Het wijsgeerig verleden der atoomtheorie

HET WIJSGEERIG VERLEDEN DER ATOOMTHEORIE

DOOR

A. G. M. VAN MELSEN

HET WIJSGEERIG VERLEDEN DER ATOOMTHEORIE

HET WIJSGEERIG VERLEDEN DER ATOOMTHEORIE

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN DOCTOR IN DE WIS- EN NATUURKUNDE AAN DE RIJKSUNIVERSITEIT TE UTRECHT, OP GEZAG VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS Dr H. R. KRUYT, HOOGLEERAAR IN DE FACULTEIT DER WIS- EN NATUURKUNDE, VOLGENS BESLUIT VAN DEN SENAAT DER UNIVERSITEIT TEGEN DE BEDENKINGEN VAN DE FACULTEIT DER WIS- EN NATUURKUNDE TE VERDEDIGEN OP MAANDAG 7 JULI 1941, DES NAMIDDAGS TE 4 UUR

DOOR

ANDREAS GERARDUS MARIA VAN MELSEN
GEBOREN TE ZEIST

AMSTERDAM - H. J. PARIS - MCMXLI

AAN MIJN OUDERS

VOORWOORD

Pas op het moment, dat men zelf met het schrijven van een voorwoord begint, beseft men ten volle de waarde eener traditie, welke den promovendus veroorlooft bij de voltooiïng van zijn proefschrift dank te brengen aan allen, die tot zijn academische vorming hebben bijgedragen.

In de eerste plaats dank ik U, oud-Hoogleeraren, Hoogleeraren, Lectoren en Docenten in de faculteit der Wis- en Natuurkunde, voor al hetgeen ik door colleges en practica van U mocht leeren en wanneer ik daarbij in het bijzonder aan U, Hooggeleerde K r u y t, Hooggeachte promotor, denk, dan kan ik niet nalaten bij de colleges en practica de vele conferenties en besprekingen over „Het Universiteitsvraagstuk" te voegen. Het was mij een voorrecht hierdoor in de gelegenheid te zijn U en Uw „universeelen" blik op dit vraagstuk nader te leeren kennen.

Dankbaar denk ik terug aan den grooten invloed, welke deze kennismaking op mijn academische vorming in den ruimsten zin van het woord heeft gehad.

Zeer erkentelijk ben ik U voor het feit, dat Gij indertijd het plan van de thans voor U liggende studie als „proefschrift in wording" wildet aanvaarden, maar meer nog ben ik U dankbaar voor de wijze, waarop Gij mij van Uw daadwerkelijke belangstelling hebt doen blijken en voor de vele raadgevingen, welke daar het gevolg van zijn geweest.

Hooggeleerde H o e n e n, ik ben mij diep bewust van het vele, dat ik aan U te danken heb, want niet alleen zijn het Uw publicaties geweest, welke mij een algemeen inzicht verschaft hebben in de natuurfilosofie, doch het is ook Uw persoonlijke steun geweest, welke mij talrijke moeilijkheden aan het bewerken van dit proefschrift verbonden, heeft helpen overwinnen. Nimmer deed ik tevergeefs een beroep op Uw hulpvaardigheid en Uw kennis, waarvoor mijn bewondering gegroeid is naar de mate, dat ik zelf meer met de problemen der natuurfilosofie vertrouwd raakte.

Hooggeleerde van den Berg, het beoefenen der natuurfilosofie veronderstelt een algemeene wijsgeerige scholing. Den grondslag daartoe heb ik gekregen in Uw colleges en de door U geleide disputen, den verderen uitbouw in de vele gesprekken en discussies, welke ik in latere jaren met U mocht hebben, in het bijzonder denk ik daarbij aan den tijd, dat ik U als „chauffeur" naar Uw Wageningsche colleges vergezelde, de „fooien" in den vorm van het „napraten" tijdens den terugtocht heb ik tot een voor mij kostbaar wijsgeerig kapitaaltje opgespaard.

Zeergeleerde Strengers, U ben ik zeer veel dank verschuldigd voor de gelegenheid, welke Gij mij gegeven hebt in mijn assistentsjaren bij U dit proefschrift te bewerken. Voor Uw voortdurende belangstelling en aanmoediging, gepaard aan den daadwerkelijken steun, mij verschaft met het ter mijner beschikking stellen van een voortreffelijke technische uitrusting voor het maken van fotocopieën, zeg ik U bijzonder hartelijk dank.

Het kon niet anders of de aard van dit proefschrift heeft menigmaal mijn gedachten doen teruggaan naar mijn gymnasiumtijd, ik stel er prijs op U, Directeur en leeraren van het „College" te Roermond op deze plaats te verklaren, dat het immer dankbare gedachten waren.

Tenslotte dank ik mijn collega's en vrienden, die mij op de een of andere wijze behulpzaam zijn geweest; erkentelijk ben ik ook voor de vlotte medewerking der bibliothecarissen en het personeel van verschillende Nederlandsche bibliotheken, waaruit ik vaak zeer zeldzame werken ter leen mocht ontvangen.

INHOUD

Blz.

HOOFDSTUK III

DE ONTWIKKELING DER MINIMA-NATURALIALEER

HOOFDSTUK IV

HERLEVING VAN HET WIJSGEERIG ATOMISME

HOOFDSTUK V

VERSMELTING VAN DE VERSCHILLENDE WIJSGEERIGE THEORIEËN OVER KLEINSTE STOFDEELTJES

INLEIDING

In welhaast ieder leerboek der chemie vindt men vermeld, dat de atoomtheorie al zeer oud is en eigenlijk afkomstig is van twee Grieksche wijsgeeren uit de 5e eeuw voor Christus: Leucippus en Democritus. Veel verder reikt echter de gemiddelde kennis van den chemicus of physicus niet, met Dalton begint voor hem de geschiedenis der atoomtheorie pas interessant te worden en in zekeren zin heeft hij gelijk: eerst Dalton gaf immers de gestalte aan de atoomtheorie, welke voor de natuurwetenschap bruikbaar is. Wat daarvoor lag mocht voor den wijsgeerig of historisch georiënteerden van belang zijn, directe natuurwetenschappelijke beteekenis had het niet.

De ontwikkeling der atoomtheorie in de 20e eeuw heeft echter talrijke wijsgeerige kwesties opgeworpen, die merkwaardigerwijze veel overeenkomst vertoonen met de problemen, welke de wijsgeeren vóór Dalton hebben beziggehouden. Dit maakt de kennis van het verleden der atoomtheorie ongetwijfeld aantrekkelijker dan voorheen, het vormt echter nog geen rechtstreeksch argument haar te bestudeeren. Dit moet elders gezocht worden en wel daarin, dat het juist de *wijsgeerige* fundamenten van de 19e eeuwsche atoomtheorie zijn, welke ondeugdelijk bleken. Nu zijn deze fundamenten in een lang verleden gelegd en zonder inzicht in het verleden der atoomtheorie is het uitermate moeilijk zich een juist beeld te vormen van de eigenaardige wijsgeerige structuur van deze fundamenten. En toch is het voor den natuurwetenschapsbeoefenaar van vandaag niet onbelangrijk om zich dit juiste beeld te vormen, het zal hem anders moeilijk vallen de draagwijdte van de wijsgeerige moeilijkheden, waar de moderne atoomtheorie mee worstelt, in te zien.

Dat de fundamenten der 19e eeuwsche atoomtheorie zoo'n sterk wijsgeerig karakter vertoonden, behoeft niet te verwonderen, in het verleden immers gingen wijsbegeerte en natuurwetenschap hand in hand en werden praktisch altijd samen beoefend. (Wordt de faculteit der wis- en natuurkunde nog steeds niet de natuurfilosofische genoemd?). Het feit, dat vroeger de band tusschen wijsbegeerte en natuurweten-

schap zoo eng was, vindt een ongedwongen verklaring in den aard der wetenschapsbeoefening zelf en de hieruit natuurlijkerwijze voortvloeiende ontwikkeling der wetenschap.

Wetenschapsbeoefening is het methodisch streven van den mensch naar kennis, welke begrip geeft van waargenomen en geconstateerde verschijnselen.

Anders dan de zintuigelijke kennis, welke slechts waarneemt, speurt de wetenschappelijke kennis naar onderlinge verbanden, zij legt zoodoende wetmatigheden vast en zoekt deze te begrijpen.

In den aanvang van de wetenschapsbeoefening had het waargenomen feitenmateriaal niet een dusdanigen omvang, dat het voor één mensch onmogelijk was, het in zijn geheel te overzien. En daar zulks uiteraard de meest ideale toestand is, streefde de mensch er ook naar. Er was in die dagen eigenlijk slechts één wetenschap: de wijsbegeerte, die dan ook de pretentie had het geheel der menschelijke kennis in één algemeen verband te omvatten.

Natuurlijk maakte men reeds vroegtijdig binnen de eene wetenschap onderscheidingen naargelang de verschillende gebieden, waarover de menschelijke kennis zich ging uitstrekken, zooals de kennis der hemellichamen, der levenlooze en der levende natuur, doch dit alles bleef besloten binnen het algemeene verband.

Bij dezen stand van zaken veronderstelde het op wetenschappelijke wijze beoefenen van elk „vak" een algemeene wetenschappelijke (dat is dus wijsgeerige) scholing, deze immers opende de mogelijkheid op wetenschappelijke wijze orde te scheppen in de veelheid der verschijnselen, echter niet alleen van het betreffende vak, doch ook van alle andere, daar er slechts één wetenschappelijke, uiteraard zeer algemeene, methode bestond.

Geleidelijk aan groeide de detailkennis op elk vakgebied in omvang en diepte, daardoor ontstonden wetenschappelijke theorieën, die slechts de bedoeling hadden het feitenmateriaal van één vakgebied te ordenen. Voorloopig bleef de band met de wijsbegeerte nog wel bestaan, zij bleef de algemeene wetenschap bij uitstek, tot tenslotte ook deze band verbroken werd en iedere wetenschap haar eigen weg ging. Vanaf dit moment was het niet meer mogelijk, dat één mensch het geheel der wetenschappen kon overzien, niet zoozeer, omdat het feitenmateriaal te uitgebreid geworden was, doch veelmeer, omdat iedere wetenschap

haar eigen methoden en theorieën ontwikkeld had, die zoozeer uit elkaar liepen, dat het eenvoudig onmogelijk werd zich in alle in te werken. Daar komt nog bij dat het steeds dieper gaande onderzoek met de daarmee correspondeerende verfijning van het apparaat en de methodiek den onderzoeker zoo opeischen, dat hij geen tijd meer heeft om nog iets anders te zien dan het eigen exploratiegebied en hoogstens dat van een verwant vak.

