

IETS OVER HARMONISCHE TONEN

DOOR

A. PELT.

Van meer of min algemeene bekendheid zijn de volgende verschijnselen: 1^o, Dat de toon eener snaar, als hare spanning onveranderd blijft, rijst, naarmate hare lengte kleiner wordt, of, met andere woorden, dat het trillingsgetal van haren toon in dezelfde reden toeneemt, als hare lengte afneemt; 2^o, Dat, als één van twee gelijk of op den zelfden toon gestemde muziekinstrumenten zijn grondtoon sterk en eenigszins aanhoudend doet hooren, het andere, als het ten minste niet op al te grooten afstand verwijderd is van het eerste, dan medeklinkt, en, ofschoon zwakker, denzelfden toon voortbrengt; dat dit ook plaats heeft bij twee snaren en dan vooral zeer duidelijk, als zij een gemeenschappelijken klankbodem hebben, zoo als bijv. de beide snaren op een sonometer; 3^o. Dat de tonen van muziekinstrumenten in het algemeen en van snaren in het bijzonder samengesteld zijn en bestaan uit zoogenaamde enkelvoudige tonen, wier trillingsgetallen, wanneer dat van den grondtoon, die de toonhoogte bepaalt, als eenheid aangenomen wordt, tot elkander in reden staan als de getallen: 1, 2, 3, 4 enz.

Alvorens aan deze feiten de beschouwing van een wellicht minder bekend verschijnsel te verbinden, wenschen wij eenige opmerkingen dienaangaande vooraf te laten gaan, omdat zulks tot recht begrip van het volgende dienstig kan zijn.

Wij hebben in dit stukje het oog alleen op transversale trillingen van snaren, d. i. op trillingen, waarbij de verschillende deelen der snaar heen en weer gaan in richtingen loodrecht op hare lengte. Dit zijn dus de gewone trillingen, zoo als die bij de snaarinstrumenten plaats hebben, als de snaren aangestrekten, aangeslagen of getokkeld worden.

Omdat wij meermalen gewagen zullen van den bovengenoemden sonometer, volge hier eene korte beschrijving van dit eenvoudig werktuig.

Het is een licht houten kastje, 13 à 14 dM. lang, bijna 2 dM. breed en ruim 1 dM. hoog, rustende op vier pooten. Op het bovenvlak zijn twee vaste kammen, waarover twee snaren van 1 M. lengte gespannen kunnen worden. Verder heeft men bewegelijke kammen, die men langs een in mM. verdeeld liniaal verschuiven en waardoor men iedere snaar in twee deelen, zoo groot als men die wil, gemakkelijk verdeelen kan. Het werktuig is dus eene tweesnarige viool van de allereenvoudigste gedaante, en het kastje vervult den dienst van klankbodem.

Van de bovengenoemde wetten kan de eerste met den sonometer zeer licht aangetoond worden. Heeft men daartoe een snaar behoorlijk gespannen en een paar malen aangestrekten om den toon goed in het geheugen op te nemen, en strijkt men nu, na haar juist in het midden met een kam ondersteund en alzoo in twee helften verdeeld te hebben, de eene helft op nieuw aan, dan verneemt men een toon, waarin men het octaaf van den vorigen herkent. Ondersteunt men de snaar op een derde harer lengte, en strijkt men het kleinste deel aan, dan bemerkt een eenigszins gebefend oor weldra, dat de toon, dien het nu verneemt, de quint van den tweeden toon is, en ook dat het langste deel de quint van den eersten toon geeft. Neemt men hierbij nu in aanmerking, dat de trillingsgetallen van een toon en zijn octaaf zich verhouden als de getallen 1 en 2, en evenzoo die van een toon en zijn quint als de getallen 2 en 3, dan valt het niet moeielijk de waarheid der bedoelde wet hieruit af te leiden.

Heeft men twee snaren op den sonometer gespannen, dan hebben zij gelijke lengte. Is de spanning zoo geregeld, dat zij gelijk gestemd zijn, dus denzelfden toon geven, en strijkt men den eenen aan, dan kan men zich reeds met het oog overtuigen, dat de andere insgelijks in trilling is geraakt.

