

EEN INTRIGEREND AKOESTISCH MEETINSTRUMENT IN DE NIEUWE TIJDHAL

Dr. André Lehr

In de nieuwe tijdhal wordt ook de geschiedenis verteld over de ontwikkeling die de klok sinds de middeleeuwen heeft doorgemaakt. Naarmate de eeuwen verstreken, werd meer en meer duidelijk dat meetinstrumenten een onmisbare rol spelen in de vervaardiging van een toonzuivere klok en daarmee een toonzuivere beiaard. Want het is een misvatting te menen dat een klok enkel en alleen met het muzikale gehoor gestemd kan worden. Dat is ten enenmale onmogelijk. Slechts een enkele opmerking ter adstruering van deze stelling.

Elke snaar, dus ook een vioolsnaar, bezit niet alleen een grondtoon die de toonhoogte van die snaar bepaalt, doch ook een reeks boventonen. Deze hebben een vaste relatie tot de grondtoon. Van die wetenschap maakt de violist bijvoorbeeld gebruik wanneer hij de snaren van zijn viool stemt. Hij stemt derhalve met de boventonen als vaste referentiepunten. Maar hoe anders is dat bij een klok. Weliswaar heeft een klok ook boventonen, doch die liggen niet steeds op dezelfde plaats. Daarom kunnen de boventonen van een klok niet als referentietonen dienen. Die moeten extern gezocht worden, in een meetinstrument derhalve.

De befaamde gebroeders François en Pieter Hemony gebruikten in de zeventiende eeuw een metallofoon als meetinstrument, dus een reeks nauwkeurig afgestemde metalen staafjes. Maar op het einde van de negentiende eeuw was het de Engelse gieter John Taylor die een grote reeks stemvorken voor dat doel koos. Maar er waren ook andere mogelijkheden, zo leek het althans. Die kwamen vooral aan bod sinds het midden van diezelfde eeuw toen meerdere instrumentenbouwers prachtige meetinstrumenten voor allerlei akoestische doeleinden bouwden. Een van hen was de Duitser Karl Rudolph König die, toen hij in 1851 naar Parijs verhuisde, zijn naam voortaan als Koenig schreef.

Koenig was in 1832 in het toen Pruisische Koningsbergen geboren, in een stad die nu tot Rusland behoort en de naam Kaliningrad draagt. Zijn vader was daar aan de plaatselijke universiteit verbonden evenals overigens de befaamde Hermann von Helmholtz (1821-1894). Laatstgenoemde was een veelzijdig geleerde wiens in 1862 verschenen boek *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*, althans in de wereld van de muziek en akoestiek nog steeds grote faam verdient en terecht! Wij zullen zijn naam in dit artikel nog tegenkomen.

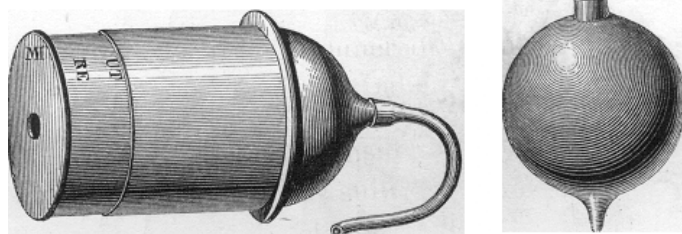
Koenig promoveerde ook aan de universiteit van zijn vaderstad en schreef nadien talloze wetenschappelijke artikelen in de toen vooraanstaande Duitse tijdschriften zoals bijvoorbeeld in *Poggendorff's Annalen* en *Annalen der Physik*. Meerdere van die artikelen vertaalde hij in het Frans en verzamelde die in zijn *Quelques expériences d'Acoustique* (Paris, 1882). Dan blijkt ook dat deze wetenschapper buitengewoon praktisch georiënteerd was, want hij bouwde talloze akoestische meetinstrumenten die niet alleen overal in de wereld om hun kwaliteit hoog geprezen en gekocht werden, maar bovendien meesterstukjes van instrumentenmakerkunst waren. Een lust voor het oog! Het meest intrigerende was wel een zogenoemde *tonometer*, een meetinstrument bestaande uit niet minder dan 670 nauwkeurig geijkte stemvorken. Hij had ze in 1876 gemaakt met het oog op de *Philadelphia Centennial Exhibition*. Hij verwierf er de gouden medaille mee, doch die reeks stemvorken verkopen was een geheel andere zaak. Wij zullen de martelgang van die verkoop niet volgen doch slechts vermelden, dat ze uiteindelijk werden aangekocht door de *United Military Academy* te West Point, waarbij men zich mag afvragen wat militairen met stemvorken moeten! Een andere al even indrukwekkende tonometer bestond uit 150 stemvorken en liep van 16 tot 21845,3 Hz of wel in hendaagse notatie op basis $a^1=440$ Hz van C_2 tot f^7 . Het is een extreem groot bereik dat in elk

