

# HARMONIE

*As we look out into the universe and identify the many accidents of physics and astronomy that have worked together to our benefit, it almost seems as if the universe must in some sense have known that we were coming.*

Freeman Dyson.

## Inleiding.

In de ontwikkeling van het denken van de mens en het trachten zijn omgeving, oorsprong en bestemming te doorgronden, heeft het zoeken naar harmonie en samenhang een bepalende rol gespeeld. Ook voor onszelf is het trachten in harmonie te zijn met onze omstandigheden, onze medemens en naasten een dagelijkse taak en opdracht.

In de volgende pagina's wil ik dit alles wat uitgebreider belichten en verhelderen. Daarbij gaat het natuurlijk niet om een wetenschappelijke verhandeling, maar meer om wat ons dat in deze tijd te zeggen heeft. Het is sterk verweven met de algehele ontwikkeling van het wetenschappelijk denken als deel van onze cultuur en het toont ons ook hoe het proces van ontwikkeling verloopt. Daarom lopen in onderstaande een aantal verschillende draden in het verhaal door elkaar, maar aan het eind zullen deze in het licht van wat gezegd is samengevat worden.

Helaas is de meeste goede literatuur over dit onderwerp niet in het Nederlands beschikbaar; populaire artikelen of bijdragen in een encyclopedie zijn meestal ofwel te weinig diepgaand, verouderd, ofwel onjuist. Voor wie de Engelse taal machtig is, geeft het boek van Arthur Koestler, *“The Sleepwalkers; a History of Man's Changing Vision of the Universe”* een uitstekende beschrijving, omdat het niet alleen de historische ontwikkeling volgt, maar ook aandacht geeft aan de werking van de menselijke geest in het proces van de evolutie van denkbeelden en overtuigingen.

De titel van dat boek geeft een thema aan, dat behalve in de wetenschap ook op veel andere terreinen van toepassing blijkt. Ontwikkeling komt tot stand door een permanent zoeken en een zich afvragen wat de volgende stap zal zijn; op elk tijdstip ligt alleen de richting *voor dat moment* vast; de weg neemt een slingerende vorm aan, zich telkens aanpassend aan ander terrein. De ontwikkeling van denkbeelden en theoriën doet in de vergelijking van Koestler meer denken aan de loop van een slaapwandelaar dan aan een rechte, tevoren uitgezette lijn, die rechtstreeks op een uiteindelijk doel gericht is. Eigenlijk is alle ontwikkeling zo. We hebben te maken met de ontwikkelingen van *deze* tijd en niet bij een vermeende, oorspronkelijk reeds vastgelegde koers, die we slechts automatisch en zonder eigen keuze en verantwoordelijkheid kunnen volgen.

## Enige achtergronden.

In onderstaande speelt de bouw van ons zonnestelsel een belangrijke rol en daarom daarover eerst een paar algemene zaken. Wij leven op een planeet (de aarde), die om de zon draait. De zon geeft licht als gevolg van kernreacties in het centrum. Alle sterren, die we aan de hemel zien zijn lichamen net als de zon; alleen ze staan zo ver, dat ze veel zwakker zijn en er zijn er nog veel en veel meer, die we niet eens met ons blote oog kunnen zien. De waarneembare sterren staan aan de hemel voor onze directe waarneming stil ten opzichte van elkaar en vormen de sterrenbeelden. Slechts in de loop van de eeuwen kunnen we daarin met het blote oog veranderingen waarnemen.

Naast de aarde zijn er andere planeten, die ook om de zon draaien en die ook zelf geen licht uitstralen. We zien ze, omdat de zon erop schijnt. Omdat ze ook om de zon draaien, bewegen ze aan de hemel ten opzichte van de 'vaste' sterren en de term planeet komt daar ook vandaan;

het betekent oorspronkelijk dwaalsterren. Met het blote oog zijn er 5 te zien. Mercurius en Venus staan in werkelijkheid dicht bij de zon dan de aarde; Mars, Jupiter en Saturnus verder. Behalve Mercurius, die aan de hemel altijd vrij dicht bij de zon staat, zijn ze opvallende en heldere “sterren”. Zo is Venus de bekende en zeer heldere avond- of ochtendster. Maar ze bewegen voortdurend ten opzichte van de sterrenbeelden.

Met behulp van telescopen heeft men later nog 3 planeten ontdekt, nl. Uranus, Neptunus en Pluto, die nog verder van de zon staan dan de zichtbare planeten. Alle planeten draaien, net als de aarde, in elliptische (maar bijna cirkelvormige) banen om de zon en daarom zijn vanaf de aarde de bewegingen aan de hemel nogal ingewikkeld. Reeds in de oudheid kende men de 5 zichtbare planeten en hun banen ten opzichte van de sterrenbeelden waren onderwerp van studie. De maan is een begeleider van de aarde en draait om de aarde in een bijna cirkelvormige baan, maar samen met de aarde mee om de zon.

