

DE WAARDERING VAN MUZIKALE INTERVALLEN

Drs. W. J. M. Levelt en Ir. R. Plomp

Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO, Soesterberg

Inleiding

Wanneer de redactie ons verzoekt te schrijven over waarneming van muzikale intervallen, zien we ons gesteld voor een dilemma. Het is voor goed begrip van het volgende noodzakelijk de lezer daarover vooraf in te lichten. Het is namelijk onmogelijk de resultaten van een onderzoek dat thans reeds een looptijd heeft van meer dan vijf jaar in enkele pagina's weer te geven. Er staat nu de volgende keuze open: ófwel een enkel experiment weergeven in al zijn complexe details, ófwel een summier overzicht over het geheel samenstellen.

De schrijvers hebben tot dit laatste besloten, in de overtuiging dat zij die behoefte hebben aan technisch-experimentele verantwoording deze kunnen vinden in de literatuur welke vermeld is aan het eind van dit artikel. In een summier overzicht is de verantwoording van de theorie noodzakelijk anecdotisch. Hier en daar zal als demonstratie van een stelling slechts een karakteristiek experimenteel resultaat kunnen worden vermeld. De lezer wordt verzocht hiervoor begrip op te brengen.

Determinanten van consonantie

Het is in de musicologie een oud gegeven dat dissonanten in de muziek een spanning-producerende functie hebben, terwijl momenten van rust meestal gepaard gaan met de aanwezigheid van consonanten. Er is veel geschreven over de factoren die het speciale karakter van consonanten en dissonanten bepalen. Er werd hierover reeds iets onthuld door de Pythagoreërs; zij vonden de regel dat consonanten werden gekenmerkt door eenvoudige getalsverhoudingen — in hun geval verhoudingen van snaarlengten. Een octaaf is gekenmerkt door de verhouding 1 : 2, een kwint door 2 : 3, een kwart door 3 : 4. Dit zijn de consonanten.

Vooral rond de laatste eeuwwisseling genoot het consonantie-probleem grote wetenschappelijke belangstelling. Men denke daarbij onder anderen aan figuren als von Helmholtz en Stumpf. Hoewel het probleem slechts gedeeltelijk tot een oplossing kwam, nam de interesse na 1920 snel af, vooral omdat men met de toenmalige experimentele mogelijkheden weinig wezenlijks meer kon bijdragen.

Nu echter moderne elektronische akoestische middelen alsmede allerlei psychologische schaal-methodieken ter beschikking staan, had het o.i. zin het probleem enig nieuw leven in te blazen. We zullen ons daarbij niet bezig houden met consonantie in musicologische zin. In de muziektheorie is consonantie een goed gedefinieerd wetenschappelijk begrip, dat betrekking heeft op priem, octaaf, kwart en kwint.

We zijn slechts geïnteresseerd in wat 'consonant' wordt genoemd door leken op muziekgebied. Dat dit leken-begrip niet samenvalt met het wetenschappelijke is een feit. Zo behoren voor de leek tertsen en sexten tot de meest consonante intervallen, terwijl het octaaf in een neutraal gebied tussen consonant en dissonant terecht komt. Het blijkt dat hieraan cultuur-historische omstandigheden ten grondslag liggen. Uit een onderzoek⁽¹⁾ waarin uit zuivere tonen bestaande tweeklanken werden beoordeeld d.m.v. een semantische differentiaal bleek namelijk dat de leek het begrip consonantie hanteert als een esthetische kwalificatie; hij gebruikt het synoniem met woorden als welluidend en mooi. Welnu, het begrip consonantie is historisch ook ongetwijfeld ontwikkeld op basis van esthetische overwegingen, maar in de middeleeuwen werd het begrip in de muziekwetenschap op de bovenvermelde wijze 'bevroren', terwijl de esthetische conceptie juist in de middeleeuwen aan sterke veranderingen onderhevig was. Het lekenbegrip dat evaluatief van aard bleef groeide met deze veranderingen mee. Zo doorkruiste bijvoorbeeld het veelvuldig gebruik van octaaf- en kwintparallellelen in de stemvoering het groeiende ideaal van de polyphonie; deze intervallen versmelten de stemmen inplaats van ze te onderscheiden. Voor dit laatste zijn tertsen en sexten veel geschikter. Dat dit hun waardering ten goede kwam mag bijvoorbeeld blijken uit het feit dat in de *Ars Nova* de grote terts *dulcis* werd genoemd. Het gebruik van octaaf- en kwint-parallellelen werd bovendien in de 14e eeuw verboden (Joh. de Muris). Hier moet o.i. de oorsprong worden gezocht van de hoge consonantiegraad die leken aan tertsen en sexten toekennen, in tegenstelling tot bijvoorbeeld het octaaf.