geval geen muzikaal doel dient. De grootste stemvorken wogen niet minder dan 100 kg en stonden op klankkasten van 2,4 m lengte. Thans worden de stemvorken bewaard in het *Conservatoire des Arts et Métiers* te Parijs.

Maar wenden wij ons tot een ander apparaat van Koenig dat thans in de tijdhal staat opgesteld.¹ Het gaat daarbij om wat Koenig zelf noemde een *Appareil pour analyser le timbre d'un son par les flammes manométriques*. Of wel, een apparaat waarmee het timbre van een toon met behulp van manometrische vlammen geanalyseerd kan worden, een klankanalysator derhalve. En dat was geen gemakkelijk doel in die tijd. Het vraagt daarom de nodige uitleg waarbij wij dan tevens de gelegenheid zullen hebben om de werking te tonen. Maar eerst moeten wij even terug naar de eerder genoemde Hermann von Helmholtz

De negentiende eeuw was voor de akoestiek ook de eeuw waarin het besef doorbrak dat boventonen van bepalende betekenis zijn voor de klank van een muziekinstrument. Daarbij waren drie eigenschappen van een boventoon in het geding: de toonhoogte in relatie tot die van de grondtoon, de sterkte van de boventoon en de duur van uitklinken. Welnu, Koenig wilde met zijn instrument de eerste twee eigenschappen meten. Hij gebruikte daarbij twee ideeën: de *resonator* van Helmholtz en de *sensitieve vlam* van John Tyndall, een Engels acousticus van grote bekendheid. Ook Tyndall was een experimentator en de lezingen daarover met demonstraties op het *Royal Institution* waar hij professor was, oogsten in Londen heel veel bijval. Hij publiceerde die in 1866 in zijn boek *Sound: a Course of eight Lectures delivered at the Royal Institution of Great Britain* (London, 1866). Er verschenen meerdere herdrukken die allengs steeds dikker werden.

Allereerst die sensitieve vlam. Wat was dat precies? Er is een aardige anekdote die daar licht op kan doen schijnen. In 1858 was het een zekere professor Leconte, ergens in de Verenigde Staten, die tijdens een huisconcert constateerde dat de gasvlammen van de verlichting gingen vibreren in de maat van de muziek. Vooral op de klanken van de violoncel reageerden de vlammen. Naarmate de avond vorderde en de gasconsumptie afnam zodat de gasdruk toenam, werd het visuele vibrato van de vlammen steeds sterker, totdat ze in flakkeren overgingen en daarbij bepaalde tonen lieten horen. Kortom, onder bepaalde condities kon een vlam ook een toon geven. Dit betekent dat wanneer een complex geluid, dus een klank met veel boventonen, in de nabijheid van een dergelijke vlam wordt gebracht en die vlam reageert daarop, men weet dat de toon van de vlam ook in die van de klank voorkomt. Van dat verschijnsel wilde ook de Ierse klokkengieter John Llewellyns gebruik maken. Maar of het ervan gekomen is, weten wij niet. Tyndall deed met vlammen talloze proeven, te veel om hier te behandelen. Wenden wij ons daarom weer tot Koenig, want die gebruikte bij zijn metingen eveneens de gasvlam, zij het op een andere wijze dan Tyndall. Hij deed dat in combinatie met de resonator van Helmholtz.