Deze beperking is noodzakelijk geworden, voor het voortschrijden der wetenschap is een efficiente functieverdeeling noodig.

Is hiermede in feite echter iedere band met de oude wijsbegeerte doorgesneden? Om meer dan één reden niet geheel.

De verschillende wetenschappen zijn ontsproten aan de ééne oude wijsbegeerte en hoe stormachtig de latere ontwikkeling ook verloopen moge zijn, alle kenmerken der afkomst zijn niet verloren gegaan, en zij zullen dat ook nooit doen, want niettegenstaande het groote verschil in methodiek blijft het dezelfde menschelijke geest, welke op al de verschillende gebieden werkzaam is, derhalve zal ook iedere wetenschap te allen tijde het kenmerk van dezen menschelijken geest blijven dragen. Zoo werkt iedere geleerde met dezelfde centrale begrippen als: geheel en deel, oorzaak en gevolg, regelmaat en toeval om slechts enkele te noemen. Deze begrippen hebben altijd een min of meer algemeen en fundamenteel, d.i. *wijsgeerig* karakter.

Het is te begrijpen, dat de wijsbegeerte zich in den lateren tijd, toen haar hulp niet meer direct noodig was voor de wetenschappelijke vakkennis, steeds meer is gaan bezig houden met de meest algemeene begrippen en evenzeer met de begripsmatige menschelijke kennis als zoodanig, zij heeft getracht de grenzen dezer kennis op te sporen; het zijn tevens de grenzen, die aan iedere wetenschap gesteld moeten worden. Van een alles omvattende wetenschap is de wijsbegeerte steeds meer een „theorie van het kennen" geworden, al bleef daarnaast in beperkte mate haar metaphysisch en ethisch aspect bewaard.

Het scheen echter of de natuurwetenschap de wijsbegeerte als leer over de algemeene en fundamenteele begrippen niet meer noodig had, de natuurwetenschap beschikte immers zelf over een stel fundamenteele begrippen, welke haar in staat stelden haar eigen problemen op te lossen. Pas op het moment, dat er een begripscrisis uitbrak, kwam ook het besef weer boven, dat er een wijsbegeerte bestond, die zich ex

professo met de begrippenleer bezig hield, toen herleefde ook de belangstelling voor de wijsbegeerte. Een van de gebieden, waar de begripscrisis het markantste tot uiting kwam, was de atoomtheorie en dit zal niemand verwonderen, wanneer men zich slechts rekenschap geeft, dat er haast geen gebied is geweest, waar de wijsbegeerte in het verleden zoo vormgevend op een physische theorie heeft ingewerkt als juist op de atoomtheorie. Meer dan van welk ander onderdeel der natuurwetenschap draagt dan ook de historie der atoomtheorie een wijsgeerig karakter.

Vele malen is deze historie reeds geschreven, bekend is vooral het magistrale werk van K. Lasswitz, *Geschichte der Atomistik*. Dit is echter geschreven tegen het einde der vorige eeuw en sedert dien heeft de ontwikkeling der atoomtheorie een dermate groote verandering ondergaan, dat ook op het verleden een geheel ander licht is komen te vallen.

Verschillende problemen uit het verleden, welke vanuit het standpunt der 19e eeuwsche atoomthorie onbelangrijk leken en dientengevolge door Lasswitz e.a. nauwelijks zijn aangeraakt, blijken thans van zeer groot gewicht. Daarenboven was in de 19e eeuw van de Middeleeuwsche theorieën zeer weinig bekend, in het algemeen heerschte de overtuiging, dat de Middeleeuwen in het geheel geen atoomtheorie gekend zouden hebben, zoodat belangrijke gegevens voor een volledige historiebeschrijving ontbraken.

Hoewel het nu aanvankelijk onze bedoeling was slechts enkele problemen uit het verleden der atoomtheorie te onderzoeken, problemen, welke met het zoojuist gezegde ten nauwste verband houden, bleek het resultaat van dit onderzoek aanleiding te geven tot, op menig punt, nieuwe inzichten in het *geheele* wijsgeerige verleden der atoomtheorie. Daarom heeft dit werk het karakter gekregen van een tamelijk volledig, zij het zeer beknopt, historisch overzicht.

Welke waren dan de problemen, welke in het bijzonder onze belangstelling hadden? Zij waren gedeeltelijk van historischen, gedeeltelijk van wijsgeerigen aard.

Daar de historische het beste uitkomen tegen den achtergrond van de traditioneele historische beschouwingswijze, zooals deze tegen het einde der 19e eeuw algemeen gangbaar was, is het zaak deze beschouwingswijze in enkele trekken weer te geven.

De historicus ziet in het atomisme van de Grieksche wijsgeeren Leucippus en Democritus den eersten aanloop tot de moderne atoomtheorie. Daar deze wijsgeeren op louter *wijsgeerige* gronden tot de conclusie kwamen, dat de wereld opgebouwd moest zijn uit zeer kleine ondeelbare atomen, bestempelt men hun systeem met *wijsgeerig* atomisme.
Dit wijsgeerig atomisme met al zijn voor de natuurwetenschap vruchtbare initiatieven is echter niet overgenomen door de iets later levende grootste wijsgeeren der Grieksche oudheid, Plato en Aristoteles, waardoor het weer op den achtergrond is geraakt en ook gebleven is gedurende de bijna 2000 jaar (400 j. v. Chr. tot 1600 j. n. Chr.), dat beide genoemde wijsgeeren, Aristoteles in het bijzonder, de wijsgeerige en wetenschappelijke gedachtenwereld geheel beheerschten. Doch niet alleen kon in dit tijdsbestek de atomistische gedachtengang niet doorbreken, met Aristoteles' oppositie tegen het atomisme ging daarenboven nog een verkeerd inzicht in de grondbeginselen der mechanica gepaard en zoo valt het dan te begrijpen, dat in de Middeleeuwen van een werkelijke natuurwetenschap geen sprake kon zijn. Deze kreeg pas een kans, toen betere inzichten in de mechanica Aristoteles' suprematie ten val brachten (Galileï) en daarmee tevens den weg vrijmaakten voor een herleving der atoomtheorie (Gassendi—Descartes).
De echte natuurwetenschap zou dus practisch pas in de 17e eeuw een aanvang nemen. (Huygens - Newton - Boyle).
Een gevoelige knak kreeg deze al te simpele opvatting [1]) van de historie der natuurwetenschap, toen o.a. de physicus P. Duhem in het begin der 20ste eeuw in talrijke studiën overtuigend aantoonde, dat de Middeleeuwers lang niet zoo slaafs Aristoteles navolgden, als gewoonlijk aangenomen werd.
Een grondige studie der werken van verschillende magistri der Parijsche Universiteit uit de 14e eeuw deed hem tenslotte neerschrijven: „C'est de cette tradition parisienne que Galilée et ses émules furent les heritiers. Lorsque nous voyons la science d'un Galilée triompher du

---

1) In bepaalde kringen treft men ze nog wel aan. Zoo schrijven A. Einstein en L. Infeld in *Drie Eeuwen Physica* (1938!) „De pogingen om het groote, raadselachtige boek der natuur te lezen, zijn al even oud als het menschelijke denken zelf. Maar slechts ruim driehonderd jaar geleden begonnen de geleerden iets van het gelezene te begrijpen", blz 3.

Péripatétisme buté d'un Cremonini, nous croyons, mal informés de l'histoire de la pensée humaine, que nous assistons à la victoire de la jeune Science moderne sur la philosophie médiévale, obstinée dans son psittacisme; en vérité nous contemplons le triomphe, longuement préparé, de la science qui est née à Paris au XIVième siècle sur les doctrines d'Aristote et d'Averroès, remises en honneur par la Renaissance italienne" [1]).

Dit geldt niet alleen voor Galilei, doch ook voor Newton en Descartes.

„Ceux-là même, qu'il est de mode d'appeler créateurs, les Galilée, les Descartes, les Newton, n'ont formulé aucune doctrine qui ne se rattache par des liens innombrables aux enseignements de ceux qui les ont précédés.

Une histoire trop simpliste nous fait admirer en eux des colosses nés d'une génération spontanée, incompréhensibles et monstrueux dans leur isolement; une histoire mieux informée nous retrace la lonque filiation dont ils sont issus" [2]).

Duhem's onderzoekingen waren vooral gericht op de historie der mechanica (waaronder die der hemellichamen), zij hadden echter het algemeene resultaat, dat in breeden kring meer respect kwam voor het natuurwetenschappelijk werk der Middeleeuwen. Doch dit deed geen afbreuk aan het feit, dat het aan geen twijfel onderhevig leek of voor de ontwikkeling der *atoomtheorie* hadden de Middeleeuwen alleen negatieve waarde.

De laatste jaren verschenen er echter verschillende publicaties van de hand van den natuurfilosoof Hoenen [3]), die onweerlegbaar bewees, dat ook Aristoteles er een theorie over kleinste stofdeeltjes op na heeft gehouden, welke theorie in de Middeleeuwen aan Thomas van Aquino b.v. zeker bekend was en, althans volgens het getuigenis van enkele 16e eeuwsche filosofen, Toletus en Pererius, door Hoenen als bewijs geciteerd [4]), zelfs algemeen verbreid moet zijn geweest.

---

[1]) P. Duhem: *Études sur Léonard de Vinci, troisième série: Les précurseurs Parisiens de Galilée.* Paris 1913, blz. VI.

[2]) P. Duhem: *Études sur Léonard de Vinci, première série.* Paris 1916, blz. 1.

[3]) met name diens handboeken: *Cosmologia.* Rome 1936; *Philosophie der anorganische natuur.* Antwerpen—Brussel 1938 en verder vele tijdschriftartikelen.

[4]) P. Hoenen: *Cosmologia,* blz. 511, *Phil. der anorg. natuur,* blz. 104.