Het is altijd instructief om de afstanden in perspectief te krijgen en in de astronomie gebruikt men vaak de snelheid van het licht als maatstaf. Het licht beweegt met een snelheid van 300.000 kilometer per seconde, dus als het om de aarde zou bewegen in 1 seconde ongeveer 7,5 keer rond (in werkelijkheid beweegt het licht in een rechte lijn). De afstand naar de maan overbrugt het licht in ongeveer  $2/3$  seconde en die naar de zon in ruim 8 minuten. Voor Pluto is dit meer dan 5 uur en voor de dichtbijzijnde ster van de zon al ongeveer 4 jaar. Astronomen kunnen met de grootste telescopen sterren bestuderen, die zo ver weg staan, dat het licht miljarden jaren geleden is uitgezonden.

Ook komt in onderstaande de muzikale intervallen en toonladders ter sprake. De ons meest bekende toonladder (de zgn. grote-terts toonladder) kennen we wel als de do-re-mi-fa-so-la-ti-do reeks. Deze tonen klinken harmonisch voor ons gehoor, zodat we b.v. in een zangkoor vierstemmig kunnen zingen zonder dat dat onaangenaam klinkt. Een interval is een verschil tussen twee tonen (do-mi heet een terts, do-fa een kwart, do-so een kwint en do-do een octaaf) en deze zijn harmonisch, omdat b.v. een do en een so samen aangenaam klinken (dit heet ook wel consonant). Als het niet goed samenklinkt (b.v. do en re samen), dan spreekt men van dissonante intervallen.

### **Pythagoras: het begin der wetenschap.**

De geschiedenis van de wetenschap en het inzicht in de samenhang komt vooral duidelijk tot uiting in de veranderende visie van de mens op het heelal. Dit is natuurlijk niet vreemd, want in de sterrenhemel zag men van de prille oudheid tot op heden een verbondenheid met de schepping, God, goden of een andere hogere macht of orde. Met name de planeten namen daarbij een speciale rol in. Tijdens de bloei van hun beschavingen hebben de Sumeriërs, Babyloniërs en Egyptenaren het firmament waargenomen en daarvan zijn ons hun aantekeningen bekend. Ook waren zij ver gevorderd in de wiskunde. Toch was dit een stagnerende ontwikkeling. Men liet het namelijk bij het optekenen van waarnemingen van zon (dus de seizoenen), maan (o.a. belangrijk voor tijdrekening en de kalender) en planeten (met name astrologische duidingen) en het trouw registreren van verduisteringen van de zon (als de maan tussen ons en de zon staat) en de maan (als de schaduw van de aarde op de maan valt). Wat ontbrak was het zoeken naar een *samenhang* achter alles.

Dit alles veranderde tijdens de vroeg-Griekse cultuur, met name die op de westkust van en de eilanden voor Klein Azië (de “Ionische” cultuur). De belangrijke verandering was, dat men zich af ging vragen hoe alles nu in elkaar zat, *waarom* de zon, maan en sterren op- en ondergaan, *waarom* de seizoenen optreden, enz. Het is van groot belang hierbij even stil te staan en te beseffen welk een fundamenteel nieuwe benadering dit is vergeleken bij de oudere orde, die dit eenvoudigweg als het terrein van de goden verklaarde. De mens probeerde verder te gaan dan

het eenvoudige antwoord, dat de goden het nu eenmaal zo bepaald hadden, en trachtte in te zien waarom en met welke bedoeling.

Ionische filosofen, zoals *Thales van Miletos* (ca. 625 – 545 v.Chr.) schijnen hiertoe de eerste aanzet te hebben gegeven. Thales leerde meetkunde in Egypte en onderwees dat in zijn eigen omgeving. De echte vernieuwing komt echter met *Pythagoras van Samos*, waarvan men nu als beste bepaling van zijn levensperiode ongeveer 530 – 450 v.Chr. aanhoudt. Velen kennen hem vanwege de stelling van de rechte driehoek, maar zijn betekenis was veel en veel groter.