In het vervolg van dit artikel beperken we ons tot een andere determinant in de waarneming van tweeklanken, namelijk het oor. De structuur van dit zintuig is op merkwaardige wijze medebepalend in onze ervaring van tweeklanken, en in het bijzonder in ons gebruik van het begrip 'consonant'.

Dimensies in de waarneming van tweeklanken

Om de rol te onderzoeken van de structuur van het gehoororgaan in de waardering van tweeklanken, is het noodzakelijk vooraf inzicht te hebben in de verschillende wijzen waarop proefpersonen tweeklanken categoriseren. Welke criteria gebruikt een waarnemer om tweeklanken van elkaar te onderscheiden? Bij het beantwoorden van deze vraag hebben ons twee

factoranalytische technieken ter beschikking gestaan. De eerste techniek is Osgood's semantische differentiaal. De proefpersoon beoordeelt elke tweeklank op een aantal verbale polariteiten, zoals mooi-lelijk, ruw-glad, consonant-dissonant, etc. Op grond van dit materiaal is het mogelijk de voornaamste categorieën, gebruikt bij het beoordelen van tweeklanken, te onderkennen. Deze categorieën worden ook wel dimensies genoemd. Het nadeel van deze techniek is dat een akoestische indruk verbaal moet worden vastgelegd. Het is de vraag of dit voldoende ruimte geeft aan de proefpersoon om zijn indruk weer te geven. Daarom gebruiken we tevens een tweede methode, de non-verbale methode van triadische vergelijking. De proefpersoon heeft voor zich drie knoppen. Bij het indrukken van een knop hoort hij een tweeklank; zo kan hij naar willekeur drie verschillende tweeklanken beluisteren. Zijn taak bestaat nu hierin, dat hij dié twee tweeklanken uitzoekt die het meest op elkaar lijken, en vervolgens die twee die het minst op elkaar lijken. Wanneer dit experiment nu maar wordt herhaald voor steeds andere drietallen van tweeklanken, is het mogelijk een matrix te berekenen met gelijkenissen tussen tweeklanken. Het is dan weer mogelijk op grond hiervan de waarnemingsdimensies terug te vinden.*)

Beide technieken werden door ons gebruikt, in het eerste geval om 23 tweeklanken te beoordelen(1), in het tweede geval om 15 intervallen te vergelijken(5). Op de details van deze experimenten kan hier niet verder worden ingegaan. We beperken ons tot het vermelden van de belangrijkste resultaten die werden verkregen in experimenten waarin de tweeklanken bestonden uit zuivere tonen (zonder boventonen dus).

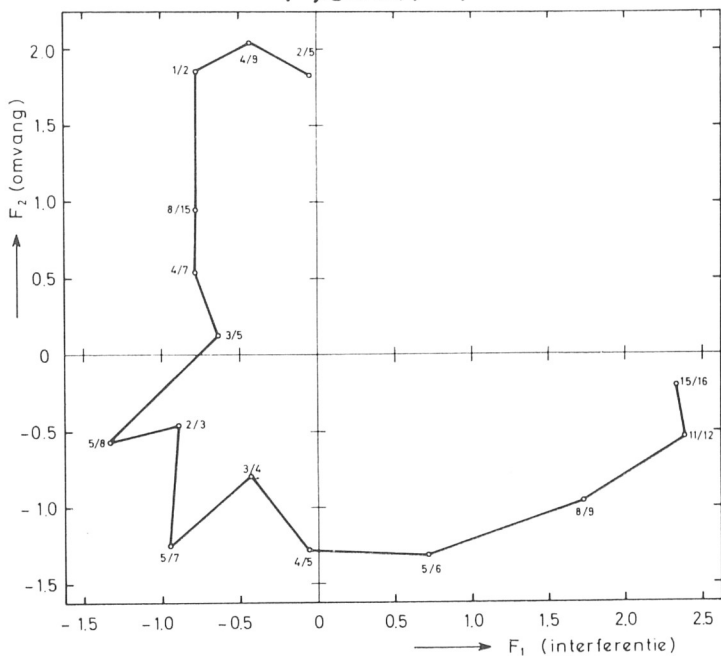
Het blijkt dat proefpersonen twee onderling onafhankelijke kenmerken horen in zulke tweeklanken. Het eerste kenmerk (dimensie) hangt samen met de breedte van het interval, laten we dit de perceptie van *omvang* noemen. Zo heeft een grote secunde een kleinere omvang dan een kleine septiem. Onafhankelijk van de omvang hoort men in een tweeklank een kleinere of grotere mate van ruwheid. Dit noemen we de perceptie van *interferentie*. Zo is de interferentie van een kleine secunde aanzienlijk groter dan van een grote terts.