Om deze waarneming met het oog door die met het oor te bevestigen, heeft men de eerst aangestrekten snaar slechts schielijk tot

zwijgen te brengen, te dempen, door er bijv. den vinger op te leggen, want dan blijft men denzelfden toon zeer duidelijk hooren, en die wordt nu voortgebracht door de snaar, die niet is aangestroken. Daarmede is voor dit geval dan ook de tweede wet aangetoond.

Ter verklaring van dit verschijnsel zegt H. HELMHOLTZ in "*Die Lehre von den Tonempfindungen*" o. a. het volgende: "Dit verschijnsel vertoont zich bij al zulke lichamen, die, als zij door de eene of andere oorzaak in slingerende beweging gebracht zijn, eene min of meer lange reeks van slingeringen volbrengen, voor zij weer tot rust komen. Als zulke lichamen namelijk door uiterst zwakke, maar met geregelde tusschenpoozen zich herhalende stooten getroffen worden, waarvan ieder op zichzelf veel te gering is om het lichaam merkbaar in slingerende beweging te brengen, dan kunnen toch zeer sterke en wijde slingeringen van het genoemde lichaam ontstaan, als de tusschenpoozen, waarna die zwakke stooten wederkeeren, nauwkeurig overeenstemt met het tijdsverloop, waarin ieder zijner slingeringen plaats grijpt. Is die overeenstemming echter niet volkomen, dan ontstaat er slechts eene geringe of geheel onmerkbare beweging.

Dergelijke periodieke stooten nu zijn gewoonlijk afkomstig van een regelmatig slingerend of trillend lichaam, en na eenigen tijd roepen de trillingen van dit lichaam die van het tweede te voorschijn. Onder deze omstandigheden noemen wij het verschijnsel medetrillen of medeklinken. De trillingen kunnen zoo snel zijn, dat zij geluid veroorzaken; zij kunnen echter ook zoo langzaam zijn, dat zij in het oor geene gewaarwording tot stand kunnen brengen; dit verandert niets aan het wezen der zaak. Het medeklinken is een bij de toonkunstenaars welbekend verschijnsel. Als bijv. de snaren van twee violen nauwkeurig gelijk gestemd zijn, en men de eene aanstrijkt, geraakt ook de gelijknamige snaar der andere viool in trilling. Het eigenaardige van het verschijnsel laat zich echter beter verklaren bij zulke voorbeelden, waarbij de trillingen of slingeringen langzaam genoeg zijn, om haar verloop in de afwisselende phasen nauwkeurig te kunnen waarnemen."

Vervolgens beschouwt H. als voorbeeld eene torenklok, zoo zwaar, dat de sterkste man haar nauwelijks uit haar evenwichtsstand kan brengen, als hij er met alle kracht tegen duwt. Zulk eene klok nu kan door een man, door een knaap zelfs, als hij bij tusschenpoozen, die met hare slingeringen nauwkeurig overeenstemmen, aan het touw

trekt, langzamerhand in krachtige, slingerende beweging gebracht en gehouden worden.

En zoo gaat het ook met de beide snaren op den sonometer. Haar trillingstijd is, zijn zij goed gestemd, volkomen gelijk. De trillende beweging der eene snaar deelt zich door tusschenkomst der lucht, maar vooral door die der beide steunpunten, spoedig aan de andere mede, in zoodanige mate, dat zij nog eenigen tijd voortduurt, nadat men de eerste snaar gedempt heeft, en daarna langzamerhand vermindert en ophoudt.