Pythagoras schijnt door Babylonië en Egypte gereisd te hebben en daar reken- en meetkundige technieken te hebben geleerd. Na zijn terugkeer in Samos (Ionië) onderwees hij kennelijk ook. Maar door politieke ontwikkelingen moest hij Samos verlaten en hij ging naar Croton in het huidige zuid-Italië. Daar vormde hij een “broederschap”, die zich bezig hield met filosofische en wetenschappelijke vragen. We weten hiervan alleen, omdat een latere volgeling van die school (*Philolaos* in de tweede helft van de 5<sup>e</sup> eeuw v.Chr.) hun ideeën heeft opgeschreven. Als eerste in de geschiedenis van de mens voerde Pythagoras gerichte experimenten uit. Zo merkte hij op, dat de toon van een snaar *precies* een octaaf hoger werd, als je de lengte halveerde. Uit ervaring wist men natuurlijk, dat er een verband was tussen de lengte van de snaar en de hoogte van de toon, maar wat nieuw was, was dat het bij muzikaal aangenaam klinkende, harmonische intervallen terug te voeren bleek op eenvoudige getallen. Voor het octaaf was de lengte-verhouding 2:1, maar ook de andere voor het oor aangename intervallen bleken precies met eenvoudige getallen samen te hangen. Voor de kwint is het 3:2 en voor de kwart 4:3, enz.

In de Pythagorese filosofie is elk verschijnsel terug te voeren op getallen. Deze zijn de basis van alles. Het feit, dat getallen onze muzikale schaal bepalen, wordt dus uitgelegd in een nieuw begrip, een openbaring. Immers, er is een eenvoudige verklaring mogelijk voor dat wat ons oor bekoort; het is geen toeval. Dit inzicht van samenhang werd *armonia* genoemd en daar komt ons woord harmonie vandaan. Hierbij gaat het veel meer om het bestaan van de samenhang zelf dan om de details van de verklaring. Ook zagen de Pythagoreërs de mens ook als een soort muziekinstrument, hetgeen nog overleeft in onze woordenschat als de “stemming”, waarin wij verkeren of het feit, dat een geneeskrachtige drank wel een tonicum wordt genoemd (vergelijk het Engelse tonic).

Ook uit zich dit in de meetkunde (geometrie). Voor Pythagoras was het van betekenis, dat een harmonische, rechthoekige driehoek kon worden gevormd met rechthoekzijden 3 en 4 (meter, of wat voor maat dan ook) en schuine zijde 5. Dit is de basis van de bekende stelling van Pythagoras (immers  $3^2 + 4^2 = 9 + 16 = 25 = 5^2$ ), maar dit had voor hem een diepe betekenis van orde, balans en samenhang. Dat getallen met alles, dus ook vormen te maken had, blijkt nog uit het Engelse woord voor getallen: “figures”, dat ook figuren kan betekenen.

Uiteindelijk komt het ook tot uiting in het begrip “harmonie der sferen”, dat ook tot Pythagoras is terug te voeren. Pythagoras geloofde, dat de aarde rond was en dat het dag-nacht ritme het gevolg waren van een draaiing om de as. De zon, maan, aarde en de vijf met het blote oog waarneembare planeten gingen in zijn wereldbeeld om een “centraal vuur” rond. Dit centrale vuur kon de mens niet zien, daar het aan de andere kan van de aarde lag, maar het bescheen met name zon en maan, die er hun licht aan ontleenden. Elk van deze lichamen bewoog in een eigen bolschil en deze heetten sferen (vergelijk het Engelse woord voor bol, “sphere”). Daarbij stelde Pythagoras, dat bij elk van die bewegende lichamen (zon, maan en planeten) een toon hoorde, die afhing van de snelheid, waarmee het in de baan in zijn “sfeer” bewoog. Hoe hoger de snelheid, hoe hoger de toon. Deze waren nu in zijn beeld in harmonie met elkaar, hetgeen betekent, dat de tonen verschillen hadden van de in de muziek bekende intervallen (terts, kwart, kwint, octaaf, enz.). De bewegingen in het zonnestelsel waren dus gestemd als een muziekinstrument en net als de muzikale intervallen terug te brengen tot eenvoudige getallen en hun verhoudingen.

Later vinden we dit met name bij Johannes Kepler terug en in een andere vorm trouwens in ons moderne begrip.

De bijdragen van Pythagoras en zijn broederschap zijn van onschatbare betekenis geweest. Voor het eerst in de geschiedenis van de mens werd een vraag naar samenhang en betekenis gesteld. Het is dan ook terecht te stellen, dat het wetenschappelijk denken begon bij Pythagoras. Hij brak radikaal met eerdere praktijken, die slechts gericht waren op het optekenen van verschijnselen en de achtergronden niet ter discussie stelden. We zien hier het ontluikend begrip voor de noodzaak van een onderliggend principe en een in harmonie zijn met de achterliggende wetten. Harmonie werd het leidend principe van de natuur.