Het merkwaardige van deze twee dimensies is dat tweeklanken die nauwer zijn dan een bepaalde kritische waarde worden waargenomen als constant in omvang (bv. kleine en grote secunde), en slechts verschillend in mate van interferentie. Daarentegen worden tweeklanken die wijder zijn dan deze kritische waarde allen als gelijk in interferentie ervaren, maar verschillend in omvang (bv. kwint en octaaf). Dit is weergegeven

*) We gebruikten hiervoor een Torgerson-techniek, die in zoverre was gewijzigd dat er een incomplete verzameling triaden mee kon worden geanalyseerd. Thans worden dezelfde gegevens geanalyseerd d.m.v. Kruskal's Multidimensional Scaling Program, dat slechts gebruik maakt van de rangorde tussen 'similarities'.

in Fig. 1. Dit is een 'landkaart' van de resultaten van het triadische vergelijkingsexperiment: de 15 punten zijn de tweeklanken, hun onderlinge afstanden corresponderen omgekeerd met hun onderlinge gelijkenissen. Bij elk punt is de frequentieverhouding der tonen aangegeven. De getrokken lijn verbindt vanaf $15/16$ tot $1/2$ de tweeklanken naar toenemende wijdte van de tweeklank (de wijdte, gedefinieerd als het verschil in frequentie

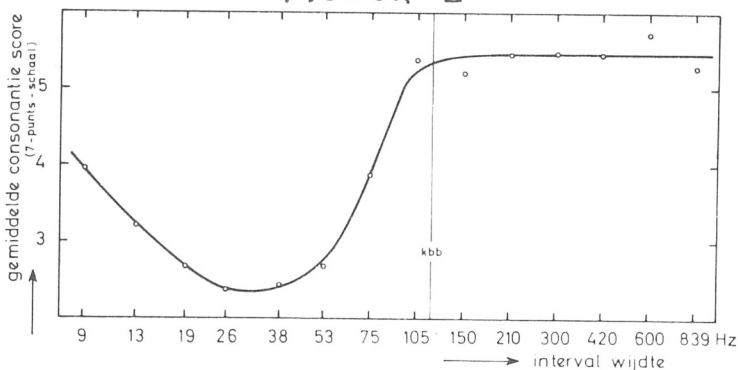
FIGUUR 1



van de constituërende tonen). In dit experiment is er zorg voor gedragen dat de gemiddelde toonhoogte van elke tweeklank 500 Hz. bedroeg (Hertz = trillingen per seconde). In de waarneming van tweeklanken vindt er dus een merkwaardige splitsing plaats tussen de nauwe en de wijde intervallen, waarover we verderop meer zullen zeggen.

De evaluatie die de proefpersonen uitdrukken in het gebruik van het begrip consonantie wordt slechts bepaald door de interferentie der tonen, niet door de omvang van het interval. Dit moet betekenen dat slechts tweeklanken nauwer dan een bepaalde kritische waarde in consonantiegraad verschillen. Dit is weergegeven in Fig. 2. Langs de x-as staat de wijdte uit van het interval (in Hz). Vertikaal is de gemiddelde consonantiegraad weergegeven, verkregen uit een experiment waarin 14 proefper-

FIGUUR 2



sonen de betreffende tweeklanken op een 7-puntsschaal waardeerden naar hun mate van consonantie. Van links naar rechts gaande: als een interval erg nauw is hoort men langzame zwevingen; dit wordt neutraal in consonantie beoordeeld. In een iets wijder interval horen de proefpersonen een sterke interferentie, dit doet hen het interval dissonant beoordelen. Voor wijdere intervallen vertoont de consonantie een sterke stijging terwijl boven de kritische waarde geen verandering in consonantiegraad meer optreedt bij wijder maken van het interval. In dat gebied verschillen de tweeklanken nog slechts in omvang, niet meer in interferentie.