Om het derde der bovengenoemde verschijnselen waar te nemen kan men zich o. a. bedienen van de daartoe door HELMHOLTZ uitgedachte resonatoren of klankbollen, dat zijn holle kogels van metaal of van glas, waarin juist tegenover elkander twee openingen zijn. De grootste dezer openingen dient om de lucht in den bol met de omringende lucht in gemeenschap te stellen; de kleinste, die zich in een enigszins uitstekend gedeelte bevindt, dat bij het gebruik in den uitwendigen gehoorgang, dus in het oor, gestoken wordt, dient om de lucht in den gehoorgang met die in den klankbol in verbinding te brengen. Naarmate van de afmetingen van den bol en de wijfde der grootste opening heeft de luchtmasa in den bol een zekeren trillingstijd, en zij geraakt op de bij de vorige wet beschreven wijze in eene krachtige trillende beweging, zoodra door eenig instrument een toon wordt voortgebracht, die juist denzelfden trillingstijd heeft. Daar deze trillingen door de lucht in den gehoorgang aan het trommelvlies, dat den gehoorgang aan het einde afsluit, medegedeeld worden, maakt de bewuste toon, al worden op hetzelfde oogenblik eene menigte andere voortgebracht en al is hij betrekkelijk zwak, toch een levendigen indruk, waardoor hij gemakkelijk onderscheiden en waargenomen wordt.

Zoo als uit deze beschrijving blijkt, kan met één klankbol slechts één toon van bepaalde hoogte waargenomen worden. Heeft men nu eene reeks van deze resonatoren, die zoodanig gestemd zijn, dat de trillingsgetallen der tonen, met welke zij medeklinken, zich verhouden als de getallen 1, 2, 3, 4, enz.; heeft men ook eene snaar zoo gestemd, dat haar toon de eerste is van deze reeks, zoodat ook de eerste der resonatoren met dien toon medeklinkt, en houdt men nu, terwijl de snaar, dicht bij een harer uiteinden aangestrekken, geluid geeft, beurtelings de verschillende resonatoren der reeks aan het oor, terwijl men het andere oor dichtsluit, dan merkt men op, dat niet alleen de

eerste, maar dat alle resonatoren achtereenvolgens medeklinken, sommige sterker, andere zwakker, in den regel de eerste der reeks het sterkst. Men hoort dus, terwijl de snaar voortdurend denzelfden toon geeft, al de tonen der reeks: 1, 2, 3, enz. Heeft men nog andere resonatoren, gestemd voor tonen buiten de bedoelde reeks, dan bespeurt men bij het gebruik daarvan niets. Deze klinken niet mede.

Uit dit onderzoek leiden wij af, dat de toon eener snaar een samengesteld verschijnsel is, een mengsel van tonen, dat door middel der resonatoren in zijne bestanddeelen of enkelvoudige tonen ontleed wordt. Of vestigen wij onze aandacht op de beweging der snaar, dan komen wij tot het besluit, dat zij geene enkelvoudige, maar eene samengestelde, trillende beweging heeft. Want om den toon, wiens trillingsgetal wij als eenheid aangenomen hebben, voort te brengen, trilt de snaar in haar geheel, zoodat alleen de beide uiteinden betrekkelijk rustig blijven en het midden den grootsten uitslag heeft. Om den tweeden toon voort te brengen, verdeelt de snaar zich in twee gelijke deelen, die ieder afzonderlijk op dezelfde wijze trillen als de geheele snaar volgens de zoo even aangeduide wijze. Daarbij blijft dus, behalve de uiteinden, ook het midden in rust, d. i. er zijn drie knooppunten.

Evenzoo verdeelt de snaar zich voor den derden toon in drie gelijke deelen, waarbij vier knoopen en drie buiken ontstaan; voor den vierden in vier gelijke deelen, die zelfstandig bewegen, enz. Dit alles is reeds eenigermate af te leiden uit de proefneming ten bewijze der eerste wet. Nu evenwel, blijkens het onderzoek met de resonatoren, de snaar al deze tonen te gelijk geeft, moet zij ook al de daartoe vereischte bewegingen te gelijk volbrengen en is derhalve hare beweging samengesteld uit al de aangeduide enkelvoudige bewegingen.