### **Plato, Aristoteles: stilstand.**

Deze ontwikkeling was wat de natuurwetenschap betreft van korte duur. De Pythagorese broederschap ging ten onder aan politieke verwickelingen, want deze was ook tot een lokale politieke macht geworden. Opstand maakte daar een eind aan en Pythagoras stierf in ballingschap. Maar de belangrijkste reden van de neergang was gelegen in het feit, dat de filosofieën van Plato (427 – 347 v.Chr.) en Aristoteles (384 – 322 v.Chr.) algemene ingang vonden. Pas in de Renaissance werden deze verstikkende dogma's doorbroken, nadat de ontwikkeling van de natuurwetenschap bijna 2000 jaar had stilgestaan.

*Plato* (leerling van Socrates) stichtte in Athene zijn Academie. Zijn filosofie was die van de *ideeën*, waarbij hij stelde, dat de waarneembare wereld slechts een afspiegeling was van de ideale, perfecte wereld (die van de ideeën). De vorm van de wereld (het heelal) moest dus die van een perfecte bol zijn en alle bewegingen van de planeten in cirkels met uniforme snelheid. Wij weten nu, dat planeten in ellipsen bewegen met een variërende snelheid, maar het dogma van de precieze cirkelbeweging overleefde tot zelfs in het werk van Copernicus en werd pas verworpen door Kepler rond 1600.

*Aristoteles* was een leerling van Plato, die zijn eigen Lyceum in Athene stichtte. Van hem komt het onderscheid tussen de “goddelijke” wereld buiten de aarde en de onvolkomen wereld hier op aarde. De aarde stond dus in het centrum en maan, zon en planeten gingen daaromheen, want de aarde is te onvolkomen om de goddelijke cirkelbeweging te hebben en moest dus wel stil in het midden staan. De maan is het dichtsbijzijnde deel van de perfecte wereld en daar komt de uitdrukking van “dit ondermaanse” vandaan. Naar diepere principe's werd ook niet meer gevraagd: een steen valt naar beneden, omdat dat in zijn aard ligt, enz. Er was dus ook geen plaats of noodzaak meer voor experimenten.

Vanaf dat moment stagneerde de wetenschappelijke ontwikkeling. Vernieuwend inzicht werd vervangen door een angst voor verandering en een verlangen naar stabiliteit. Experimenten ter vergroting van de kennis en het begrip van de wereld werden vervangen door dogma's. Deze smoorden ook ontwikkelingen in de kiem. Een voorbeeld daarvan is *Aristarchus van Samos* (ongeveer 310 – 230 v.Chr.), die methoden vond om de afstanden van zon en maan te schatten. Hij vond, dat de maan kleiner is dan de aarde en de aarde weer kleiner dan de zon. Nu zien we in een maand de maan rond de grotere aarde gaan en hij veronderstelde waarschijnlijk, dat het dan logisch (harmonisch) was als de kleinere aarde om de zon ging. En dit zou dan ook gelden voor de planeten. Dat verklaarde dan ook nog de onregelmatige bewegingen van die planeten aan de hemel. Maar dat was in tegenspraak met de dogma's en alhoewel zijn beeld en daarin de samenhang een nieuw inzicht gaven en –zoals we nu weten– grotendeels juist was, heeft Aristarchus weinig of geen volgelingen gehad.

Uiteindelijk vond de Griekse (Hellenistische) wetenschap zijn hoogtepunt in de beroemde school van Alexandrië (Egypte), waar het Museum werd ingericht met de meest uitgebreide collectie boeken, die in de oudheid bijeen is gebracht. Eeuwen bleef het het centrum van de

wetenschap, totdat het in AD 389 bij een opstand van Christelijke groeperingen grotendeels werd vernietigd en veel boeken verbrand. Nadat het in handen van de moslims kwam, werd het opgeheven; gelukkig zijn van meerdere boeken kopieën bewaard gebleven in de Arabische wereld.

Maar ook in die tijd werd weinig fundamenteel nieuws toegevoegd en beperkte men zich tot het opnieuw encyclopedisch verzamelen, herschrijven en becommentariëren van bestaande kennis. Hier schreef *Claudius Ptolemeus* (ongeveer AD 100 – 165) zijn *Almagest*; een samenvatting van de kennis, die men had van de beweging van de planeten en dat eeuwenlang het standaardwerk zou blijven. Het was gebaseerd op het Platonische en Aristotelaanse wereldbeeld, had de aarde in het centrum en beschreef de planeetbanen uitsluitend met combinaties van uniforme bewegingen op cirkels. De harmonie der sferen was verdwenen en het licht van de achterliggende samenhang voor eeuwen gedoofd.

