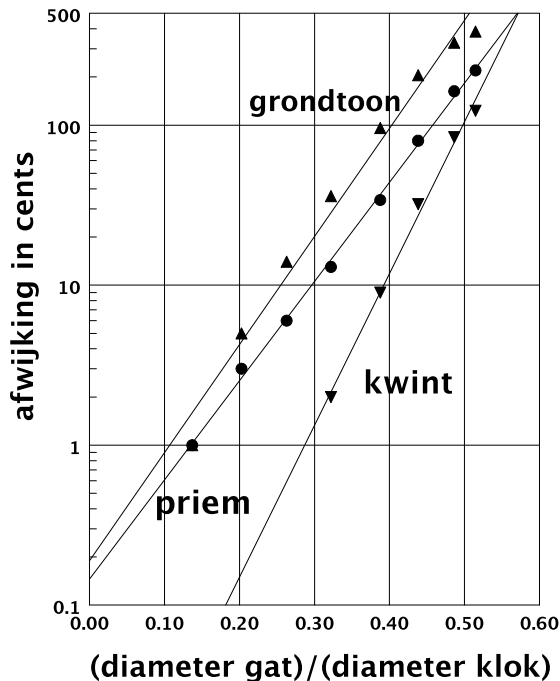


Klankstructuur versus schouder en kop van een klok

Enkele richtlijnen voor het opmeten van een klokprofiel

Dr. André Lehr

Het is alom bekend dat het boren van een middengat in de kop van de klok, een gat derhalve waardoor een ophangbout kan worden gestoken, géén invloed heeft op de toonstructuur van een klok. Maar wat gebeurt er wanneer dat gat geleidelijk aan groter wordt gemaakt? Om dat te onderzoeken zou men een reeks proefklokken kunnen gieten, doch gemakkelijker is natuurlijk van hedendaagse hulpmiddelen gebruik te maken, in casu een computerprogramma dat de frequenties van een klok nauwkeurig kan berekenen. Zo'n programma maakt daarbij gebruik van *de methode der eindige elementen*. Op dit technisch aspect zullen wij hier niet verder op ingaan. Wij volstaan met een verwijzing naar een eerder gepubliceerd artikel over dit onderwerp.¹ Nu gelden slechts de resultaten van dergelijke berekeningen.