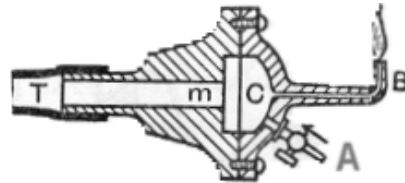


Wanneer men over de opening van een fles blaast, hoort men een bepaalde toon. Toonverandering treedt op wanneer het volume van de fles gewijzigd wordt, dan wel de doorsnede van de schenkopening. Helmholtz stroomlijnde dit verschijnsel door de fles te vervangen door een messing bol met een nauwe opening. Men spreekt dan van klankbol dan wel van een Helm-

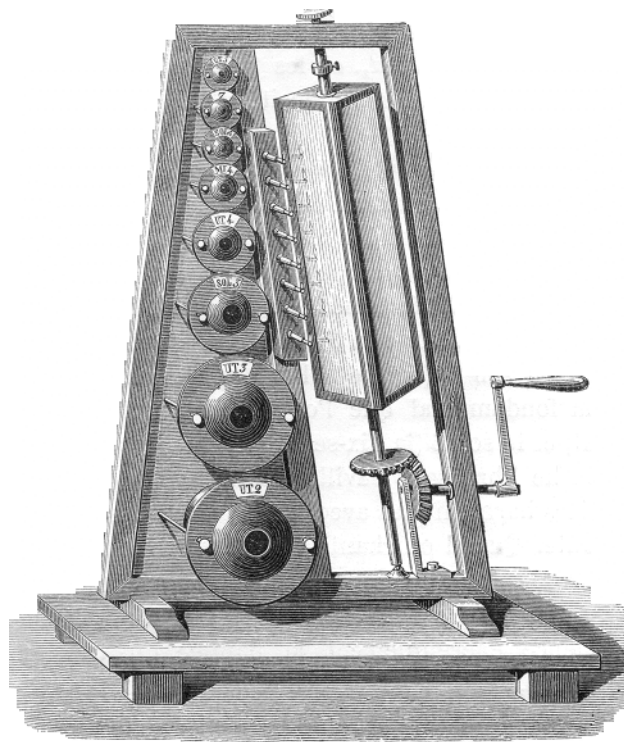
¹ Het museum verwierf het in langdurig bruikleen van het Boerhaavemuseum te Leiden.

holtz resonator. Het is de klankbol die in het rechter deel van de figuur 1 is afgebeeld. Natuurlijk is het mogelijk de resonator zodanig te maken dat de inhoud naar believen ingesteld kan worden. Dat is met de linkse resonator het geval. Deze heeft een cilindrische vorm waarbij de lengte gewijzigd kan worden door de beide kokers ten opzichte van elkaar te verschuiven. Vanzelfsprekend kan het apparaat geijkt worden zodat men weet welke toon bij welke stand behoort.

De instelbare resonator heeft aan de achterzijde een kleine opening waarop een slangetje is aangesloten. Dat slangetje is aangesloten in T van de manometrische koppeling (figuur 2). Hierin heeft manometrisch betrekking op het meten van drukverschillen en, zoals in dit geval, binnen de koppeling. Maar dat meten gebeurt op een bijzonder manier.