Oppervlakkig bespeurt het ongewapend oor niets van deze samengesteldheid van den toon eener snaar. Menigeen, die een geoeffend oor heeft en een liefhebber, misschien wel een beoefenaar is van de muziek, haalt ongelooovig de schouders op en slaat enkele toetsen op zijn piano aan, zeggende: dat is toch een *c* en dit een *g* en anders niet. Inderdaad, in zooverre de toonhoogte alleen door den eersten toon bepaald wordt, heeft hij, die aldus spreekt, gelijk, maar toch bedriegt hij zich. Vooreerst zal hij, als zijne oplettendheid door aanwending van de resonatoren of op andere wijze eenmaal op het verschijnsel is gevestigd, er licht in slagen, bij eene snaar, die hij laat

uitklinken, den tweeden en vooral den derden toon met het ongewa-
pende oor op te merken. Er is echter nog eene andere gewaarwording,
die door de samengesteldheid van den toon bepaald wordt, namelijk
het timbre of de klank. Als wij dezelfde snaar, die voor de vorige
proef diende, in het midden tusschen vinger en duim aanvatten, uit
haar evenwichtsstand trekken en plotseling loslaten, vernemen wij
een toon, die met den vorigen in hoogte volkomen overeenstemt,
maar die in klank veel verschilt. Door op deze wijze de snaar in be-
weging te brengen, verhindert men al die trillingswijzen, waarbij het
middelpunt der snaar een knooppunt is, waardoor de 2de, 4de 6de toon
enz. uit de samenstelling, uit het mengsel verdwijnen. Ten gevolge
dezer gewijzigde samenstelling ontstaat dus het verschil in klank.
Naarmate van de plaats waar, de wijze waarop, en de hoedanigheid
van het voorwerp, waarmede eene snaar aangestroken of aangeslagen
wordt, ontstaan verschillen in klank, waardoor deze nu eens meer,
dan eens minder schoon en aangenaam is; want deze verschillende
handelwijzen veroorzaken wijzigingen in de samenstelling der reeks,
die bestaan of in het geheel wegvallen van sommige tonen, of in
het versterken of verzwakken van enkele daarvan. Daaraan is het toe
te schrijven, voor een deel ten minste, dat dezelfde viool zoo geheel
anders klinkt in de hand des meesters dan in die des leerlings. Daar-
aan hoofdzakelijk is het toe te schrijven dat de klank van het eene instru-
ment zooveel verschilt van dien van het andere. In deze tonen alzoo
is door HELMHOLTZ de lang te vergeefs gezochte verklaring gevonden
van een verschijnsel, dat, van oudsher bekend, steeds raadselachtig en
geheimzinnig gebleven was. Tot voor weinige jaren toch was geen
bevredigend en afdoend antwoord gegeven op de vraag: Waardoor
ontstaat het timbre? Waardoor is de klank eener clarinet zoo geheel
anders dan die eener fluit, en deze weer dan die eener viool, enz.?

En in menig ander opzicht hebben deze bijkomende tonen eene
beteekenis erlangd, die men nauwelijks kon vermoeden, gelijk in het
vervolg nog eenigszins blijken zal.

Aan al de tonen der reeks tezamen heeft men den naam van
harmonische tonen gegeven, aan den eersten dien van grondtoon, aan
de overige dien van boventonen. De vierde harmonische toon is dus de
derde boventoon van den grondtoon. Opmerkelijk is het dat, bij alle
gebruikelijke muziekinstrumenten, de boventonen, die den grondtoon
vergezellen, tot de harmonische reeks behooren en dat bij die instru-

menten, welke voor muzikale doeleinden weinig of niet aangewend worden, zoo als klokken, staven, gespannen vliezen, enz. de boventonen, welke den grondtoon vergezellen, veelal niet tot deze reeks behooren en dus onharmonische boventonen zijn; een bewijs, hoe kunst en smaak zich dikwijls, zij het onbewust, laten leiden door physische wetten.

Wellicht gaat het iemand, wien deze verschijnselen eenige belangstelling inboezemen, vooral als hem de gelegenheid niet ontbreekt ze door proefneming nader te toetsen, als schrijver dezes, en rijzen de volgende vragen bij hem op: Als de beide snaren op den sonometer nauwkeurig gelijkgestemd zijn en de eene wordt aangestrekken, klinkt de andere mede — maar, als men nu de eerste snaar op de helft, op een derde, op een vierde der lengte ondersteunt en, het kleinste deel aanstrijkende, den tweeden, den derden, den vierden toon der reeks, of juist, een samengestelden toon, waarin de tweede, de derde, de vierde der reeks de grondtoon is, te voorschijn roept, klinkt dan de tweede snaar toch mede? En als de eerste snaar bijv. op een derde der lengte ondersteund en het langste deel aangestrekken wordende, een toon voortgebracht wordt, welks grondtoon $\frac{3}{2}$ buiten de reeks ligt, maar welks boventonen $\frac{3}{2} \times 2 = 3$, $\frac{3}{2} \times 3 = \frac{9}{2}$, $\frac{3}{2} \times 4 = 6$, enz. gedeeltelijk met die der andere snaar; 2, 3, 4, 5, 6, enz. overeenstemmen, klinkt deze ook in dit geval mede?