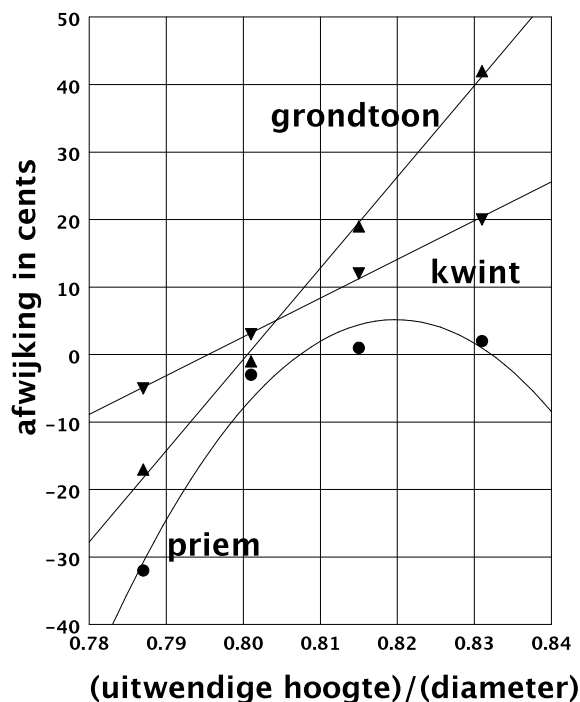
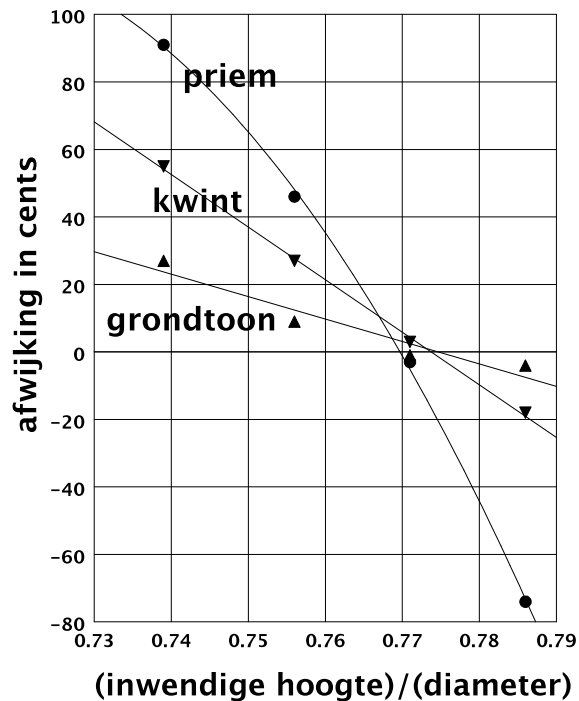
Als uitgangspunt kozen wij een normale a^1 -octaafklok met een doorsnede van 913 mm en een gewicht zonder kroon van 462 kg. De klankanalyse van die klok luidt: grondtoon -1 , priem -3 , kleine terts -2 , kwint $+3$ en octaaf -3 cents bij $a^1 = 440$ Hz. In deze klok hebben wij het middengat geleidelijk aan vergroot. De grootte van het gat wordt daarbij uitgedrukt in de diameter. Voor elk gat werd derhalve de verhouding gatgrootte/diameter berekend. Die waarde vindt men op de horizontale as van nevenstaande figuur, terwijl op de verticale as de verandering in cents is genoteerd. Het moge duidelijk zijn dat het grootste gat bereikt wordt wanneer de kop van de klok helemaal verwijderd is. Dan is het gat 0,51 van de diameter.

Al snel werd vastgesteld dat de kleine terts en het octaaf ongevoelig zijn voor de grootte van het middengat. Zelfs als de kop helemaal verdwenen is, handhaven

terts en octaaf hun oorspronkelijke ligging in het klankspectrum. De oorzaak lijkt duidelijk want beide partialen trillen niet of nauwelijks in de bovenflank en al helemaal niet in de kop van de klok. Maar grondtoon, priem en kwint doen dat wél en blijken daarom ontvankelijk voor de doorsnede van het gat te zijn, ofschoon dat pas bij relatief grote waarden geconstateerd wordt, vanaf een gatgrootte van 0,30 maal de diameter. Dan gaan grondtoon en priem tien cents of meer omhoog. Bij de kwint wordt die tien cents-grens echter pas bij een gat van 0,40 bereikt. Al met al betekent dit, dat in de praktijk de doorsnede van het middengat inderdaad van geen enkele betekenis is voor de toonstructuur van de klok. En dat is maar goed ook!

Minder gunstig ligt dat bij de kopdikte, terwijl juist dat onderdeel in de praktijk voor problemen kan zorgen. Wij doelen dan op het gebruik het profiel van bijvoorbeeld historische klokken op te meten. Natuurlijk weet iedereen dat dit nauwkeurig gedaan moet worden. Maar hoe

nauwkeurig? Is het bijvoorbeeld geoorloofd om de kop van de klok niet op te meten en het aan de klokkengieter over te laten om daar een reconstructie van te maken? Met andere woorden, komt het niet zo nauw bij de kop? Onze berekeningen voor het middengat lijken dit te bevestigen. Maar mag die ervaring inderdaad gegeneraliseerd worden? Om dit te kunnen vaststellen voeren wij opnieuw een aantal berekeningen uit.