Hoenen heeft zich vooral beziggehouden met de essentieele trekken van deze Aristotelische theorie en daarbij gevonden, dat er een zekere verwantschap bestond met de atoomtheorie, zooals D a l t o n deze in het begin der 19e eeuw geformuleerd had.
Zooals bekend ging Dalton er van uit, dat ieder chemisch element zijn eigen atomen had, welke specifiek verschilden van de atomen van andere elementen.
Hoe gewoon deze opvatting van Dalton voor den tegenwoordigen chemicus ook is, er zat dit merkwaardige in, dat Dalton hiermee een der fundamenteelste principen der wijsgeerige atoomleer verwierp, terwijl het tegelijk vaststaat, dat het juist het in de 17e eeuw herleefde wijsgeerige atomisme was, dat Dalton tot het idee zijner atoomtheorie gebracht heeft.
Bij dezen stand van zaken blijkt de beteekenis van de vondst van Hoenen, dat een der principen der Aristotelische leer over de kleinste stofdeeltjes was, dat elk element zijn eigen specifieke kleine deeltjes heeft, welk principe dus overeenkomt met een der grondgedachten van Dalton.
De contouren van de historische problemen, welke ons interesseerden, beginnen zich nu af te teekenen.
Wanneer het waar is — wat wij nader wilden onderzoeken — dat in de Middeleeuwen een Aristotelische theorie over kleinste stofdeeltjes vrijwel algemeen geaccepteerd werd, bestaat dan niet de mogelijkheid, dat deze theorie in de 17e en 18e eeuw nog is blijven voortleven, zoodat Dalton daaraan het idee van specifieke atomen voor ieder element te danken heeft?
Dit is echter niet de eenige mogelijkheid, het kan ook zijn, dat er in de 17e eeuw een versmelting heeft plaats gehad van het herleefde wijsgeerig atomisme met de Aristotelische theorie en dat het bij deze versmelting de Aristotelische theorie was, welke het idee van specifieke atomen toevoegde aan de elementen, welke D a l t o n aan het wijsgeerig atomisme ontleende.
Er is tenslotte nog een derde mogelijkheid, welke daarin bestaat, dat de Aristotelische theorie in de 18e eeuw geheel verdwenen was, zoodat Dalton, louter door physische en chemische redenen genoopt, weer specifieke atomen heeft aangenomen.
De laatste mogelijkheid lag het meest voor de hand, daar er in de his-

torische werken, welke handelen over de 16e, 17e en 18e eeuw vrijwel geen sprake is van een Aristotelische leer, welke met een of ander begrip van kleinste stofdeeltjes werkte.
Doch zelfs in dit laatste geval bestond er alle reden de bestudeering van de Middeleeuwsche theorie ter hand te nemen, want het was toch wel uitermate interessant te weten, dat ook de Middeleeuwen een soort atoomleer op Aristotelischen grondslag gekend hebben, waarvan een der wezenstrekken overeenkwam met de latere atoomtheorie van Dalton.
Toch zal blijken, dat niet de laatste, doch de tweede mogelijkheid de historische waarheid het meest nabij komt.
De Middeleeuwen hebben een behoorlijk opgezette corpusculairtheorie gekend, welke in de 17e eeuw versmolten is met het herleefde wijsgeerig atomisme en het was juist deze versmelting, die het aanschijn gegeven heeft aan de 19e eeuwsche atoomtheorie.
Deze korte aanduiding wijst reeds direct op de onjuistheid der gangbare historische beschouwingswijze van de ontwikkeling der atoomtheorie. Zij komt voort uit onbekendheid met de Middeleeuwsche wijsbegeerte en theorieën, doch daarmee is zij nog niet geheel verklaard. Er is nog een andere factor, welke er zeer veel toe heeft bijgedragen, dat men zoo'n onjuist beeld kreeg van het wijsgeerig verleden der atoomtheorie.
De historici gingen uit van een zeer bepaalden wijsgeerigen kijk op de atoomtheorie, welke scheen bevestigd te worden door de physische resultaten van deze theorie en zoo kwam men er toe in het verleden alleen die wijsgeerige elementen van belang te achten, welke overeenkwamen met de wijsgeerige waardeering der physische atoomtheorie van die dagen. Daar nu sedert het einde der 19e eeuw deze wijsgeerige visie echter radicaal veranderd is door de nieuwere ontwikkeling der atoomtheorie, is het zeer wel mogelijk, dat er in het verleden gegevens te vinden zijn, die weliswaar voor de 19e eeuwsche atoomtheorie van geen belang zijn, doch wel voor die der 20e eeuw, het is zeer wel mogelijk, dat de wijsgeerige bezwaren, welke de Middeleeuwers ervan weerhouden hebben het wijsgeerig atomisme van Democritus te accepteeren, thans beter gewaardeerd kunnen worden dan in de 19e eeuw. En op dit gebied lagen de wijsgeerige problemen, welke ons in het bijzonder interesseerden.

Beteekent de kritiek, welke wij op den al te eenzijdigen kijk van vroegere historici uitoefenden, dat dit werk geschreven is zonder een bepaalde wijsgeerige overtuiging, om van eenzijdigheid gevrijwaard te zijn?
„Sollen wir zur Geschichte der Philosophie keine eigene Philosophie mitbringen, so heisst dies, wir sollen für ihre Behandlung den unwissenschaftlichen Vorstellungen vor wissenschaftlichen Begriffe den Vorzug geben" [1]).
Hoewel wij ons zelf het meest tot de grondbeginselen der Aristotelische filosofie aangetrokken voelen, hebben wij getracht zoo objectief mogelijk na te gaan, wat de moderne atoomtheorie in haar historischen groei aan de verschillende wijsgeerige systemen van het verleden te danken heeft. Dit blijft altijd uitermate moeilijk om de eenvoudige reden, dat het veel gemakkelijker is de wezenstrekken van het eigen of een daarmee nauw verwant systeem op de juiste waarde te schatten dan die van een ander systeem.

Na het voorafgaande behoeft de opzet van dit werk verder weinig toelichting.
In het eerste hoofdstuk wordt het wezenlijke van de theorieën der Grieksche denkers: Democritus en Aristoteles uiteengezet, voorzoover dit van belang is voor de atoomtheorie. (Hoofdstuk I).
Dan volgt een schets van den historischen gang dezer theorieën tot in de 17e eeuw (Hoofdstuk III, IV), voorafgegaan door een algemeen overzicht van de historie der wijsbegeerte en der wetenschap van den Griekschen tijd af tot aan de 17e eeuw. (Hoofdstuk II).
Bijzondere aandacht hebben wij besteed aan wat zich in de 17e eeuw precies heeft afgespeeld. Teneinde een goed inzicht te verkrijgen in het wezenlijke der in deze eeuw elkaar bestrijdende wijsgeerige theorieën — noodig om haar afzonderlijke verdiensten voor de latere natuurwetenschappelijke atoomleer op de juiste waarde te schatten — hebben wij een confrontatie der verschillende wijsgeerige theorieën ingelascht. (Hoofdstuk V, 1). Deze confrontatie biedt tevens een ongezochte gelegenheid eenige zeer belangrijke historische misvattingen te signaleeren.

---

1) Zeller: *Philosophie der Griechen I*, 6. Aufl., blz. 20.

De analyse van Boyle's corpusculairtheorie toont vervolgens aan, dat hierin elementen van de even te voren besproken wijsgeerige theorieën vereenigd zijn, welke vereenigd gebleven zijn, èn bij Dalton èn bij de moderne atoomtheorie. (Hoofdstuk V 2, VI en VII).

Het zal den lezer wellicht vreemd aandoen, dat wij in deze inleiding niet ingingen op de vraag, wat nu eigenlijk wijsbegeerte is. Het geschiedde met opzet. Bij uitstek geschikt is immers voor dit doel — volgens een haast ongekende communis opinio onder de filosofen — een uiteenzetting van de problemen der Grieksche wijsbegeerte.

Wij hopen, dat onze uiteenzetting daar ter plaatse ook den niet ingewijden iets duidelijk maakt van het bestaansrecht en den omvang der problemen van de wijsbegeerte. Uiteraard beperken wij ons tot de problemen der materie en wel hoofdzakelijk van de niet-levende stof.

De aard van dit werk brengt met zich mee, dat citaten, aan de oude wijsgeeren en natuurwetenschapsbeoefenaren ontleend, een wezenlijk deel van de tekst vormen. Een groot deel daarvan moest noodzakelijkerwijs vertaald worden.

Teneinde nu de eenheid niet te schaden hebben wij ook de citaten uit moderne talen in vertaling weergegeven, tenminste voorzoover het schrijvers geldt, wier theorieën als zoodanig tot het onderwerp van dit werk behooren. Waar de oorspronkelijke tekst van wezenlijk belang is, vindt de lezer deze in de noten.

Wij spraken boven over de noodzakelijke functieverdeeling in de moderne wetenschap, het is met het oog daarop, dat wij de hoop uitspreken, dat dit werk den beoefenaar der natuurwetenschap, wien het aan tijd en mogelijkheid ontbreekt, zich actief bezig te houden met het wijsgeerig verleden der atoomtheorie, een overzicht biedt, hetwelk zijn inzicht in dit verleden verrijkt.

HOOFDSTUK I

DE GRIEKSCHE FILOSOFIE

1 - ALGEMEENE KARAKTERTREKKEN

De beteekenis van de Grieksche filosofie kan moeilijk te hoog worden aangeslagen. Niet alleen, dat de Europeesche wijsbegeerte daar een aanvang neemt, maar hetzelfde geldt in bepaald opzicht eigenlijk voor elke wetenschap. Het streven naar kennis is zoo oud als de mensch zelf, doch de methode, waarop, althans in het Westen, de begrips-matige kennis systematisch nagestreefd werd en aldus tot wetenschap gevoerd heeft, is in Griekenland ontstaan.

Wij, in het bezit van een kultuurtaal, waardoor wij van jongsaf de mogelijkheid hebben ons uit te drukken in passende begrippen, beseffen veel te weinig, welk een rijk bezit een kultuurtaal is. Wij aanvaarden haar als iets vanzelfsprekends en vinden het heel gewoon, dat de begrippen, welke onze taal bezit, ons in staat stellen wetenschappelijke gegevens en resultaten behoorlijk uit te drukken. Dat dit zoo is, danken wij echter grootendeels aan de Grieksche wijsgeeren, die de begrippen, welke het best in staat blijken wetenschappelijke kennis vast te leggen a.h.w. hebben ontdekt, bewaard en verder ontwikkeld.