Wij waren a priori geneigd op deze vragen bevestigend te antwoorden, vooral op de eerste. Bij de tweede snaar toch, die mede klinkt als de eerste geluid geeft, neemt men geen onderscheid in klank waar. Het is dus niet alleen de grondtoon, welken de tweede snaar voortbrengt, maar ook de boventonen, welke dezen vergezellen. Wordt dus de eerste snaar op de helft ondersteund en aangestrekken en daardoor de toonreeks: 2, 4, 6, 8, enz. voortgebracht, dan zijn dit alle tonen, die de medeklinkende snaar reeds bij de vorige proef gaf; waarom dus zou zij ze ook nu niet geven?

Hetzelfde is het geval als het derde deel der snaar de toonreeks: 3, 6, 9, 12, enz. geeft.

En deze beschouwing geldt ook voor de tweede der gestelde vragen. Als het twee-derde deel der eerste snaar de toonreeks: $\frac{3}{2}$, 3, $\frac{9}{2}$, 6,

$\frac{15}{2}$, 9, enz. geeft, dan zijn de tonen: 3, 6, 9 toch ook begrepen in de toonreeks der tweede snaar, en de mogelijkheid, dat zij medeklinkt, moet derhalve toegegeven worden. Twijfelachtig intusschen blijft het bij al deze redeneeringen nog of onze opvatting der besproken verschijnselen juist genoeg is, om daaruit genoemde gevolgtrekkingen te mogen afleiden, en is dit al het geval, dan is het nog onzeker of de afgeleide, de te verwachten verschijnselen krachtig en sprekend genoeg zullen zijn om gehoord of gezien, om waargenomen te kunnen worden.

Deze twijfel kan alleen door feitelijk onderzoek opgeheven worden. Wij zullen daarom de proefnemingen beschrijven, waaraan wij meenen het recht te ontleenen om onze beide vragen bevestigend te beantwoorden. Die proeven zijn overigens eenvoudig genoeg en eigenlijk in de gestelde vragen reeds vrij duidelijk aangewezen. Daartoe diende de meer genoemde sonometer. Twee daarop gespannen snaren werden nauwkeurig gelijk gestemd, zoodat als zij tezamen klonken geene stooten of zwevingen te bespeuren waren en na het dempen der eene de andere krachtig naklonk. Deze juiste stemming is voor het welslagen een onmisbaar vereischte. De eene snaar werd nu op het midden, een derde, een vierde, enz. ondersteund, aangestreeken en beide deelen der snaar terstond weer gedempt. In ieder geval hoorde men denzelfden toon der aangestreeken snaar duidelijk genoeg naklinken om zelfs op eenigen afstand door verschillende personen gehoord te worden. Van waar was deze toon afkomstig? Van de aangestreeken snaar, welker beweging verhinderd werd, natuurlijk niet. Dus of van de andere snaar, of van den klankbodem, het kastje met de daarin aanwezige lucht. Werde echter ook de niet aangestreeken snaar op dezelfde wijs als de andere gedempt, dan vernam men niets. Zij dus was de oorzaak van den naklinkenden toon. Dit bleek nog nader door op die snaar in de knoopen en buiken lichte papierstrookjes te plaatsen, want deze werden in de buiken op de bekende wijze afgeworpen, terwijl zij in de knoopen hunne plaats behielden. Hiertoe waren een of twee streken met den strijfstok voldoende, als het aangestreeken deel der andere snaar de helft, een derde of een vierde was. Het mislukte bij kleinere deelen, maar daar gebeurde het toch weer, als dat deel in het midden uit zijn evenwichtsstand getrokken en daarop plotseling losgelaten werd. De uitslag van dit onderzoek was alzoo niet twijfelachtig. Met het oog op de tweede vraag werd nu op nieuw de