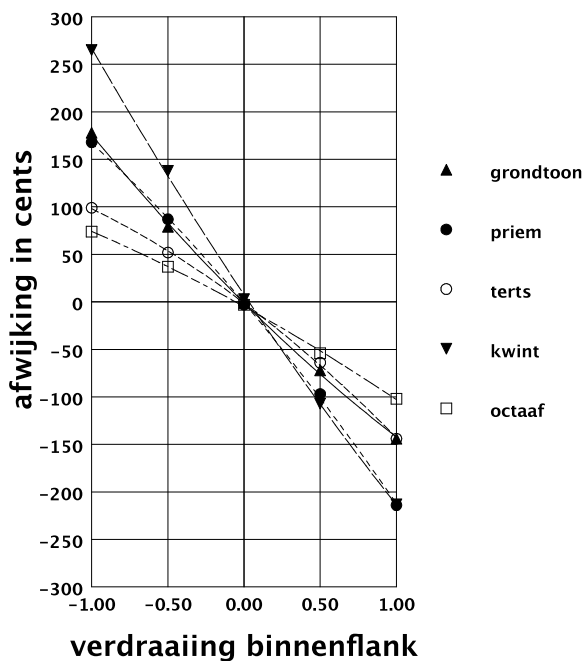
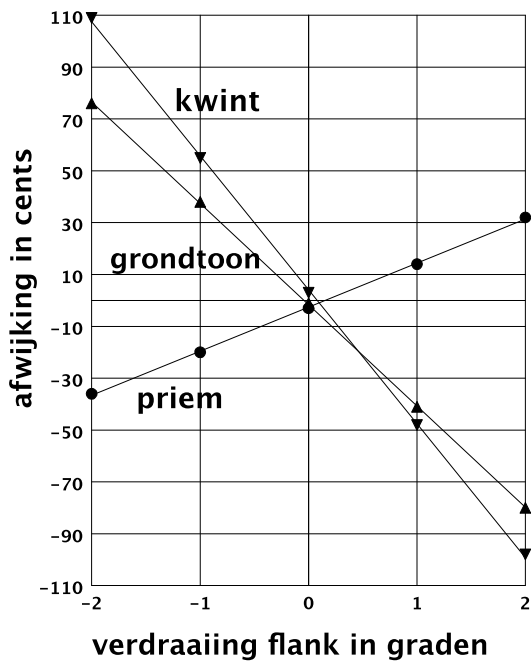
De eerder genoemde a¹-klok heeft een inwendige hoogte van 0.771 maal de diameter en een uitwendige hoogte van 0,801. Wat gebeurt er, zo vragen wij ons af, wanneer de uitwendige hoogte hetzelfde blijft maar de inwendige geleidelijk aan verlaagd wordt. De kop wordt dus dikker gemaakt ten koste van de inwendige hoogte. De grafiek geeft het resultaat.

In deze grafiek is op de horizontale as de verhouding tussen inwendige hoogte en diameter uitgezet, terwijl de verticale as de afwijking in cents geeft. Ook hier weer zijn terts en octaaf ongevoelig voor wat er in de kop gebeurt. Maar grondtoon, priem en kwint juist wel, want bij een relatief kleine verlaging kunnen al flinke afwijkingen optreden, in het bijzonder bij de priem. Dat laatste was ook wel te verwachten. Bekend is immers dat de priem bijzonder gevoelig voor de hoogte van de klok is.

Iets soortgelijks kan men ook met de uitwendige hoogte doen. Dus de inwendige constant houden en de uitwendige geleidelijk aan verhogen. Aldus ontstond de volgende grafiek. Duidelijk blijkt hieruit dat evenals de terts en het octaaf ook de priem ongevoelig is voor verdikking van de kop met behoud van de inwendige hoogte. Maar voor de kwint en zeker de grondtoon ligt dat anders. Wordt bijvoorbeeld de kop met de helft verdikt, dan gaat de grondtoon twintig cents omhoog. Al met al voldoende reden om bij een vrije vormgeving van de kop voorzichtig te zijn.