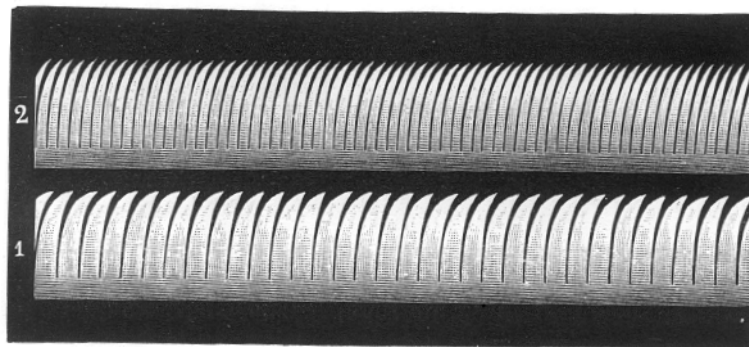


In het centrum C van het apparaatje bevindt zich een membraan m. Het betekent dat wanneer de resonator in resonantie raakt, bijvoorbeeld omdat een klok met dezelfde toon als de resonator klinkt, het membraan in trilling zal raken en wel via het slangetje dat resonator en koppeling met elkaar verbindt. Maar hoe maakt men dat zichtbaar? Koenig bedacht een fraaie oplossing. Aan de andere kant van het membraan in ruimte C voerde hij door het kraantje A koolgas of waterstof toe waardoor aan het uiteinde van buisje B een vlam ontstond. Maar omdat het membraan in trilling is gebracht, zal de gastoevoer in de frequentie van de geluidsbron variëren. Kortom, het vlammetje trilt in de frequentie van de geluidsbron, althans wanneer die geluidsbron de resonator in trilling heeft gebracht.



De toepassing is natuurlijk niet het meten van een enkele toon, want daarvoor heeft men in feite alleen maar de resonator nodig, nee, de constructie biedt de mogelijkheid om vast te

stellen of in een klank, die bestaat uit een grondtoon en vele boventonen, een bepaalde toon voorkomt. Of ook, om vast te stellen hoe sterk een bepaalde boventoon is. En voor dat laatste was de klankanalysator in de eerste plaats bestemd. De klankanalysator die het museum exposeert, is bedoeld voor het ontleden van de klank van een orgelpijp of een snaar met toon c^2 (figuur 3). En omdat elke orgelpijp of snaar van nature vaste boventonen heeft, behoeven de resonators niet instelbaar te zijn. Vandaar dat Koenig vaste resonators voor de grondtoon c^2 en de harmonische boventonen c^3 , g^3 , c^4 , e^4 , g^4 , bes^4 - en c^5 inbouwde. Laat men vervolgens een orgelpijp of snaar c^2 in de nabijheid klinken, dan zullen alle klankbollen resoneren. Vervolgens kan men aan de mate van het trillen vaststellen, hoe sterk elke boventoon is. Maar het is natuurlijk duidelijk dat het trillen in de frequentie van de c^2 , dus 523 Hz, niet met het blote oog is waar te nemen. Vandaar dat een hulpmiddel nodig is.