beweegbare kam op een derde der lengte geplaatst en het langste deel der snaar aangestreden, waardoor de toon $\frac{3}{2}$ voortgebracht werd. Nemen wij nu gemakshalve den grondtoon 1 der beide snaren c^1 en de opvolgende octaven: c^2 , c^3 , c^4 , enz., dan is de toon $\frac{3}{2} g^1$ of de quint van c^1 . Na de beide deelen der aangestreden snaar weer schielijk gedempt te hebben, klonk in dit geval niet dezelfde toon g^1 na, maar men vernam duidelijk den toon 3 of g^2 , d. i., als men op de reeksen: 1, 2, 3, 4, enz. en $\frac{3}{2}$, 3, $\frac{9}{2}$, 6, enz. let, de eerste gemeenschappelijke boventoon. Herhaalden wij dezelfde proef met de kam op $\frac{1}{4}$, dan gaf het aangestreden langste deel den toon $\frac{4}{3}$ of f^1 d. i. de quart van den grondtoon, en na het dempen der beide deelen klonk de toon 4 of c^2 na.

De toonreeks met $\frac{4}{3}$ beginnende is: $\frac{4}{3}$, $\frac{8}{3}$, 4, enz. Alweder derhalve is de naklinkende toon de eerste gemeenschappelijke boventoon. Dit was steeds het geval en kwam nog sterker uit bij de verdeeling in vijven. Was het aangestreden deel vier vijfde, drie vijfde of twee vijfde der lengte, in ieder geval was de naklinkende toon 5 of e^2 , dus van de reeks: $\frac{5}{4}$, $\frac{5}{2}$, $\frac{15}{4}$, 5, enz. de vierde, van de reeks: $\frac{5}{3}$, $\frac{10}{3}$, 5, enz. de derde, van de reeks: $\frac{5}{2}$, 5, de tweede en van de oorspronkelijke reeks: 1, 2, 3, 4, 5, enz. in alle gevallen de vijfde, dus alweer de eerste, dien zij met eene der andere reeksen gemeen heeft. Niet alleen het oor, ook het oog bevestigt dit. Indien toch bij de laatstgenoemde proeven voor de verdeeling in vijven op de niet aangestreden snaar in de buiken en knopen papierruitertjes geplaatst worden, dus negen in het geheel, ziet men telkens na een paar streken op de andere snaar, dat zij om den andere afgeworpen worden en de snaar zich dus wel degelijk in vijf gelijke, zelfstandig trillende deelen verdeeld heeft.

Beide vragen verkrijgen dus een bevestigend antwoord. Hoe eenvoudig ook, deze uitkomst is, vooral wat betreft de tweede vraag, verrassend. Verrassend is het onmiddellijk na het dempen van den eersten

toon een geheel anderen te vernemen, van eene snaar, die men niet aangeroerd heeft. Is de proef eenige malen herhaald en daardoor de oplettendheid in de aangewezen richting gebracht, dan wordt het dampen der eerste snaar zelfs overbodig. Dan hoort men even nadat de eerste toon ontstaan is, tegelijkertijd met toenemende duidelijkheid den tweeden. Personen, wien het met het gebruik van resonatoren niet terstond gelukte harmonische tonen waar te nemen, merkten ze bij deze proeven dadelijk op.

Eenige beteekenis verkrijgen de laatste proeven wellicht in verband met HELMHOLTZ's theorie van de klankverwantschap, als grondslag voor de samenstelling der toonschaal. De plaats, waarover wij hier mogen beschikken, laat niet toe die uitvoerig uiteen te zetten en toe te lichten. Daarom slechts een enkel woord hierover.