De vraag is nu: hoe komt deze merkwaardige tweedeling, die ook ons consonantieoordeel beïnvloedt tot stand? Wat is de reden van bestaan van een kritische waarde die het gebied van de tweeklanken in tweeën splitst?

De kritische bandbreedte

Een antwoord op deze vraag moet worden gezocht in de bouw van het perifere gehoororgaan, dus niet in een meer 'centrale verwerking'. Dit kan als volgt worden aangetoond. Wanneer men een proefpersoon een uit zuivere tonen bestaande kleine secunde (15 : 16) op zijn consonantiegraad laat beoordelen (op een 7-puntsschaal), dan vindt men dat deze tweeklank aanzienlijk dissonanter wordt gevonden dan de veel wijdere grote septiem 8 : 15. Dat was ook al te zien in Fig. 2: 15 : 16 is een nauw interval, gelegen in de dissonante 'put', terwijl 15 : 16 aan de andere zijde van onze kritische waarde ligt. Men kan nu echter op eenvoudige wijze de consonantiegraad van de nauwe secunde opvoeren. Daarvoor is het slechts nodig de ene toon aan het ene, en de andere toon aan het andere oor aan te bieden (gescheiden aanbidding). Wanneer we op deze wijze het experiment herhalen, blijkt dat de wijde septiem niet in consonantie-

graad is veranderd, terwijl de nauwe secunde een consonantiegraad heeft gekregen, die gelijk is aan die van de septiem. We hebben dit experiment uitgevoerd voor alle soorten nauwe en wijde intervallen (bv. 8:9 en 5:9 etc). Dit experiment toonde overduidelijk aan dat nauwe intervallen (links van de kritische waarde in Fig. 2) gelijk werden in consonantie aan wijde intervallen (rechts van de kritische waarde), wanneer de twee tonen gescheiden werden aangeboden aan de twee oren. Het enige verschil in consonantie tussen intervallen dat overschoot was het bovenvermelde cultuurhistorisch bepaalde onderscheid. Hiermee is aangetoond dat de interferentie die de dissonantie veroorzaakt, zijn ontstaan vindt ergens in het gehoororgaan en niet centraal(3).

Wat moeten we ons bij deze perifere interferentie voorstellen? Het is nog niet lang dat in de psychophysica van het gehoor het begrip 'kritische bandbreedte' een rol speelt. Toch is de psychofysische literatuur erover al zeer omvangrijk. Zonder hier op de psychofysische experimenten in te gaan, kunnen we toch als volgt een voorstelling geven van de inhoud van dit begrip.

Wanneer men het oor een zuivere toon aanbiedt wordt het basilair membraan plaatselijk in trilling gebracht. Deze trilling blijft niet beperkt tot één nauw omschreven plaats, zoals de snaar van een harp, doch strekt zich over een bepaald gebiedje uit. Biedt men nu een tweede, iets hogere, toon aan dan wordt hierdoor een tweede gebiedje geactiveerd. Wanneer men de twee tonen naar elkaar toeschuift, door het verschil in frequentie te verkleinen, komt er een moment waarop de stimulatiegebiedjes onderling gaan overlappen; dit betekent dat de stimulaties in het basilair membraan met elkaar gaan interfereren. Het kritische frequentieverschil dat hiervoor nodig is kan nauwkeurig worden gemeten en heet 'kritische bandbreedte' (k.b.b.). Ook psychofysisch vindt men binnen dit gebied steeds coöperatie van stimuli, erbuiten nooit.

Deze bandbreedte is niet over het hele frequentiegebied constant. Vooral voor tonen, hoger dan 500 Hz. neemt de bandbreedte snel toe. Het preciese verloop door het frequentiegebied is weergegeven in de bovenste gestippelde curve van Fig. 3. Vertikaal staat de breedte van de kritische band uit, horizontaal de middenfrequentie.