Alleen al door het scheppen van een wetenschappelijke begrippentaal, zijn de Grieksche wijsgeeren de grondleggers van de geheele moderne wetenschap van het Westen. Daar komt nog bij dat reeds menige tak van wetenschap haar succesvolle beoefenaars in Griekenland vond, een reden te meer om in dit land de bakermat van de westersche wetenschap te zien. De Grieken kenden echter — zeker in den aanvang niet — verschillende vakwetenschappen in den modernen zin, voor hen bestond er slechts één wetenschap, de filosofie, die zich uitstrekte over het geheel van alle dingen, waarvan de mensch kennis kan

hebben [1]). Toch maakt het oeuvre van een Grieksch wijsgeer allerminst den indruk van een encyklopedie, die immers ook over alles „kennis" verstrekt. Er is een fundamenteel verschil tusschen de opvatting van een Grieksch wijsgeer en die van een modernen encyklopedist, al is beider kennis algemeen. De laatste tracht n.l. van elk ding afzonderlijk zoo gecomprimeerd mogelijk allerlei detailkennis te verstrekken, b.v. van allerhande chemische stoffen, van bloemen, planten, boomen, dieren. De Griek dacht ook over de afzonderlijke kenmerken van al deze zaken na, maar hij zocht evenzeer naar al datgene, wat zij gemeen hadden, en dat was in de eerste plaats, dat zij er *waren*. En even onmiddellijk trok het zijn aandacht, dat de stoffen en de dieren er niet alleen *waren*, maar dat deze geen oogenblik hetzelfde bleven, voortdurend *veranderden*.

Uit de verwondering over *wat is* en *wat verandert*, is de Grieksche wijsbegeerte geboren. Terwijl wij ons beperken tot de studie der diverse soorten van verandering en over de *verandering als zoodanig* niet meer plegen na te denken, deden de Grieken zulks wel en dank zij het feit, dat zij het zoo intens gedaan hebben, kunnen wij het begrip verandering zonder meer gebruiken en toepassen op de talrijke veranderingen, welke wij in onze wetenschappen bestudeeren. Wil men eenig begrip krijgen van de algemeene tendens der Grieksche wetenschap, dan moet men zich van het bovenstaande goed rekenschap geven. De Grieksche wijsgeeren zochten vóór alles naar een algemeene theorie, welke een verklaring trachtte te geven van de *mogelijkheid van verandering*, iets waaraan al wat is, al het zijnde, onderworpen scheen, zooals reeds de oppervlakkige waarneming hen leerde.
De algemeene theorie werd vervolgens toegepast op alle mogelijke veranderingen en verschijnselen en in dezen zin was er ook plaats voor de speciale wetenschappen als mathematica, astronomie, biologie, physica, ethica, enz., zij vormden echter slechts onderdeelen der eene ongedeelde wetenschap.
Dit moge ons in het bezit van zooveel belangwekkende en volledig afgeronde wetenschappen vreemd lijken, bij nader toezien is het dat toch niet. De mensch heeft te allen tijde de neiging afzonderlijke feiten

---

[1]) Een uitzondering moet gemaakt worden voor de meetkunde en de astronomie.

en verschijnselen in een grooter verband te vereenigen, zoo de Griek, zoo ook wij. Wij beschikken echter thans op schier elk gebied over een dergelijk feitenmateriaal, dat wij genoeg te doen hebben, dit feitenmateriaal, b.v. op chemisch gebied, binnen een speciale wetenschap in verband te brengen, zoodat onze wetenschappelijke zin daardoor grootendeels bevredigd wordt.

Bij de Grieken was dit anders, hun speciale kennis was beperkt, vandaar dat hun wetenschappelijke zin zich veeleer tot het *geheel* der dingen richtte. Volgens Zeller was de Grieksche geest daarenboven nog bijzonder geëigend voor een algemeene wetenschap: „der eigentümliche Formsinn der Griechen läszt ihn bei der vereinzelten Betrachtung der Dinge nicht stehen bleiben, zugleich sind auch seine Kentnisse ursprünglich so dürftig, dasz sie ihn ungleich weniger als bei uns beim Besondern festhalten; so richtet sich denn sein Blick von Anfang an auf die Gesamtheit der Dinge, und erst nach und nach haben sich aus dieser Gesamtwissenschaft die besondern Wissenschaften abgezweigt" [1]).

Is het doel van de Grieksche wijsgeeren dus immer een algemeene wetenschap te geven, dit wil geenszins zeggen, dat de stelsels der onderscheiden wijsgeerige denkers vrijwel gelijk zijn.

Integendeel, binnen den kring der Grieksche wijsbegeerte zien wij vroeger of later al die verschillende wereldbeschouwingen zich ontwikkelen, welke in later eeuwen tot op den huidigen dag de aandacht der menschheid gespannen houden. Daaraan ontleent de geschiedenis der Grieksche wijsbegeerte haar aantrekkelijkheid. Deze te schetsen is echter niet onze taak. Voor ons heeft het alleen belang na te gaan, welke wijsgeerige systemen van invloed geweest zijn op de ontwikkeling der begrippen atoom en molecuul, die in de moderne natuurwetenschappen reeds vanaf de schoolbanken zoo'n vertrouwde klank hebben. Twee systemen komen daarvoor in aanmerking, dat van Democritus [2]) en dat van Aristoteles.

Beider systemen verschillen aanmerkelijk, tweeduizend jaar is er door de wederzijdsche aanhangers verwoed gestreden, het gelukkige resultaat zijn de moderne begrippen atoom en molecuul, waarin ieder der

---

1) Zeller: *Philosophie der Griechen* I, 6. Aufl. (1919), blz. 5.

2) Leucippus is eigenlijk de grondlegger van de atomistische wijsbegeerte, verg. blz. 23.

twee denkers iets van zijn ideeën zou terug vinden.
Alvorens echter beider stelsels te kunnen ontwikkelen, is het noodig een en ander van de voorgeschiedenis der Grieksche wijsbegeerte te behandelen. Doen wij dit niet, dan zal het ons moeilijk vallen, zoo niet onmogelijk zijn, de draagkracht der onderscheiden stelsels te vatten.
Zoowel Aristoteles als Democritus hebben het als hun taak gezien een redelijke verklaring te geven van de veelheid en de veranderlijkheid in deze wereld en wel een verklaring, die deze veelheid en veranderlijkheid begrijpelijk maakt. Het was dus niet hun eerste zorg, dat zij van iedere verandering afzonderlijk nauwkeurig wisten aan te geven, hoe zij te verklaren was.
Dit moet nu niet zoo verstaan worden, dat de Grieksche denkers daarvoor geen belangstelling hadden, maar de speciale, de detailverklaring bleef altijd verband houden met hun algemeene visie op het geheel der problemen, waarvoor de veranderlijkheid in de natuur hen stelde.
Wijsbegeerte en natuurwetenschap zijn derhalve bij Aristoteles en Democritus vereenigd zonder scherpen overgang.
Zoo geweldig als hun wijsgeerige bespiegelingen ons nu nog vermogen te imponeeren, zoo broos is echter de feitenkennis, waarop zij bouwden [1]. Doch men doet deze wijsgeeren onrecht, wanneer men hun beteekenis afmeet naar hun feitenkennis en de speciale verklaring, welke zij daaraan vastknoopten binnen het raam van hun algemeen wijsgeerig systeem. Men mag ook de schoonheid van een oud schilderij niet beoordeelen naar de kwaliteit der gebruikte verf. Want evenmin als de schoonheid tenslotte van de kwaliteit der verf afhankelijk is, berust de wetenschappelijke waarde van deze wijsgeerige stelsels op de gebrekkige detailkennis.
De reden hiervan is gelegen in de *algemeenheid* der wijsgeerige theorie, die zeer verschillende uitwerkingen toelaat, waarbij de ouden echter dikwijls een verkeerde toegepast hebben.
Om deze *algemeene* waarde op de juiste wijze te kunnen beoordeelen

---

[1]) Een besliste uitzondering vormt Aristoteles' biologie, zijn feitenkennis op dit gebied is vaak verrassend nauwkeurig, iets waarop E. Hüffer onlangs nog eens de aandacht vestigde.
(E. Hüffer: *Aristoteles een grootmeester in de Biologie. Studiën,* Jrg. 72 (1940). Deel 134, blz. 389 en blz. 460).

is het noodig te weten welke algemeene moeilijkheden om een oplossing vroegen, m.a.w. voor welke problemen de Grieksche filosofie ten tijde van Democritus en Aristoteles stond.
Gaan wij dan in het kort haar ontwikkelingsgang na [1]).

2 - DE OUDE NATUURFILOSOFEN

Van het beginstadium der Grieksche wijsbegeerte weten wij betrekkelijk weinig.
Algemeen wordt echter aangenomen, dat zij niet van Oosterschen oorsprong is, al kan er wel eenige invloed geweest zijn [2]).
De Grieksche filosofie is veeleer ontstaan uit dien zeldzamen rijkdom van den Griekschen geest, die klaarheid van uitdrukking, welke nog immer menigen jongen gymnasiast bij Homerus vermogen te boeien.
In enkele forsche trekken weet Burnet den oorsprong van de Grieksche wijsbegeerte aannemelijk te maken. Om tot wijsbegeerte, tot meer wetenschappelijke opvattingen van het heelal te komen, moesten de Grieken zich losmaken van de mythen en sagen, die uiteraard nooit tot redelijk begrip konden voeren.
Een zeer gunstige factor was de kolonisatie van de eilanden en de kusten van klein-Azië, immers „A myth is essentially a local thing" [3]), zij is gebonden aan een bepaalde landstreek, verandering daarvan schokt het geloof in de mythe.
De mythen en sagen hadden vooral betrekking op het natuurgebeuren, het is dus niet te verwonderen, dat na de geleidelijke ondermijning van het geloof in deze mythen het begin der filosofie *natuurfilosofie* was. Deze zocht dus een redelijke verklaring te geven van het natuurgebeuren. De eerste Grieksche wijsgeeren waren natuurfilosofen en hun groote verdienste is volgens Burnet:

---

[1]) Dit overzicht is natuurlijk allerminst volledig. Niet alleen, dat wij verschillende belangrijke filosofen zonder meer onbesproken lieten, maar van sommige wel besprokene gaven wij vaak slechts onderdeelen van hun leer.
Deze beperking leek de doeltreffendste methode om de ontwikkeling van de voor ons doel belangrijke begrippen het best weer te geven. Voor betrekkelijk beknopte, doch volledige overzichten verwijzen wij naar de mede door ons gebruikte: F. Sassen: *Geschiedenis van de wijsbegeerte der Grieken en Romeinen*, 1928, 2e druk 1932 en B. J. H. Ovink: *Overzicht der Grieksche wijsbegeerte*, 1925.
[2]) Zie Zeller I blz. 21 e.v.; Burnet: *Early Greek Philosophy*, blz. 21.
[3]) Burnet blz. 4.