Toonschalen bestonden er reeds lang voordat de meerstemmige of harmonische muziek bekend was; derhalve moet haar oorsprong niet in de eischen der harmonie, maar in die der melodie gezocht worden. De muziek zal in het algemeen uitdrukking geven aan stemmingen, bewegingen des gemoeds, die van allerlei aandoeningen het gevolg zijn. Opdat de melodie eene beweging uitdrukke, waarvan het karakter voor den hoorder licht, duidelijk en zeker te herkennen is, moeten de schreden dezer beweging, hunne snelheid en grootte voor zijne waarneming nauwkeurig af te meten zijn. De beweging der melodie is verandering van toonhoogte in den tijd. Zoowel de afwisseling der toonhoogte als de voortgang in den tijd moet dus regelmatig volgens vastbepaalde trappen plaats hebben. Wat den tijd betreft, zal niemand dit tegenspreken, maar ook voor de toonhoogte is dit waar. Van eene melodie vernemen wij de afzonderlijke gedeelten na elkander, wij kunnen ze niet alle tegelijk waarnemen, niet naar welgevallen, als bij andere kunstwerken, onze opmerkzaamheid van het eene deel naar het andere, voor- en achterwaarts verplaatsen, daarom blijft er voor een duidelijk en zeker afmeten geen ander middel over dan het gebruik van vaste toontrappen. Eene rij dier vaste toontrappen is de toonladder. Als de wind huilt en zijne toonhoogte in onmerkbare overgangen, zonder sprongen, rijst en daalt, verliezen wij het middel om de latere geluiden met de vroegere te vergelijken, en het geheel maakt een verwarden, onaangename indruk. Eene toonladder moet er dus zijn. Maar uit welke tonen moet zij bestaan? Welke tonen uit de onafgebroken reeks der talloze tonen, die menschenstemmen bijv, voortbrengen

kunnen, zullen daartoe uitgekozen worden? Daar het aantal toonschalen, dat bij verschillende volken in verschillende tijden in gebruik is geweest, vrij aanzienlijk is, blijkt daaruit dat dit vraagstuk verschillende oplossingen toelaat, waarbij verschillen in den nationalen smaak onmiskenbaar invloed uitgeoefend hebben.

Toch zijn daarin bij alle verschil groote overeenkomsten zichtbaar. De intervallen der octaven, quinten en quarten vindt men in alle toonstelsels van alle volken en alle tijden. Hieruit valt af te leiden dat een algemeen beginsel, bewust of onbewust, de kunstenaars in die keuze geleid heeft. Welk dit beginsel is, heeft menigeen, vroeger en later, trachten op te sporen, en daaromtrent kunnen verschillende zienswijzen, ook nu nog, bestaan. Dat het niet in de eischen der harmonie moet gezocht worden, zoo als toonkunstenaars van den nieuweren tijd veelal genegen zijn te doen, omdat de tonen der toonschaal zoo uitmuntend geschikt zijn tot vorming van accoorden, hebben wij reeds gezien. HELMHOLTZ zoekt het in, wat hij noemt, de klankverwantschap. Tusschen een toon en zijn octaaf bestaat die verwantschap in hooge mate. Bestaat de toon uit de harmonische toonreeks 1, 2, 3, 4, enz. dan bestaat zijn octaaf uit de reeks: 2, 4, 6, enz. Hoort men dus na een toon zijn octaaf, dan hoort men eigenlijk niets nieuws, maar eene herhaling, ofschoon niet volledig, van het vroeger gehoorde. De hoogere octaven zijn alzoo werkelijke herhalingen van de lagere, ten minste van een bestanddeel daarvan. Vandaar de eerste en voornaamste hoofdindeeling der tonen in octaven, en wij beschouwen de gelijknamige tonen der verschillende octaven als van gelijke waarde, hetwelk binnen zekere grenzen en tot op zekere hoogte juist is.