De theorie is nu, dat de dissonantiegraad van een tweeklank wordt bepaald door de mate waarin de twee tonen binnen de grens van de kritische banden liggen. Een tweeklank wijder dan de k.b.b. zou maximaal in consonantie moeten zijn, en constant (geen interferentie), binnen de k.b.b. zou de dissonantiegraad worden bepaald door de mate van interferentie tussen de twee stimulaties. Voor deze theorie zijn een aantal argumenten te vinden.

1. Het knikpunt dat linker en rechter helft van de curve in Fig. 2 scheidt correspondeert goed met de k.b.b. bij 500 Hz. (de gemiddelde toonhoogte van de intervallen die in dit experiment waren gebruikt). De

k.b.b. is met een verticale streep aangegeven. Het dissonantiepunt ligt bij ongeveer 25% van de k.b.b.

2. Wanneer dit experiment wordt herhaald voor toonparen met een andere gemiddelde frequentie (resp. 125, 250, 1000 en 2000 Hz.) vinden we principieel dezelfde curven, die alleen verschoven zijn zodanig, dat het maximum- en minimum-punt weer bij resp. 100 en 25% van de k.b.b. van de betreffende gemiddelde frequentie blijken te liggen (2, 4).

3. Wanneer de k.b.b. inderdaad een belangrijke rol speelt in de perceptie van consonantie, moeten we er iets van kunnen terugvinden in de muziekpraktijk. Dit argument vraagt een aparte behandeling, welke aan het eind van dit artikel zal worden gegeven.

Eenvoudige verhoudingen

Aan het begin van dit overzicht werden de Pythagoreërs genoemd, die als eersten de regel van eenvoudige getalsverhoudingen voor de consonanten vonden. Het is nu niet meer moeilijk op grond van onze k.b.b.-theorie deze regel af te leiden en nader te specificeren. De regel van eenvoudige getalsverhoudingen geldt slechts voor intervallen bestaande uit complexe tonen, d.w.z. tonen met boventonen. Dit zijn de tonen die wij normaliter horen. Zuivere tonen kunnen slechts artificieel worden opgewekt. In het dagelijks leven geldt de regel dus algemeen. Op grond van de k.b.b.-theorie wordt de consonantiegraad van een paar complexe tonen niet slechts bepaald door het frequentieverschil tussen de twee grondtonen maar ook door de frequentieverschillen tussen de boventonen. Hieruit volgt vanzelf de regel van de eenvoudige verhoudingen. Bij eenvoudige getalsverhoudingen tussen de grondtoonfrequenties vallen er allerlei boventonen samen, met als gevolg dat er veel kleine interferentie-verwekkende toonsafstandjes worden voorkomen. Voorbeeld: bieden we een octaaf (1 : 2) aan met als grondtonen 200 en 400 Hz., dan vallen alle boventonen van de 400 Hz. toon (800, 1200, etc.) samen met boventonen van de 200 Hz. toon (400, 600, 800, etc.). Naarmate het interval complexer van verhouding wordt, vallen er minder boventonen samen. Het aantal toonsafstandjes in de boventoonskala die kleiner zijn dan de k.b.b., en dus interferentie verwekken, wordt dan groter. Beschouwen we bijvoorbeeld de grote septiem (8 : 15) met als grondfrequenties 240 en 450 Hz.: de eerste boventoon van 240 Hz. is 480 Hz., dit verschilt slechts 30 Hz. met de tweede grondtoon, een afstand die ver binnen de k.b.b. ligt. Ook hoger in de boventonenreeks komen zulke kleine afstandjes voor, pas bij 3600 Hz. vallen er twee boventonen samen. Het is aantoonbaar dat de totale interferentie groeit naarmate de frequentieverhouding complexer wordt. Het is zelfs mogelijk de interferentiegraad bij een bepaalde verhouding enigermate te kwantificeren op grond van de k.b.b.-theorie(4).

De hier aangeduide verklaring kan men in eerste aanleg bij von Helmholtz terugvinden. Nieuw is, dat de interferentie die bij kleine toonverschillen optreedt een functie blijkt te zijn van de kritische bandbreedte.