Ook de Romeinse cultuur heeft hier weinig aan toegevoegd. Het opkomend Christendom aanvaardde graag Plato's ideeënwereld en het onderscheid van Aristoteles tussen het ondermaanse en hemelse. Immers het strookte met het onderscheid aarde en hemel en paste ook in het idee van de zondeval, waarbij de mens slechts de imperfecte, aardse wereld als zijn rijk overbleef. Met name de geschriften van *Sint Augustinus van Hippo* (354 – 430) hebben hieraan veel bijgedragen. In zijn "*Confessies*" (bekenntnissen) zet hij uiteen, hoe de mens bij de zondeval zijn mogelijkheid verloor de muziek der sferen te horen, dat alleen het Goddelijk Licht de ziel verlicht, waardoor er voor de Christen geen plaats meer is voor experiment en waarneming, en hoe de zonde van het "weten om het weten alleen" overwonnen dient te worden.

In dit alles zien we dus een parallel met de geestelijke ontwikkeling, ook in onze eigen tijd. Vooruitgang gaat nooit als een vooropgezette, rechte koers, maar telkens is er een zoeken naar een nieuwe koers. De stroom past zich aan aan het terrein, d.w.z. de geest van de tijd. Maar ook is er altijd het gevaar van verstikking in dogma's van vooropgezette ideeën, die de ontwikkeling voor lange tijd kan smoren. Overigens is dat wel begrijpelijk. Toen de Griekse beschaving over haar top was en het land werd geteisterd door onderlinge strijd en oorlog, was er begrijpelijk een verlangen naar stabiliteit en houvast. En ook het in een vijandige wereld ontwikkelende Christendom had behoefte aan vaste waarheden (dogma's).

### **Copernicus, Kepler: vernieuwing.**

Het eerste licht na de lange periode van winterslaap van de wetenschap zien we bij *Nicolas Copernicus* (1473 – 1543). Hij was een beschermeling van zijn oom Lucas Waczelrode, die bisschop was van Ermland in het huidige Polen. Copernicus werd door hem benoemd tot kanunnik (een soort wereldse geestelijke, die de eigendommen beheerde van de kerk) van de Frauenburg cathedraal. Hij had vooral in Italië (Bologna en Padua) gestudeerd. Wetenschap deed hij in zijn vrije tijd, waarvan hij waarschijnlijk veel om handen had.

Copernicus was in zijn hart een conservatief. De theorie van Ptolemeus bleek de precieze posities van planeten alsmear minder goed te beschrijven, hetgeen men oploste door het toevoegen van alsmear meer cirkels bovenop de bestaande en met andere kunstgrepen. Voor Copernicus was dit een doorn in het oog en hij wilde terug naar de oorspronkelijke ideeën van Plato en Aristoteles. Zijn model was uiteindelijk nauwelijks een verbetering, maar had één essentiël verschil. Hij vond, dat de beschrijving eenvoudiger kon worden gedaan door de zon (en niet de aarde) in het centrum te nemen. Zo werd hij een vernieuwer tegen wil en dank. Het is niet duidelijk, of Copernicus nu echt geloofde, dat de zon in het centrum staat, of dat hij het slechts als een gemakkelijk rekenmiddel beschouwde. In ieder geval presenteerde hij het als het laatste, maar het kan ook zijn geweest om zijn kerkelijke meerderen niet tegen de haren te in strijken. Zijn boek ("*Omwentelingen van de hemelse sferen*") werd pas omstreeks zijn dood uitgegeven nadat

hij het jaren had laten liggen en zich pas door anderen liet overhalen tot publikatie. Copernicus was in zijn hart een man van de middeleeuwen, maar zijn boek is een aanzet tot een nieuw denken geweest.

De echte grote vernieuwer was *Johannes Kepler* (1571 – 1630), die geboren was in Weil (Zuid-Duitsland) en die eerst werkte aan de universiteit van Gratz (nu in Oostenrijk). Vanaf heel vroeg was hij een sterke aanhanger van het Copernicaanse of heliocentrische (= zon in het centrum) model. Maar in zijn hart was hij een denker langs de lijnen van Pythagoras. Altijd zocht hij naar achtergrond en samenhang. In 1600 vertrok Kepler naar Praag om samen te werken met de Deense astronoom Tyche de Brahe, die daar juist was gaan wonen. Brahe was de beste waarnemer van zijn tijd en had een ongeëvenaarde hoeveelheid nauwkeurige waarnemingen van de planeten. Brahe stierf in 1601 en Kepler kreeg de beschikking over al zijn materiaal. In de eerste plaats rekende Kepler af met het bijna twee millennia oude dogma van de cirkelvormige banen en stelde de voor die tijd ongehoorde vraag, welke vorm de planeetbanen hadden en wat de waarnemingen daarover voor aanwijzingen bevatten. Het is zinvol hierbij even stil te staan. Voor bijna 2000 jaar was deze vraag niet gesteld en had men als vanzelfsprekend aangenomen, dat het cirkels *moesten* zijn. Natuurlijk, de Renaissance en de Reformatie hadden de tijd er “rijp” voor gemaakt, maar toch zien we hier het kenmerk van de vernieuwing en de opgang. Is het oude nog wel bruikbaar? Moeten we niet een andere koers volgen om niet te verstarren? En ook is er het besef, dat de waarheid van een andere tijd nog niet die van deze tijd of van de toekomst hoeft te zijn.