„that they left of telling tales. They gave up the hopeless task of describing what was when as yet there was nothing, and asked instead what all things really are now" [1]).

De oudste der Grieksche wijsgeeren, van wiens leer men iets weet is Thales van Milete (± 625 tot ± 545 v. Chr.).
Het resultaat van zijn bespiegelingen, waarvan de gang slechts zeer onvolledig bekend is, voerde Thales tot het aannemen van één oerstof. De veelheid en veranderlijkheid werd dus tot één oerprinciep teruggebracht, waaruit al het andere ontstaan is. Voor Thales was dit oerprinciep het vochtige element n.l. het water.
Wij zien hier reeds de beide kenmerken der Grieksche wijsgeeren n.l. algemeene en detailverklaring vereenigd.
Zuiver wijsgeerige bespiegelingen dwingen Thales tot het aannemen van één oerstof, directe waarneming van de natuur bracht hem er waarschijnlijk toe als deze oerstof het water te beschouwen [2]).
Voor Anaxímenes van Milete (± 585 tot ± 528 v. Chr.) was deze oerstof de lucht. Tot deze opvatting schijnt hij gekomen te zijn door de beschouwing van levende wezens, die zonder lucht niet kunnen leven.
Er is ons echter van deze filosofen betrekkelijk weinig bekend, van hun eigen werk is niets of vrijwel niets bewaard gebleven. Wat wij van hen weten, danken wij aan de berichten en citaten van latere Grieksche schrijvers zooals Aristoteles, Theophrastus, Simplicius en vele anderen. Door het werk van H. Diels e.a. zijn deze fragmenten en citaten geordend en gemakkelijk toegankelijk [3]).
Ook Anaximandros van Milete (± 610 tot 546 v. Chr.) ging bij zijn beschouwingen uit van een oerstof: het ἄπειρον, d.w.z. het onbegrensde, waarin in aanleg alle dingen aanwezig zijn.
Belangrijker dan de drie genoemden is de merkwaardige figuur Heraclítus van Ephese (480 v. Chr.).
Heraclitus' oermaterie is het vuur, omdat dit het bewegelijkste van alle dingen is.

---

[1]) Burnet blz. 10.
[2]) Zeller I blz. 262; Baemker: *Das Problem der Materie in der Griechischen Philosophie*, blz. 9.
[3]) H. Diels: *Fragmente der Vorsokratiker*, 1. Auflage (1903); 5. Auflage (1934).

Wijsgeerig had hij n.l. afgeleid, dat de kenmerkende eigenschap van de oermaterie de bewegelijkheid moest zijn en wel om de volgende belangrijke reden. Zooals wij reeds eerder vermelden, was het groote probleem der Grieken de voortdurende verandering, waaraan alle dingen onderworpen schijnen, Heraclitus meende de oplossing van dit probleem te moeten zoeken in de veronderstelling, dat het eenige, dat werkelijk bestaat, eigenlijk de verandering zelf is. Klassiek is zijn gezegde:

„*Πάντα ῥεῖ καὶ οὐδὲν μένει*" „Alles stroomt en niets blijft", een gedachte, welke wij in verschillende variaties bij hem vinden. Alles is dus voortdurend in wording, aan verandering onderhevig.

Suggestief is Heraclitus' voorbeeld van een stroomende rivier, steeds is het weer ander water, dat voorbij stroomt, geen oogenblik blijft de rivier zichzelf gelijk, zij is steeds in wording. Een werkelijk zich gelijk blijven, m.a.w. rust, bestaat volgens Heraclitus niet. De zintuigelijke waarneming moge ons dit somtijds voorspiegelen, doch het is dan slechts een bedriegelijke voorstelling der zinnen. Het eenige werkelijk bestaande is dus het eeuwig worden. Zoo kan het vuur als oerelement verschijnen, vuur blijft zich zelf immers geen oogenblik gelijk, het is steeds opnieuw in wording.

Lijnrecht tegenover deze leer van Heraclitus staat die van

Parmenides

Parmenides (± 500 v. Chr.) was voortgekomen uit de Eleatische school genoemd naar de Zuid-Italiaansche stad Elea. Zijn leer zal van grooten invloed blijken voor de latere natuurfilosofen door de scherpe probleemstelling over de mogelijkheid der verandering, welke wij bij hem vinden, vandaar dat wij ze wat uitvoeriger zullen bespreken.

Volgens Parmenides is het eenige werkelijk bestaande in de wereld iets, wat volkomen onveranderlijk is. *Dat wat is, het zijnde,* zooals wij het reeds eenmaal noemden, is voor hem *één en onveranderlijk.*

Deze opvatting staat inderdaad lijnrecht tegenover Heraclitus' eeuwig worden. Hoe is dat mogelijk?

Heraclitus ging bij zijn beschouwingen uit van de *zintuigelijke waarneming,* deze leert ongetwijfeld, dat alles aan verandering onderhevig is. Heraclitus' bewering, dat het waarnemen van rust zinsbegoocheling is, doet tenslotte niets af aan het feit, dat hij in het algemeen ver-

trouwen heeft in de zintuigelijke waarneming. Alleen eischt hij, dat men deze verstandig interpreteert, en niet zonder meer aanvaardt. „Oogen en ooren zijn slechte getuigen voor menschen, als zij geen zielen hebben, welke de taal der zinnen verstaan" [1]).

Parmenides ontzegde echter aan de zintuigelijke waarneming elke waarde, want alles, wat wij waarnemen, blijkt bij nadenken onmogelijk te zijn. En het denken is het eenige criterium voor Parmenides: „Alleen datgene kan werkelijk bestaan, wat ook gedacht kan worden" [2]). *Worden* kan niet gedacht worden, het is dus onmogelijk [3]). En waarom kan het worden niet gedacht worden?

Om Parmenides' redeneering te kunnen volgen is het noodig, dat wij ons rekenschap geven van wat hij precies verstaat onder „het zijnde". Het zijnde is datgene, wat werkelijk *is*. Dit stelt hij tegenover het *niet zijnde*, dat, wat dus *niet is*. Buiten het zijnde is derhalve niets. Het moet derhalve een en ongedeeld zijn, want er kan niets gedacht worden, wat het zijnde tot een veelheid zou maken. Daarvoor is immers iets noodig, onderscheiden van het *zijnde*, maar dit is er niet, want buiten *het zijnde* is nu eenmaal niets. Daar volgt tevens uit, dat *het zijnde* onbewegelijk moet zijn, want beweging veronderstelt, dat er nog iets anders is dan het zijnde [4]).

Wat zou nu „worden" beteekenen?

Niets anders dan de overgang van *niet zijnde* tot *zijnde*.

Maar dat kan niet, zegt Parmenides. Uit wat werkelijk heelemaal niets is, op geen enkele manier bestaat, daaruit kan ook niet iets *worden*. En uit datgene, wat er al is, evenmin, want het is er al.

Dat wat is, het zijnde, is dus het eenig bestaande, ongeworden, onveranderlijk in een absolute eenheid.

Dit alles klinkt ons zeer vreemd, omdat wij van jongsaf de zaken anders hebben leeren zien, dank zij de latere Grieksche denkers, die deze problemen hebben opgelost en zoo de natuurwetenschap hebben mogelijk gemaakt. Want het is duidelijk, dat bij den stand van zaken,

---

[1]) Diels fragm. 107; Zeller I, blz. 901.

[2]) τὸ γὰρ αὐτὸ νοεῖν ἐστίν τε και εἶναι. Diels fragm. 3 en 8, 34 (in oudere uitgaven resp. fragm. 5 en B 8, 34) voor de vertaling zie: Zeller I blz. 694 en Burnet blz. 198 noot 1.

[3]) verg. notitie 8 op blz. 235 van de 5. Aufl. van Diels.

[4]) De hier weergegeven gedachtengang van Parmenides is te vinden in Diels fragm. 8.

zooals Parmenides ons dezen voorlegt, de natuurwetenschap zonder meer tot iets ongerijmds zou worden, zij zou zinloos zijn.
De natuurwetenschap neemt immers haar uitgangspunt in *waarneembare* veranderingen. Parmenides zelf heeft deze consequentie zeer goed gevoeld en wanneer hij er dan toch toe overgaat in het tweede deel van zijn leergedicht „*περὶ φύσεως*" natuurwetenschap te geven, dan refereert hij eigenlijk alleen maar, wat „men" er zooal van zegt. Hij doet het meer bij wijze van proeve, hoe de wereld in elkaar zit volgens het standpunt van de gewone voorstelling der menschen [1].
Intusschen bevredigden de opvattingen van Parmenides de meesten van zijn tijdgenooten en opvolgers onder de Grieksche denkers allerminst, al konden zij niet ontkomen aan de bekoring, welke van zijn scherpe probleemstelling en de daarin opgesloten conclusie uitging.