Een ander aspect waar men bij een profielopmeting mee te maken heeft, is de schuinite van de flank. Ook dat staat in relatie met de kop. Men kan zich namelijk voorstellen dat wanneer de schuinite van de flank groter wordt, de doorsnede van de klok kleiner moet worden. Iedereen is er natuurlijk van overtuigd dat die schuinite precies dezelfde

moet zijn als die van de originele klok. Maar met welke nauwkeurigheid? Om dit te onderzoeken hebben we wederom enkele computerklokken berekend en wel klokken waarvan de



flank achtereenvolgens 1 en 2 graden steiler werd gemaakt en 1 en 2 graden tapser. Als rotatiepunt werd daarbij de lip van de klok gegoten zodat de doorsnede van de klok dezelfde bleef. Het resultaat van deze berekeningen vindt men in de volgende grafiek.

Op de horizontale as is de hoekverdraaiing van de flank ten opzichte van de oorspronkelijke stand gegeven (verdraaiing 0 graden). Bij een verdraaiing met 1 of 2 graden bleek ook hier weer dat de tert en het octaaf nauwelijks gevoelig zijn voor de stand van de flank. Maar de drie andere partialen des te meer. De priem bijvoorbeeld daalt wanneer de klok tapser, dus conischer en daardoor lager wordt. Dat zou men overigens niet verwachten bij een lagere klok. Maar blijkbaar prevaleert de breedte van de bovenflank die door de grotere tapsheid geringer is geworden. Bij grondtoon en kwint is het effect nog groter waarbij opvalt dat beide nagenoeg hetzelfde reageren en tegengesteld met de priem. Want als de priem stijgt, dalen de grondtoon en de kwint. Ofschoon een hoekverdraaiing van 2 graden nogal fors is, maakt deze grafiek niettemin duidelijk dat bij een profielopmeting grote zorg aan de stand van de flank besteed moet worden, of anders geformuleerd, aan de doorsnede van de kop!

Natuurlijk kan het ook voorkomen dat bijvoorbeeld alleen het binnenprofiel verkeerd staat. In dat geval zijn dus het buiten- en binnenprofiel niet goed ten opzichte van elkaar gepositioneerd. De gevolgen kunnen groot zijn, want wanneer het binnenprofiel over een graad naar binnen is gekanteld, waarbij wederom de lip het draaipunt is, dan stijgen blijkens de grafiek de partialen aanzienlijk, dus ook de tert en het octaaf. Het maakt nog eens duidelijk dat bij het opmeten van een profiel de grootste precisie betracht moet worden.

In het voorafgaande zijn van kwantificeerbare profielveranderingen de centswijzigingen berekend en vervolgens in een grafiek bijeengebracht. Maar niet altijd zijn kopwijzi-

gingen in getalswaarden uit te drukken en daarmee in een grafiek. Wij denken bijvoorbeeld aan de afronding van de schouder. Toch is er in kwalitatieve zin wel iets over te zeggen. Zo blijkt dat wanneer de schouder sterk wordt afgerond, dit voor de priem grote consequenties

heeft. Deze boventoon kan gemakkelijk tientallen cents omhoog gaan, evenals de kwint dat doet, zij het in mindere mate. De grondtoon daarentegen zal enigszins dalen. Derhalve, ook dat onderdeel van de kop verdient bij een reconstructie de nodige aandacht.

Wanneer wij ons niet beperken tot de kop of met profielveranderingen die consequenties voor de kop hebben, zijn er vanzelfsprekend heel wat meer wijzigingen te bedenken die al evenzeer voor een profielreconstructie van belang zijn. De meeste behandel ik in mijn leerboek *Campanologie* (Mechelen, 2de druk 1992).

ⁱ *Entwurf und Optimierung beliebiger Glockenrippen auf dem Computer mit Hilfe Finiter Elemente*. In: *Jahrbuch für Glockenkunde*, 11.-12.Band 1999/2000, p.313-323.