Al snel ontdekte Kepler, dat de waarnemingen maar één vorm voor de planeetbanen toelieten, namelijk de ellips (alhoewel slechts zeer weinig afgeplatte ellipsen en dus wel bijna cirkels). Keplers voorspellingen van de planeetposities aan de hemel waren dan ook veel nauwkeuriger dan die gebaseerd op de oudere begrippen. Daarbij kwam nog, dat de Italiaanse wetenschapper *Galileo Galilei* (1564 – 1642) in 1610 als eerste met een teleskoop de hemel systematisch waarnam en ontdekte, dat Jupiter vier satelieten heeft als een soort miniatuur zonnestelsel. Keplers boek over zijn nieuwe model van het zonnestelsel heette dan treffend “*De nieuwe Astronomie*”. Maar Kepler ging verder en zocht naar de harmonie in de bouw van het planetenstelsel. In de eerste plaats vond hij zijn “harmonische wet”, die aangaf hoe de afstand tot de zon en de tijd van een omloop om de zon samenhangen. Dit en de ellipsbanen hebben weer iets later (omstreeks 1687) *Isaac Newton* (1642 – 1727) in Engeland in staat gesteld zijn beroemde wetten van de zwaartekracht te formuleren.

In de tweede plaats ging Kepler terug naar de muziek der sferen van Pythagoras. Immers hij wist nu de banen en de snelheden daarin veel beter dan Pythagoras en berekende hun verhoudingen. Deze bleken heel dicht bij die van kleine getallen te liggen, net als dat geldt voor muzikaal harmonische intervallen. We weten nu, dat er geen direct verband is met muzikale intervallen, maar wel met verhoudingen van eenvoudige getallen via resonanties (zie verder), maar het punt is, dat Kepler aanvoelde, dat er een principe van harmonie en samenhang moest zijn, waarop zijn model van het zonnestelsel kon worden teruggevoerd. Kepler liet niet alleen verouderde dogma’s los, maar herstelde ook het experiment en het zoeken naar onderliggende samenhang in ere. Daarom gaf hij zijn boek, waarin hij de harmonische wet beschreef, de titel “*De Harmonie van de Wereld*”.

Deze periode kent ook het klassieke voorbeeld van de botsing tussen de vernieuwing en het behoudende in het konflikt tussen Galilei en de kerk. In 1633 werd Galilei gedwongen het heliocentrische wereldbeeld officieel en in het openbaar af te zweren op straffe van excommunicatie (uitstoting door de kerk). Weliswaar was Galilei in zijn geschriften onnodig provocerend geweest en had hij zich meerdere malen laatdunkend over andersdenkenden uitgelaten, maar de reactie van de gevestigde orde was gebaseerd op een bedreiging door veranderingen. Beide kanten zijn

ons allen bekend; denk maar aan de tekst “*Alles woelt hier om verandering en betreurt die dag aan dag; hunkert naar hetgeen hij zien zal, wenst terug wat hij eens zag*”. Pas heel recent, op 31 oktober 1992, heeft de katholieke kerk na 359 jaar haar “dwaling” formeel toegegeven, en dat nadat een commissie 13 jaar nodig had om de Paus zodanig te adviseren. In de kranten lezen we de begrijpelijke reactie van de wetenschap, die deze erkenning als nutteloos bestempelde; immers de wetenschappelijke waarheid had reeds eeuwen geleden gezegenvierd.