Zeno van Elea

In Zeno van Elea (± 460 v. Chr.) vond Parmenides een zeer toegewijd aanhanger, die de stelling van zijn leermeester omtrent de ontoereikendheid onzer zintuigelijke waarneming met eenige beroemd geworden voorbeelden trachtte te bewijzen.
Aristoteles vermeldt ze in het 6e boek van zijn *Physica*.
De hier bedoelde voorbeelden van Zeno richten zich speciaal tegen de mogelijkheid der beweging. Parmenides kwam tot een opvatting, die iedere verandering, ook elke plaatselijke beweging uitsluit. En wat is nu tastbaarder, werkelijker, onloochenbaarder dan de plaatselijke beweging, zullen zijn tegenstanders hem toegevoegd hebben. Het is te begrijpen, dat Parmenides' leerling, Zeno, juist tegen de *mogelijkheid* der beweging zijn scherpste aanvallen richt.
Hier volgt een dezer klassieke voorbeelden:
Wanneer Achilles (aan wien de dichter der Grieksche oudheid: Homerus, het epitheton „de snelvoetige" toebedacht had) en een schildpad samen met een wedstrijd in het hardloopen aangaan, dan zal Achilles zonder eenige moeite de schildpad inhalen, wanneer deze met een voorsprong mag beginnen. Dit althans zou de zintuigelijke waarneming leeren.
Maar Zeno „bewijst" ons, dat het onmogelijk is, dat Achilles de schildpad inhaalt:

---

1) verg. Zeller I blz. 701.

Achilles zou moeten beginnen met eerst den afstand af te leggen, welke hem van de schildpad scheidt. Wanneer hij dit in een bepaalden tijd gedaan heeft, is echter ook de schildpad in dienzelfden tijd iets vooruitgegaan. Achilles moet derhalve ook dezen afstand afleggen, maar in den daartoe benoodigden tijd is ook de schildpad weer iets opgeschoten. Zoo blijft het spelletje doorgaan tot in het oneindige, steeds blijft de schildpad iets voor.

Afgaande op wat het verstand leert kan zelfs Achilles in een eindigen tijd nooit de schildpad inhalen, volgens de zintuigelijke waarneming blijkt dit echter wel mogelijk te zijn, derhalve is zij onbetrouwbaar ook in die gevallen, waar zij iets over de beweging schijnt te leeren.

Hoe diep de indruk geweest moet zijn van de consequenties, waartoe Parmenides' redeneering voerde, kan het best blijken uit het feit, dat de Grieksche denkers na hem alle getracht hebben aan de gevolgtrekking van de onmogelijkheid van worden en veranderen te ontkomen.

Het zijn vooral Demócritus en Aristoteles, die hierin het best geslaagd zijn en wier oplossingen, al zijn zij verschillend, duizenden jaren grooten opgang zullen maken, oplossingen waaruit zich daarenboven geleidelijkaan de moderne opvattingen van atoom en molecuul hebben ontwikkeld.

Alvorens hun systemen echter ieder voor zich aan een bespreking te onderwerpen, moeten wij nog twee jongere natuurfilosofen kort vermelden, in wier leer elementen voorkomen, welke èn door Democritus èn door Aristoteles in hun resp. systemen verwerkt zijn, n.l.:

Empédocles (± 444 v. Chr.) en Anaxagoras (499—428 v. Chr.)

Deze beiden houden vast aan het *onveranderlijk* zijn van Parmenides, doch de eenheid ervan laten zij vallen. In plaats van het *ééne* onveranderlijke zijnde komt nu een *veelheid* van onveranderlijke „zijnden". Voor Empedocles waren dit de vier elementen, lucht, vuur, aarde en water, dus qualitatief verschillende grondstoffen.

Waarschijnlijk heeft hij deze eclectisch van zijn voorgangers overgenomen; eenige elementen kwamen wij immers reeds tegen bij de oude natuurfilosofen van Milete. Dat hij deze vier koos, behoeft niet te verwonderen. „Zudem bieten sich, sobald man einmal zu classificieren

anfängt, die Unterschiede des Festen, Flüssigen, Luftartigen und Feurigen so von selbst, dass man nicht absieht, welche anderen Elementen von seinem Standpunkte aus er denn eigentlich hätte aufstellen können" [1]).

Alle worden en vergaan, beweging en verandering is volgens Empedocles terug te brengen tot vermenging en scheiding der vier elementen, welke zelf echter altijd onveranderd blijven.

Deze vermenging en scheiding is het eenige, dat werkelijk plaats vindt, de rest is maar schijn.

„Geboorte is er eigenlijk niet bij geen enkel van de sterfelijke dingen en ook geen einde in een verderfelijken dood.

Slechts vermenging heeft er plaats en ontmenging van het gemengde; geboorte is slechts een daarvoor bij de menschen gebruikelijke naam" [2]).

Empedocles' opvattingen bevatten reeds aanwijzingen voor een verdeeling der elementen in kleinste deeltjes, als zoodanig is hij als een voorlooper der atomisten te beschouwen. De onveranderlijke „zijnden" zijn dan niet zoozeer de elementen zelf als wel de kleinste deeltjes dier elementen.

Of hij zelf zijn leer in atomistische richting heeft uitgewerkt schijnt niet vast te staan [3]).

Ook Anaxagoras nam, zooals reeds vermeld, een veelheid van oorspronkelijke „zijnden" aan. Verandering komt, evenals bij Empedocles, neer op menging en ontmenging [4]), waarschijnlijk heeft Anaxagoras deze theorie aan Empedocles ontleend [5]).

De leer der vier elementen kon hem echter niet bevredigen.

In plaats daarvan koos hij een onbeperkt aantal *qualitatief* verschillende grondstoffen, welke hij als zaden betitelde. Deze zaden zijn eeuwig en onvergankelijk.

Een ding ontleent zijn naam aan die zaden, welke er het meest in aan-

---

[1]) Baemker blz. 69.

[2]) H. Diels fragm. 8.

[3]) Zeller I blz. 954 e.v. Baemker blz. 69 e.v.

[4]) „Spreken van ontstaan en vergaan, zooals de Grieken doen, is niet juist. Want geen ding ontstaat, noch vergaat, maar alles wordt samengesteld uit dingen, die er al zijn en er ook weer in ontbonden. Het is dus juister het ontstaan als samenstelling, het vergaan als scheiding te betitelen." Diels fragm. 17.

[5]) Burnet blz. 303.

wezig zijn, in elk ding komen echter alle mogelijke zaden voor. Dank zij dit voorkomen, kan een ding in iets anders veranderen. Voedsel kan vleesch en beenderen worden, omdat in het voedsel kiemen van vleesch en beenderen voorkomen.
De kiemen zelf zijn zeer klein, doch zij kunnen altijd nog verder gedeeld worden zonder van aard te veranderen [1]).
Bij de bespreking van Aristoteles en de atomisten zullen wij nog gelegenheid hebben op de leer van Anaxagoras terug te komen.

Het zal den natuurwetenschappelijk geschoolden lezer niet ontgaan zijn, dat de richting, waarin Empedocles en Anaxagoras de oplossing van de moeilijkheden van Parmenides gezocht hebben, veel overeenstemming vertoont met een grondstelling, die in de latere natuurwetenschap een rol speelt en wel „de wet van het behoud der stof". Zij hebben immers de oorspronkelijke stelling van Parmenides van het eene onveranderlijk „zijnde" omgebogen in een richting, waarbij wel de *eenheid* van „het zijnde" werd losgelaten, doch de *onveranderlijkheid* gehandhaafd. En wel in dezen zin, dat het totaal dier „zijnden" onveranderlijk bleef [2]).
Wanneer wij dit bedenken, komt Parmenides' vasthoudendheid aan iets, wat in zoo flagranten strijd lijkt met de ervaring, in een ander en beter licht te staan. Pas in een veel later stadium mocht het Lavoisier gelukken de wijsgeerig afgeleide wet van de onveranderlijkheid natuurwetenschappelijk nader uit te werken in de wet van het *stofbehoud*. Wel bleek deze detailleering naderhand te eng gezien, omdat men het begrip „zijnde", dat, wat is, vereenzelvigd had met het begrip „massa", maar zij heeft de natuurwetenschap toch groote dienst bewezen.
In de huidige en betere formuleering, dat de som van massa en energie constant is, blijft deze natuurwetenschappelijke wet nog geheel binnen het raam der stelling van de oude wijsgeeren.

Zeer nauw bij Empedocles en Anaxagoras sluiten Leucippus en Democritus aan, de wijsgeeren der atoomleer. Ook zij kozen als

---

[1]) De zaden van Anaxagoras worden daarom ook homoiomerien (met gelijke deelen) genoemd.
[2]) Zie Anaxagoras. H. Diels fragm. 5.

uitweg uit Parmenides' moeilijkheden een veelheid van „zijnden". Wie precies de „Urheber" van deze idee geweest is, schijnt niet met zekerheid uit te maken [1]).
In de atoomleer is zij echter het meest tot vollen wasdom gekomen en heeft zij verreweg den grootsten invloed op de ontwikkeling der latere natuurwetenschap gehad.

3 - DE WIJSGEERIGE ATOOMLEER

Historische notities

Zoo gemakkelijk als het ons straks zal vallen, de essentieele punten van de atoomleer uiteen te zetten, zoo moeilijk is het nauwkeurig aan te geven, aan wie nu eigenlijk deze leer haar ontstaan te danken heeft. Aristoteles door wiens werken wij het best zijn ingelicht omtrent de oorspronkelijke atoomleer, vermeldt op bijna alle plaatsen, waar hij over deze leer spreekt, Leucippus en Democritus te zamen als de geestelijke vaders er van.
Onder de latere historici is een heele strijd ontstaan, of er wel ooit een wijsgeer Leucippus geweest is. Thans is de strijd vrijwel uitgevochten, bijna algemeen wordt aangenomen, dat Leucippus geleefd heeft, de leermeester van Democritus en daarmee de eigenlijke ontwerper der atoomleer geweest is. Hun werken zijn echter verloren geraakt en zoo is het niet wel mogelijk vast te stellen, wat ieders aandeel geweest is. In dit werk zullen wij het gewone gebruik volgen, dat de atoomleer met den naam Democritus verbindt.
Hij was geboortig uit Abdeira (± 460 v. Chr.) en wordt beschreven als een universeel geleerde, hij heeft over alles nagedacht [2]), zegt zijn grootste tegenstander Aristoteles van hem.
Hij schijnt zeer veel gereisd te hebben en pas op lateren leeftijd naar Athene gekomen te zijn.
Directe leerlingen van beteekenis heeft Democritus niet gehad; eerst honderd jaar later is zijn leer door Epicurus (341—271 v. Chr.) overgenomen en op verschillende punten nader uitgewerkt.
Dank zij Cicero en Diogenes Laertius zijn wij over Epicurus' leer ingelicht, want van de talrijke geschriften, die op zijn naam

---

[1]) Zeller I blz. 1183 en blz. 1260 e.v.; Burnet blz. 380.
[2]) *De gen. et corr.* I, 2. 315 a 35.

gezet zijn, is weinig bewaard gebleven. Daarenboven is Epicurus' wijsgeerig systeem zeer uitvoerig uiteengezet door den Romeinschen dichter T. Lucretius Carus (96—55) in een leergedicht „*De rerum natura*".