Muziek en kritische bandbreedte

Het is de kunst om van laboratoriumwerk weer terug te keren tot verschijnselen van het dagelijks leven. Is het mogelijk om in de concrete muziekpraktijk iets terug te vinden van dit experimenteel gevonden verband tussen consonantie en kritische bandbreedte van het gehoororgaan? De vraag kan specifiekker worden gesteld: houden onze componisten en ons muzieksysteem rekening met het kromlijinig verband tussen interferentie en toonhoogte, zoals bepaald door de kritische bandbreedte?

Om dit te onderzoeken hebben wij een aantal muziekstukken geanalyseerd volgens een systeem dat met enige omstandigheid zal moeten worden uitgelegd. Het volgende idee ligt aan de analyses ten grondslag. Gedurende het compositieproces maakt de componist op elk moment een bepaalde selectie uit het toonmateriaal dat hem ter beschikking staat. Een van de selectiecriteria is dat de componist een serie accoorden wil samenstellen — overeenkomstig zijn muzikale intenties — waarin tevens een bepaalde variatie in consonantie en dissonantie wordt gerealiseerd. Wanneer we nu afzien van de tijdsdimensie hierin, dan blijft de 'vertikale' dimensie over: de compositie van het accoord uit een aantal gelijktijdig aanwezige tonen. In deze verticale dimensie zijn we geïnteresseerd. Selecteert de componist tooncombinaties die op enigerlei wijze samenhangen met de k.b.b.?

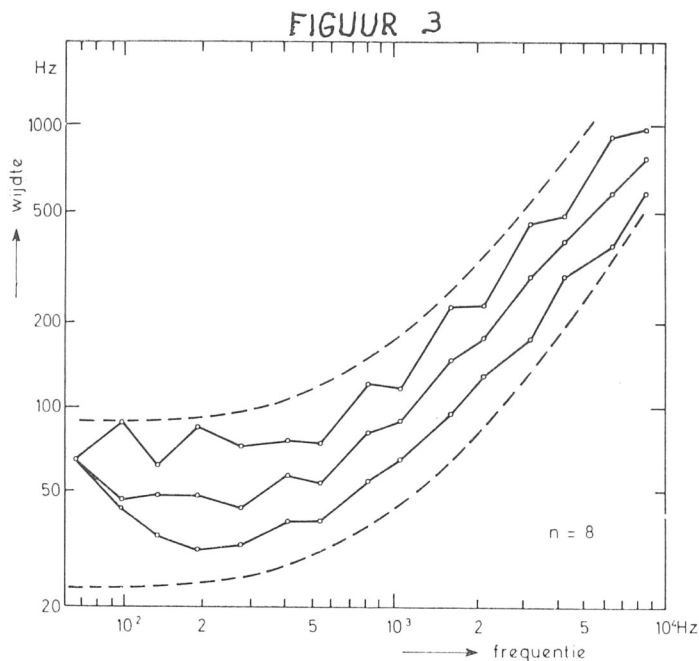
Om deze verticale dimensie te onderzoeken, bekijken we voor elk frequentiegebied de verdelingsdichtheid van tweeklanken. Veronderstel dat we de distributie van tweeklanken willen weten waarin c^2 (523,3 Hz.) de laagste van de twee tonen is. We zoeken dan in de compositie alle samenklanken op waarin c^2 voorkomt gelijktijdig met een hogere toon. Deze hogere toon kan 1,2, algemeen n halve tonen van c^2 gescheiden zijn (een halve toon is de afstand tussen twee naast elkaar liggende noten op de piano). Bovendien kan de samenklank langer of korter duren. Voor elk van de n voorkomende combinatiemogelijkheden bepalen we nu de totale duur in het muziekstuk gedurende welke deze combinatie voorkomt. Het blijkt dan dat intervallen van een halve toon wijdte of van 15 halve tonen wijdte weinig voorkomen, terwijl daar ergens tussenin een maximum in de verdeling voorkomt. We kunnen van deze verdeling de mediaan bepalen, hiervoor geldt dat in 50% van de tijd waarin c^2 klinkt de eerstvolgende hogere toon verder van c^2 afligt dan deze mediaan. En zo kunnen we ook het 25%- en 75%-punt bepalen voor intervallen die c^2 als basis hebben.

We zijn echter niet alleen geïnteresseerd in c^2 , maar moeten het proces

ook herhalen met alle andere in het stuk voorkomende tonen als basis. Elk van deze bases levert ons weer een 25, 50 en 75%-punt op. We kunnen nu grafisch over het hele toonhoogtegebied deze punten verbinden tot 25, 50 en 75%-curven. Deze curven zeggen ons dan iets over de door de componist geselecteerde intervalwijdten over het muzikale toongebied.