### **Harmonie in de muzikale schaal.**

Ons toonstelsel of muzikale schaal bestaat uit twaalf intervallen (de chromatische toonladder), waaruit we er dan voor verschillende toonladders zeven kiezen. De bekendste en meest gebruikte daarvan zijn die van de grote (do–re–mi, enz.) en kleine tert. Alhoewel Pythagoras reeds experimenteel vond, dat harmonische intervallen te maken hadden met verhoudingen van eenvoudige getallen, ging men zich in de ontwikkelende wetenschap afvragen, *waarom* wij die chromatische, muzikale schaal gekozen hebben. *Waarom* zijn die intervallen harmonisch? Een kenmerk van wetenschappelijke vraagstelling is namelijk die naar de samenhang als gevolg van een onderliggend principe. Dus het eenvoudige antwoord, dat dat nu eenmaal mooi klinkt, wordt vervangen door de moeilijke vraag naar de achtergrond. De verklaring, waaruit een nieuw inzicht voortkwam, werd gegeven door de Duitse natuurkundige *Hermann von Helmholtz* (1821 – 1894).

Elke toon, die een instrument voortbrengt, bestaat naast de grondtoon uit boventonen. Een snaar geeft niet alleen de toon, die hoort bij zijn lengte, maar b.v. ook die toon die hoort bij zijn halve lengte. Dat is een oktaaf hoger en kan gezien worden als een trilling van twee “halve” snaren aan elkaar vast. Maar er is ook een trilling mogelijk als drie snaren achter elkaar en die toon is *weer* een kwint hoger, enz. Dat geldt ook voor de luchtkolom in een blaasinstrument. Voor elk instrument is echter wel de verhouding van al die boventonen verschillend en daarom klinkt een hobo anders dan een dwarsfluit. Alleen de stemvork is zo geconstrueerd, dat deze bijna alleen in de grondtoon trilt. Zo’n grondtoon zonder boventonen klinkt erg saai, maar kan wel goed gebruikt worden om te stemmen.

Nu weten we ook, dat niet altijd twee zuivere tonen (dus zonder boventonen) aangenaam met elkaar samenklanken. Ze vormen nl. zwevingen, die sneller zijn naarmate ze verder uit elkaar komen te liggen. Als ze samenvallen (dan zijn die zwevingen er niet) of als ze verder dan ongeveer een kleine tert uit elkaar liggen, hebben we daar geen last van, maar als ze dichtbij elkaar liggen, horen we ze wel en ervaren dat als onaangenaam. Dit is bijvoorbeeld te horen bij het irriterende zweven als blokfluiten samenspelen, die niet goed gestemd zijn. Twee tonen klinken dan ook harmonieus of consonant als de grondtonen en alle combinaties van hoorbare boventonen precies samenvallen of voldoende ver van elkaar liggen, zodat ze geen waarneembare zwevingen geven. Von Helmholtz heeft nu uitgerekend door welke toonafstanden aan die condities werden voldaan en hij vond toen, dat je dan precies onze chromatische toonladder (dit zijn de witte en de zwarte toetsen op een piano samen) overhield en ook niets meer. Deze theorie verklaart dus niet alleen, waarom ons toonstelsel voor ons harmonieus klinkt, maar ook dat er geen andere mogelijkheden van consonante intervallen zijn. Met andere woorden, de verklaring is compleet en uitputtend. Ons toonstelsel is niet toevallig, maar terug te voeren tot een eenvoudige “verklaring”.

Naast het feit, dat er dus een reden is voor muzikale harmonie (hetgeen meer verwondering geeft dan alleen de constatering dat het mooi klinkt), zien we dus, dat harmonie ontstaat als zaken –in dit geval muziektönen– op elkaar zijn afgestemd. Die afstemming is in de muziek dus, dat de lengten van de trillende organen met elkaar in goede verhoudingen moeten staan, hetgeen hier betekent in een verhouding, die correspondeert met die van twee kleine, gehele getallen.

## **Resonanties.**

We gaan nu weer terug naar de harmonie der sferen, maar eerst moet iets gezegd worden over resonanties. Daarvoor kunnen we ook weer de muziek kiezen als illustratie. Resoneren betekent meeklinken en dat kunnen we bijvoorbeeld waarnemen als we zingen of op een instrument spelen in de buurt van een piano. Spontaan gaat dan de piano meeklinken. Dit komt, doordat de trilling van de lucht die snaar doet meetrillen, die daar gevoelig voor is, d.w.z. die juist de goede lengte en spanning heeft, waardoor hij zelf ook al bij het pianospelen die toon zou geven. De snaar “herkent” als het ware de geluidstrillingen als iets eigens en gaat meedoen. We zien hier natuurlijk ook onmiddellijk de parallel in de tussen-menselijke verhoudingen (ook het gebruik van het woord verhouding is niet toevallig, zoals harmonie te maken heeft met eenvoudige verhoudingen).