Plaats der atoomleer

Alvorens aan den invloed der atoomleer een meer systematische behandeling te wijden, is het nuttig de plaats van deze leer ten opzichte van de tot nu besproken systemen nog iets nauwkeuriger te bepalen.
In het voorafgaande hebben wij gezien in welke crisis de wetenschap der Grieken geraakt was. Parmenides' bespiegelingen hadden tot resultaat gehad de stoutmoedige en radicale uitspraak, dat *elke verandering onmogelijk is*. Zintuigelijk mocht dan al verandering waargenomen worden, baten deed dit niet, integendeel het voerde tot de nog radicalere uitspraak, dat de zintuigen blijkbaar niet te vertrouwen waren.
Zooals wij reeds vermeld hebben [1]) verschilde in zeer zeker opzicht de oplossing van deze crisis, zooals zij door Democritus gegeven werd, niet zooveel van de oplossingen van Empedocles en Anaxagoras.
Ook Democritus sprak zich uit voor een veelheid van „zijnden", tegenover het ééne „zijnde" van Parmenides. Doch de eigenschappen, welke deze laatste aan het eene „zijnde" toeschreef, vinden wij terug bij de afzonderlijke „zijnden" van den eersten. Beide denkers gingen bij alle verschil uit van de „onveranderlijkheid van het zijn" [2]).
Maar er was nog een punt in het systeem van Parmenides, waarmee Democritus zich niet vereenigen kon.
Hoe vreemd het op het eerste gezicht ook moge schijnen, dit punt was Parmenides' bewering, dat buiten „het zijnde" niets is.
Daartegenover poneert Democritus onvervaard: „Het niet-zijnde is evengoed als het zijnde".
De begrippen „zijnde" en „niet-zijnde" krijgen echter bij hem een eenigszins anderen inhoud, waardoor deze boute uitspraak allicht meer acceptabel klinkt in de ooren van den modernen lezer.

---

[1]) blz. 22.

[2]) De meening van Gomperz (*Griechische Denker* I, 1. Aufl., blz. 277; 4. Aufl., blz. 286), dat Democritus wijsgeerig een geheel anderen weg insloeg dan Parmenides is derhalve onjuist, zij berust op een foutieve interpretatie van een tekst van Theophrastus, zooals Burnet (blz. 385) overtuigend aantoont. Verg. ook Mr. H. Schadee: „*De Atomenleer en Eleaten*" (Hermeneus, 12e jrg., 1939, blz. 66).

de

Het „zijnde" krijgt de beteekenis van „het volle", het „niet-zijnde" van het „leege".
Hier ligt een merkwaardige ommezwaai in.
Parmenides' begrippen waren vrucht van zuiver denken, onafhankelijk van de ervaring. Bij Democritus zijn het echter bijna physische begrippen geworden, rechtstreeks aan de ervaring ontleend.
Het is teekenend voor de verschillende instelling ten opzichte van de ervaring.
Parmenides had niet geaarzeld uit zuivere denkoverwegingen de conclusie te trekken, dat elke verandering maar „schijn" was.
Democritus legde zich bij deze uitspraak niet neer. Wat Parmenides minachtend met „schijn" betitelde was voor hem physische werkelijkheid. En of de verandering nu „schijn" of geen „schijn" was, verklaard moet zij in ieder geval worden, redeneerde Democritus.
Door het aannemen van een veelheid van „zijnden" kon de verandering verklaard worden, maar wilden deze verschillende „zijnden" niet samenvallen, dan moesten zij gescheiden worden door een niet-zijnde. Zoo is te begrijpen, waarom dit laatste de beteekenis krijgt van de leege ruimte.

De leer van Democritus

Hoewel wij deze nergens in haar geheel uiteengezet vinden en dus genoodzaakt zijn haar uit citaten en besprekingen van latere Grieksche en Romeinsche schrijvers [1]) samen te stellen, valt dit niet moeilijk. „Wir dürfen dies der Klarheit und Folgerichtigkeit seiner Weltanschauung zuschreiben, die uns gestattet, auch das kleinste Bruchstück mit Leichtigkeit dem Ganzen einzufügen" [2]).
Uitgangspunt van Democritus' leer is eenerzijds de grondstelling van Parmenides, dat „het zijnde" onveranderlijk is. Het kan ontstaan, noch vergaan. Anderzijds staat het voor hem evenzeer vast, dat *de verandering en met name de locale beweging niet te loochenen zijn.* In Parmenides' gedachtengang was geen enkele verandering, ook geen

---

1) Het leergedicht van T. Lucretius Carus maakt hierop een uitzondering, doch dit is via eenige tusschentrappen ontstaan en kan derhalve niet als een oorspronkelijke uiteenzetting der atoomleer beschouwd worden.
2) F. Lange: *Geschichte des Materialismus* I, 10. Aufl. (1921), blz. 12.

locale beweging mogelijk, juist omdat het zijnde één was. Wilde Democritus nu toch tot de mogelijkheid van locale beweging komen, dan moest hij de eenheid van het „zijnde" laten vallen en overgaan tot de stelling, dat er een *veelheid* van „zijnden" bestaat. Dit zijn de onzichtbaar kleine atomen, van elkaar gescheiden door de *leege ruimte*, waarin zij *bewegen*.

Verandering is niets anders dan vermenging of scheiding der atomen. Democritus brengt dus elke stoffelijke verandering terug tot een verandering van plaats der atomen, een locale beweging derhalve, welke laatste hij in tegenstelling met Parmenides mogelijk achtte. De atomen zelf zijn echter onveranderlijk. In dit opzicht staat Democritus dus volledig aan de zijde van Parmenides, wanneer deze leert, dat verandering onmogelijk is.

Eigenschappen der atomen

Democritus' atomen zijn aan geen innerlijke verandering onderhevig, zij zijn volkomen star.

Hieruit volgt, dat uit twee atomen nooit één nieuwe werkelijke eenheid kan ontstaan en evenmin dat een atoom in twee andere gedeeld kan worden [1]. Het is aan deze laatste eigenschap, de ondeelbaarheid, dat de atomen hun naam danken.

Juist in deze innerlijke onveranderlijkheid, ligt het kardinale verschilpunt met Aristoteles, zooals wij later zullen zien.

De atomen vormen „het volle", d.w.z. binnen een atoom wordt geen leege ruimte gevonden, zij zijn geheel met stof gevuld.

De atomen zijn oneindig in aantal, qualitatief volkomen aan elkaar gelijk en alleen onderscheiden door figuur en grootte.

Van bijzondere beteekenis is in dit verband nog Democritus' opvatting, dat *alle mogelijke* figuren en grootten voorkomen en ook *moeten* voorkomen, omdat er geen enkele reden is, welke de oneindige verscheidenheid der figuren en grootten beperkt [2].

Bij Epicurus verschilden de atomen ook in zwaarte, of Democritus dit

---

[1]) Uit het in waarheid ééne kan geen veelheid ontstaan, uit het in waarheid vele niet het ééne, dat is onmogelijk. Diels II, 54 A n. 7.
Verg. ook Aristoteles. *Met.* VII, 13. 1039 a 9—11. Diels II, 55 A n. 42.

[2]) Diels II, 55 A n. 38; 54 A n. 8.

evenzeer leerde, wordt bestreden, maar het is zeer waarschijnlijk.
Hiermede zijn de meest belangrijke eigenschappen der atomen ter sprake gekomen.
Geheel in de stijl van die dagen tracht Democritus met de boven geschetste algemeene gegevens een *totaalbeeld* der wereld te ontwikkelen. De verscheidenheid der dingen, die zich in de wereld aan ons openbaren, zoekt Democritus in de atomen en wel zóó, dat de onderlinge verschillen teruggebracht worden tot verschillen in grootte, vorm en aantal der atomen, doch bovenal in hun onderlinge ordening. Verandering van iets berust op een verandering der atoomordening.
Een ding ontstaat, wanneer zich een bepaald atoomcomplex vormt, het vergaat bij ontbinding van dit atoomcomplex.
„De groote verschillen in aspect en de onoverzienbare rijkdom in de variaties der lichamen zijn voor de atomisten geen bezwaar. Kan men niet uit het kleine aantal letters van het alphabet, door verandering in de combinatie, zoowel een comedie als een tragedie samenstellen? En beschikt de atomist niet over een oneindigheid van grootten en gedaanten in de atomen" [1]).
Bij de algemeene constateering, dat de veranderlijkheid uit de atoomordening verklaard moet worden, blijft Democritus echter niet staan. Van verschillende eigenschappen, weet hij precies aan te geven, waarop zij moeten berusten.
Een stof heeft een groote dichtheid, wanneer er veel atomen in zijn en weinig leege ruimte.
Zoo'n stof zal in het algemeen ook hard zijn en moeilijk deelbaar. Want deelbaar is een stof alleen op die plaatsen, waar leege ruimte is. Toch kan ook een stof met groote dichtheid goed deelbaar zijn, n.l. wanneer de leege ruimte gelijkelijk verdeeld is.
Interessant is ook de goede verklaring der aggregatietoestanden. Verdampen bestaat eigenlijk in het losmaken der atoomverbindingen en het uit elkaar gaan der atomen, de damp zal dus meer ruimte innemen dan de vloeistof. Ook het verschil tusschen vloeistof en vaste stof wordt tot atoomverschuivingen teruggebracht [2]).
Zou veel van dit alles niet in een modern leerboek kunnen staan?