Ook tusschen een toon en zijn quint bestaat in denzelfden zin groote verwantschap, ofschoon kleiner dan de vorige. Noemen wij de toonreeks van den eersten: 2, 4, 6, 8, enz., dan is die van de quint: 3, 6, 9, enz. Zij is derhalve geene volkomen herhaling van den vorigen toon, maar gedeeltelijk nieuw, gedeeltelijk bestaat zij uit tonen, die in de eerste reeks niet voorkwamen. Haar tweede toon is echter dezelfde als de derde van den vorigen. Bij een goed klinkend muziekinstrument of bij de menschenlijke stem zijn evenwel deze boventonen vrij sterk en merkbaar, zoodat, zonder de oorzaak te vermoeden, die verwantschap het oor treft. Hieraan is het kennelijk toe te schrijven, dat men ook nu nog ongeoeffende zangers, die met anderen in koor een lied willen zingen dat voor hunne stemhoogte niet geschikt is, in de quint

hoort medezingen. De onvolkomen herhaling in de quint gaf den Grieken aanleiding het octaaf in twee tetrachorden te verdeelen, waarvan het tweede eene herhaling is van de tonen van het eerste, maar eene quint hooger, op deze wijze: $c . . f, g . . c$. Hierdoor is dus ook de quart, de f , aangewezen als de toon, die eene quint lager ligt dan de hoogere c , waarmede het tweede tetrachord noodzakelijk moest besluiten. Maar hiervan afgezien, men had de f toch noodzakelijkerwijze eveneens als de g moeten vinden, daar haar tweede boventoon gelijk is aan den derden van de c , en dus de verwantschap door de sterkte dezer boventonen nog sprekend genoeg is. In de verdere keuze van de tonen der toonschaal heeft veel verschil bestaan, waarover wij niet verder willen uitwijden. Wij merken alleen op, dat de tegenwoordige toonschaal uit dit beginsel geheel af te leiden is, mits daaraan eenige meerdere uitbreiding gegeven worde dan wij tot hiertoe aangeduid hebben, omdat de boventonen, die hooger in de reeks liggen dan de vijfde, veelal te zwak zijn, dan dat de verwantschap, die daarop zou berusten, voldoende merkbaar ware.

HELMHOLTZ omschrijft de klankverwantschap aldus: "Verwant in den eersten graad noemen wij tonen, die twee gelijke boventonen hebben; verwant in den tweeden graad, die welke met denzelfden derden toon in den eersten graad verwant zijn. Hoe sterker de beide gelijke boventonen zijn in verhouding tot de overige boventonen van twee in den eersten graad verwante tonen, des te sterker is de verwantschap, des te gemakkelijker zullen zangers en hoorders het gemeenschappelijke van beide tonen weten te voelen". De c en de d van de toonschaal

bijv., wier trillingsgetallen zich verhouden als $1: \frac{9}{8}$, zoodat de 9de harmonische toon van c overeen zou komen met den 8^{sten} van d , zijn niet in den eersten graad verwant te achten, omdat deze tonen te zwak en daardoor te weinig merkbaar zijn. Beide zijn echter in den 1^{sten} graad verwant met g , want blijkens de volgende toonreeksen:

van c :	1	2	3	4
van g :	$\frac{3}{2}$		3	$\frac{9}{2}$
van d :	$\frac{9}{8}$	$\frac{9}{4}$	$\frac{27}{8}$	$\frac{9}{2}$

is de derde harmonische toon van c gelijk aan den tweeden van g , en de vierde van d gelijk aan den derden van g .

Met het oog nu op de klankverwantschap in den eersten graad, meenden wij aan bovengenoemde proef eenige beteekenis te mogen toekennen. Waarop komt zij neêr? Hierop, dat als op den sonometer twee snaren zoo gestemd zijn, dat hare tonen in den eersten graad verwant zijn, en de eene aangestreden wordt, de andere medeklinkende juist dien toon doet hooren, waarop die verwantschap berust; dat daardoor de overeenkomst, het gemeenschappelijke der beide tonen voor dit geval helder in het licht gesteld wordt.

Is de theorie van HELMHOLTZ omtrent het beginsel, dat bij de samenstelling der toonschaal het kunstgevoel min of meer onbewust geleid heeft, juist? Bedenkt men tot hoe velerlei bespiegelingen de betrekkingen tusschen de tonen van de dagen van PYTHAGORAS af tot die van EULER aanleiding hebben gegeven, hoeveel mystieke en geheimzinnige voorstellingen daarmede in verband gebracht zijn, dan meenen wij ons niet aan overdrijving schuldig te maken, als wij de uitkomst onzer eenvoudige proef, waarbij de werkzaamheid dier boventonen als ware het op heeter daad betrapt werd, verrassend noemden.