De harmonie der sferen van Pythagoras en Kepler in de bewegingen van de planeten om de zon was, zoals we boven zagen, ook terug te voeren op verhoudingen van kleine getallen. Dat Kepler deze vond is in de door hem gevolgde uitleg van muzikale intervallen weliswaar niet korrekt, maar het principe van eenvoudige verhoudingen was dat wel. Het is zo, dat de planeetbanen ook resonanties kennen. De nauwkeurigste is die tussen de twee grootste planeten Jupiter en Saturnus. Jupiter gaat in 11,87 jaar rond de zon en Saturnus in 29,46, bijna precies in een verhouding van 2 op 5 (om precies te zijn 2 op 4.96). Ook bestaat er zo’n resonantie van 8 op 13 tussen de omlooptijden van de aarde en Venus (in 8 jaar gaat Venus 12.88 keer rond de zon) en er zijn er nog meer te vinden. Deze ontstaan door de onderlinge zwaartekracht tussen die planeten, die weliswaar erg klein is ten opzichte van die van de zon. De zon bepaalt welke banen mogelijk zijn, maar die kleine onderlinge aantrekkingen kunnen planeten in iets andere, binnen het aantrekkingsveld van de zon mogelijke banen brengen, die meer met elkaar in overeenstemming zijn.

We komen dus tot de conclusie, dat de muziek der sferen inderdaad bestaat. Alleen niet als een hemelse, echte muziek, zoals Pythagoras en Kepler zich dat wel voorstelden, maar in dat harmonie, resonantie en eenvoudige verhoudingen aan de basis liggen van zowel de muziek als van de bewegingen in het zonnestelsel. Het basis principe, dat Pythagoras 2500 jaar geleden vond, geldt nog steeds; alleen begrijpen we dit nu op een tijdovereenkomstige manier. Zijn zoeken naar harmonie resoneert overigens ook aan ons moderne aanvoelen. De rivier van deze ontwikkeling heeft een grillige weg gevolgd, meegaand met de gedachten van de tijd, maar er stroomt nog steeds hetzelfde water in.

## **Nawoord.**

In bovenstaande lopen een aantal lijnen door elkaar heen. Het is goed deze als afsluiting afzonderlijk op te sommen.

1. Ontwikkeling gaat niet langs een vooraf uitgezette koers. Onderweg past deze zich aan. Als ik (in mijn geval vanuit Groningen) op reis ga, kan ik beginnen met de weg naar Assen te kiezen. Daar aangekomen pas ik mijn koers aan (in dit geval aan de bestaande wegen) en kies b.v. de weg naar Hoogeveen, enz. Ook ons begrip van de biologische evolutie verloopt naar moderne inzichten meer op deze wijze.
2. Vooropgezette ideeën en dogma’s kunnen de ontwikkeling voor lange tijd smoren. De waarheden van de ene tijd zijn die van de andere nog niet en het willen vatten van alles in eeuwig vaststaande kaders leidt tot verstarring. Het dogma van de perfecte beweging (Plato) en van de scheiding tussen ideale hemel en onvolkomen aarde (Aristoteles) heeft de vooruitgang van de natuurwetenschap bijna 2000 jaar stilgelegd. Toen de bestaande



theorie niet in staat bleek de verschijnselen te verklaren, werd teruggegaan naar de basis en de vraag gesteld of het uitgangspunt wel het juiste was.

3. Aan de basis van de muziek ligt hetzelfde principe als in de bewegingen in het zonnestelsel. Dat principe is harmonie en het uit zich in en wordt tot stand gebracht door resonanties. En resonanties zijn het gevolg van eenvoudige verhoudingen en het herkennen van iets vergelijkbaars in het andere, zonder dat dat andere dan ook in alle opzichten gelijk hoeft te zijn. Zo bewegen de planeten onder de invloed van de zon, maar ze passen hun banen aan om dan meer met elkaar in overeenstemming (weer het woord stemming) te zijn. Daarbij behouden ze toch wel een karakteristieke, eigen baan.
4. Er is in alles een onderliggende samenhang. Het zich afvragen of de overgeleverde waarden nog wel vruchtbaar zijn voor verdere ontplooiing leidt tot nieuwe inzichten en dieper begrip en besef van de samenhang. Dit gaat wel met horten en stoten. Daarom kunnen we in verwondering kennis nemen van de enorme vernieuwende kracht van enkele individuen en hun tijdgenoten, die dit inzagen. In bovenstaande zagen we dat opmerkelijke voorbeelden daarvan zijn Pythagoras en zijn volgelingen 2500 jaar geleden en 400 jaar geleden Kepler en zijn tijdgenoten (met name Galilei en Newton). Van Newton is de uitspraak “Dat ik verder kon zien, komt, omdat ik op de schouders sta van reuzen”.