Toch zijn we daarmee nog verwijderd van de muziekpraktijk. Een door de componist geschreven toon, wordt niet als een enkelvoudige toon ten gehore gebracht, maar als een toon met een aantal boventonen. Onze analyse moet dus ook rekening houden met de boventonen. Daarvoor wordt het stuk nu als het ware eerst herschreven, maar nu met enkele boventonen van elke toon er bij. 'Als het ware', want hiervoor is speciale ponsband verwerkingsapparatuur ontwikkeld.

Over dit soort toonmateriaal hebben we nu een aantal analyses gemaakt, nl. van werken van Schütz, Dvorák en Krenek. De resultaten van deze analyses zijn verrassend gelijkvormig en constant. Als voorbeeld is in Fig. 3 een analyse weergegeven van een strijkkwartet van Dvorák (op.



50. Es gr.), waaraan 7 boventonen waren toegevoegd. De drie getrokken curven zijn resp. de 25, 50 en 75%-curven. Het verband met de bovenste gestippelde lijn die de k.b.b. voorstelt springt onmiddellijk in het oog. De

curven lopen keurig parallel met de k.b.b Dit betekent dat het toonmateriaal zó werd gekozen, dat de interferentie over het hele toongebied gemiddeld overall even sterk was (nl. ongeveer 50% van de k.b.b.). Verder blijkt uit deze curve dat vrijwel het hele stuk zich afspeelt tussen 25% (onderste gestippelde curve) en 100% van de k.b.b. Dat wil dus zeggen dat de componist zijn intervallen bij voorkeur kiest in het gebied waarin in Fig. 2 de consonantiecurve van uiterst dissonant naar maximaal consonant stijgt. De zin hiervan is duidelijk: hier kan met een kleine variatie in intervalwijdte een grote variatie in interferentie ('spanning') worden opgewekt.

Het is vooral op dit punt dat de curven voor de componisten verschillen. Er is vanaf Schütz over Bach, Dvorák naar Krenek een duidelijke tendens te vinden dat de curven met de tijd aan het dalen zijn. Anders gezegd: componisten wagen zich steeds verder binnen de k.b.b., en stellen ons aldus voor steeds sterkere interferenties. Een troost hierbij mag zijn dat, wanneer we eenmaal het minimum van Fig. 2 gepasseerd zijn, er weer een stijging in de consonantie-curve volgt.

Het is overigens onjuist het verloop van de curven uitsluitend aan de bewuste keus van de componist toe te schrijven. Ons twaalftonige systeem zoals het langzaam is geëvolueerd, levert op zich al een aantal belangrijke bevelingen, waardoor grote afwijkingen van de k.b.b.-curve onmogelijk worden. Het is interessant te zien hoe een langzame culturele evolutie plaats vindt in interactie met de structuur van onze perceptie.

Conclusie

De waardering van toonkombinaties is enerzijds afhankelijk van cultuur-historische omstandigheden, en anderzijds van de structuur van het gehoororgaan. Wat betreft dit laatste speelt de kritische bandbreedte een centrale rol, hetgeen blijkt uit laboratoriumexperimenten en uit muziekanalyses.

LITERATUUR

1. Van de Geer, J. P., Levelt, W. J. M. and Plomp, R. The connotation of musical consonance. *Acta Psychol.* 1962, 20, 308-319.
2. Plomp, R. and Levelt, W. J. M. Musical consonance and critical bandwidth. *Proc. Fourth Intern. Congress on Acoustics, Copenhagen 1962.*
3. Levelt, W. J. M. and Plomp, R. The appreciation of musical intervals. *Actes Vième Congrès Intern. d'Esthétique, Amsterdam 1964.*
4. Plomp, R. and Levelt, W. J. M. Tonal consonance and critical bandwidth. *J. Acoust. Soc. Amer.* 1965, in press.
5. Levelt, W. J. M. and Plomp, R. Dimensions in the perception of musical intervals. *Communication Ier Colloque International d'Esthétique Scientifique, Paris 1965.*

Voor dit onderzoek wordt steun verleend door de Nederlandse organisatie voor zuiverwetenschappelijk onderzoek (Z.W.O.).