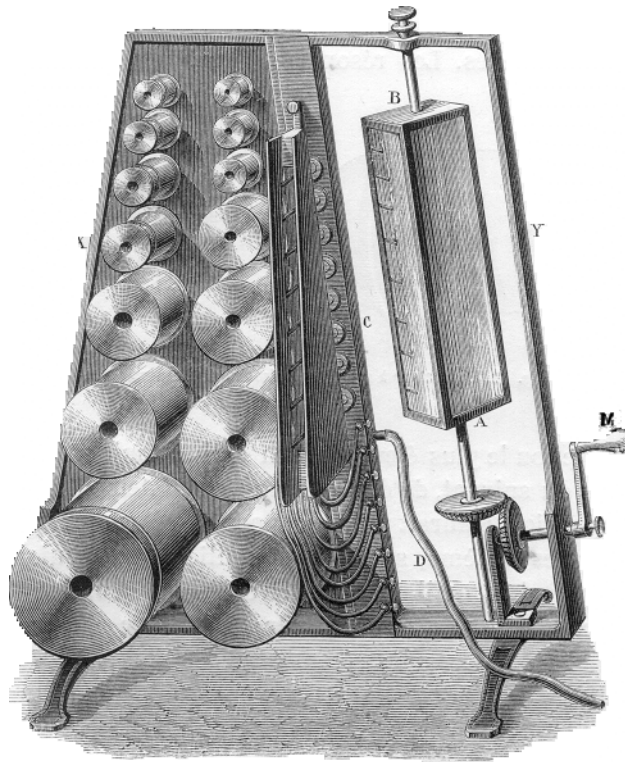


Koenig vond dat hulpmiddel in een met de hand te draaien verticale spiegel. Door namelijk de spiegel rond te draaien wordt het trillen van de vlammen in de tijd uitgerekt en ziet men voor elke toon een band met pieken waarvan de onderlinge afstand door de frequentie wordt bepaald en de hoogte door de toonsterkte. Figuur 4 geeft een voorbeeld van twee tonen op een interval van één octaaf van elkaar, dus met een frequentieverhouding van 2. Vandaar dat de bovenste band dubbel zoveel pieken bevat als de onderste. Vanzelfsprekend ziet men bij de klankanalysator met acht resonators ook acht banden onder elkaar. Zou een bepaalde toon niet mee doen, dan ziet men slechts een band zonder maxima en minima. Het ultieme apparaat was natuurlijk waarbij elke boventoon met de hand kon worden ingesteld, dus uitgerust met cilindrische resonators van Helmholtz. Figuur 5 toont zo'n instrument met maar liefst 14 tonen tegelijk.

Natuurlijk zitten aan het apparaat ook enkele haken en ogen. De klank moet namelijk voldoende lang klinken om de toonbanden te kunnen maken. Ook kunnen sterke boventonen andere onderdrukken. In feite is het instrument dan ook niet geschikt voor exacte toonmetingen, maar wel om een beeld van de klankstructuur te krijgen. En dat was in Koenigs tijd een grote bijzonderheid en vernieuwing!

Koenig, de man die wereldwijd bekendheid kreeg door zijn prachtige instrumenten, woonde in het hartje van Parijs en wel op het kleine eiland St. Louis in de Seine. Van daaruit had men uitzicht op de koor van de Notre Dame. Zijn adres was Quai d'Anjou alwaar hij een appartement bewoonde. Maar hoe! De woonkamer was tevens kantoor en opslagruimte. Er stond verder een aantal boekenkasten waarin ook stemvorken en andere akoestische apparaten bewonderd konden worden. Bepaald geen woonkamer voor een gezin. Koenig is dan ook nooit getrouwd geweest. In de overige vertrekken van zijn woning werkte hij samen met drie toegewijde medewerkers aan zijn instrumenten. En met zoveel succes dat er ook kopieën in de handel kwamen die minder goed waren en daardoor ook veel goedkoper. Bovendien deinsden de kopiisten er niet voor terug om er zelfs *Rudolph Koenig à Paris* in te graveren. Maar Koenig heeft zich nooit laten verleiden zijn taak wat minder serieus te nemen om daar-

mee meer te kunnen verdienen. Wat hij maakte, bezat een hoge standaard. Hij stierf in 1901 op 69-jarige leeftijd. Opvolgers had hij niet, zó persoonsgebonden waren zijn werkstukken.



Bronnen:

John Tyndall, *Sound: a Course of eight lectures delivered at the Royal Institution of Great Britain* (London, 1866).

Rudolph Koenig, *Quelques expériences d'Acoustique* (Paris, 1882).

Dayton Clarence Miller, *Anecdotal History of the Science of Sound* (New York, 1935).

Edmund Catchpool & John Satterly, *Textbook of Sound* (London, 7^{de} druk, 1949).

André Lehr, *Geschiedenis van de Campanologie* (Asten, 2001).