---

[1]) Aldus Hoenen (*Phil. der anorg. nat.*, blz. 25) in een parafrase van Aristoteles. *De gen. et corr.* I, 2. 315 b 14—15.
[2]) verg. Aristoteles. *De gen. et corr.* I, 9, 327 a 14—22.

Eigenschappen, als boven aangegeven, worden later de primaire genoemd [1]), omdat deze eigenschappen rechtstreeks uit de atoomordening zijn af te leiden. Zij hebben een objectieve waarde.

Tegenover de primaire eigenschappen staan de secundaire, deze hebben slechts subjectieve waarde, omdat zij als zoodanig alleen in onze organen bestaan. Het zijn b.v. smaak, kleur en temperatuur. Als illustratie vermeldt Democritus, dat de eene mensch iets bitter vindt, wat een ander zoet smaakt.

Natuurlijk worden deze secundaire eigenschappen wel indirect in verband gebracht met bepaalde verhoudingen van de atomen, maar erg duidelijk is dit verband bij Democritus en andere atomisten niet uitgewerkt. Epicurus [2]) schrijft b.v.: „Van den reuk moet men aannemen, dat zij evengoed als het gehoor nooit een gewaarwording teweeg kan brengen, wanneer niet zekere atoomgroepen van het voorwerp uitstroomen, die alle voorwaarden in zich vereenigen om het betrokken orgaan te prikkelen" [3]).

Intusschen is de moderne natuurwetenschap, welke inderdaad den weg, door Democritus aangegeven, is ingeslagen, nog niet veel verder gekomen dan deze Grieksche wijsgeer. Het moge dan gelukt zijn „warmte" in verband te brengen met de snelheid der moleculen, kleur met de golflengte, daarmee is de zintuigelijke waarneming van warmte en kleur nog allerminst verklaard.

Voor wie mocht twijfelen, deze eene vraag: „Waarom ziet een normaal menschenoog licht van een golflengte van 7000 A° als *rood licht*"?

Democritus was overigens niet de eerste, die de gedachte geopperd heeft met de kwaliteiten, welke wij aan de dingen door middel der zintuigen waarnemen, quantitatieve verhoudingen te verbinden. Pythagoras (geb. ± 580 v. Chr.) en zijn school hadden reeds geleerd, dat de wereld quantitatief naar maat en getal bepaald is [4]).

---

[1]) De terminologie primair en secundair is van Locke; Democritus zelf gebruikte deze nog niet. Verg. Hoenen: *Cosm.*, blz. 158.

[2]) Volgens Baemker (*Das Problem der Materie*, blz. 316) zou Epicurus de verklaring der zinnelijke kwaliteiten meer objectief in de ligging en rangschikking der atomen gezocht hebben dan Democritus.

[3]) Diogenes Laertius Xe boek. 53. Band 54. Phil. Bibl., blz. 212.

[4]) verg. Sassen blz. 17. In ons overzicht hebben wij deze school niet vermeld, omdat zij eigenlijk buiten het centrale probleem stond, dat ons bezig hield.

Het is waarschijnlijk, dat Democritus mede onder invloed van deze school gestaan heeft [1]), maar hij heeft in ieder geval de persoonlijke verdienste het begrip van quantitatieve verhoudingen zeer concreet uitgewerkt te hebben in den zin van atoomverhoudingen.

Beweging der atomen

Een zeer belangrijk punt in de leer van Democritus is de beweging der atomen.

De beweging is een oorspronkelijke eigenschap der atomen, zij is dus evenals de atomen eeuwig en onvergankelijk. Hierin mag men de kiem zien van de wet van het behoud der beweging, welke Descartes later verder zal uitwerken. De atomen zijn onophoudelijk in beweging, zij bewegen zich wervelend in het heelal [2]). Door druk en stoot kunnen zij op elkaar inwerken, zoodat de oorspronkelijke beweging veranderd wordt.

Hoe Democritus zich dit alles precies gedacht heeft, is niet met zekerheid te zeggen. „Darüber gehen sowohl die Angaben der Alten, als die Ansichten der Neueren aus einander" [3]), zegt Zeller ervan.

Wij zullen trachten iets van de gedachten van Democritus weer te geven, zonder al te veel in te gaan op de discussies over deze kwestie. Ze is natuurlijk niet van belang ontbloot, want als er één ding is, waarin de latere natuurwetenschap Democritus gevolgd heeft, dan is het wel in de kinetische gastheorie, waar de moleculen in hun onophoudelijke beweging beschreven worden.

De moeilijkheden om tot een goed inzicht te komen in de kwestie, hoe de oorspronkelijke beweging der atomen opgevat moet worden, komen eigenlijk hiervandaan, dat Democritus niet alleen de huidige situatie der wereld wil verklaren, maar evenzeer haar wording.

Wanneer hij nu over de beweging der atomen spreekt, is het niet altijd duidelijk of hij het heeft over de beweging der atomen, vóórdat deze wereld gevormd is of daarna. Want de atomen en hun beweging zijn weliswaar eeuwig, doch deze wereld niet, zij is op zeker moment ontstaan door een gunstige situatie der atomenconfiguratie. Er zijn

---

1) verg. Zeller I, blz. 1182.
2) Diogenes Laertius IX, 44, 45. Band 54 Phil. Bibl., blz. 155.
3) Zeller I, blz. 1081.

wellicht eerder werelden ontstaan, maar die zijn dan weer uit elkaar gespat.

Vóór allen aanvang van de wereldvorming waren de atomen in rechtlijnige beweging, wordt wel algemeen als Democritus' leer aanvaard. Maar volgens sommigen [1]) was deze rechtlijnige beweging een valbeweging in de leege ruimte, waarbij echter onmiddellijk de vraag rijst, hoe de atomen dan ooit met elkaar in aanraking gekomen zijn. Dit zou dan daardoor gebeurd moeten zijn, dat de grootere atomen sneller vielen dan de kleine, deze dus ingehaald hebben en de daarmee gepaard gaande stooten zouden de wervelbewegingen veroorzaakt hebben, welke kenmerkend zijn voor de atomen, waaruit de wereld thans opgebouwd is.

Anderen [2]) zijn echter van oordeel, dat Democritus de oorspronkelijke rechtlijnige atoombeweging niet als een valbeweging beschreven heeft, doch als rechtlijnige bewegingen in alle richtingen. Bij de laatste opvatting, is het stooten der atomen op elkaar vanzelfsprekend en minder gezocht dan bij de eerste.

Erg duidelijk zal Democritus op dit punt wel niet geweest zijn, anders is moeilijk aan te nemen, waarom speciaal hier de meeningen der oude schrijvers en met hen die der moderne historici, uiteenloopen, temeer daar Democitus' leer in het algemeen betrekkelijk weinig aanleiding tot discussie over haar inhoud gegeven heeft.

Bij de beschrijving van de vorming der wereld komt nog een merkwaardige gedachte naar voren, die wij er even zullen uitlichten, omdat deze een helder inzicht werpt op de uitstekende wijze, waarop Democritus physische verschijnselen wist begrijpelijk te maken.

Volgens Democritus streefden alle dingen naar beneden. Deze overigens juiste zienswijze was in flagranten strijd met de toenmalige opvatting (o.a. ook door Aristoteles verdedigd), die leerde, dat sommige dingen als aarde en metalen van nature zwaar waren, d.w.z. naar beneden streefden, terwijl andere als vuur en licht, welke naar boven streefden, daarentegen van nature licht waren. Daar werd dus een absoluut onderscheid gemaakt tusschen „lichte" en „zware" stoffen.

---

[1]) verg. Zeller I blz. 1081; Baemker blz. 318.

[2]) L. Löwenheim: *Die Wissenschaft Democrits*, blz. 37; verg. Zeller I blz. 1098. De bewerker der 6. Aufl. Dr. W. Nestle blijkt een andere meening te zijn toegedaan dan Zeller zelf.

Democritus beschouwt dit onderscheid echter als relatief. Alles had zwaarte, doch omdat de zware stoffen met grooter aandrang naar beneden streven dan de lichte, zullen deze laatsten door stooten naar boven gedreven worden [1]).

Voor de beweging, waarmee de atomen oorspronkelijk voorzien zijn, geeft Democritus geen oorzaak aan. Deze beweging is er altijd geweest en behoeft derhalve geen verklaring [2]).

Maar eenmaal de atomen met hun beweging gegeven, dan volgt al het andere noodzakelijk. Alle toeval is uitgesloten. „Niets geschiedt toevallig, maar alles door een oorzaak en noodzakelijk" [3]).

Ook zonder verder en dieper gaande analyse zal het den lezer duidelijk geworden zijn, dat wij in de atoomleer te doen hebben met een consequent wetenschappelijk systeem, dat op menig punt de verschijnselen begrijpelijk vermag te maken.

Karakteriseering van Democritus' leer

Twee kanten van Democritus' leer hebben wij bijzonder in het oog te houden bij een poging tot karakteriseering.

Een daarvan is die, waaraan de naam „atomisme" te danken is.

Alles bestaat uit *starre onveranderlijke, ondeelbare* atomen, die bewegen in de leege ruimte. En dit „bewegen" geeft den anderen karakteristieken kant.

Democritus' systeem is tevens een streng mechanicisme, d.w.z. een leer, die alles terugbrengt tot botsing en stoot van deeltjes.

De wetten der mechanica zijn de eenige, welke het systeem beheerschen.

Deze combinatie van „atomisme" en „mechanicisme" is typeerend voor Democritus. Onverbreekbaar is deze combinatie niet, Descartes ontwierp een „mechanicisme" zonder atomen [4]), terwijl wij bij Scaliger een atomisme zullen ontmoeten, dat allerminst mechanicisme is.

Na deze algemeene karakteriseering is het zaak nog op twee essentieele punten van het atomisme in het bijzonder den nadruk te leggen, omdat

---

[1]) verg. Zeller I blz. 1088.

[2]) Löwenheim (blz. 41) meent hieruit te mogen concludeeren, dat Democritus reeds de wet der traagheid gekend heeft, daar hij alleen voor een *verandering* van een beweging een oorzaak eischte, niet voor de beweging zelf.

[3]) Lange blz. 13. Deze tekst wordt aan Leucippus toegeschreven.

[4]) verg. Hoenen: *Philosophie der anorg. natuur*, blz. 26.

zij straks bij de confrontatie met andere theorieën over kleinste stofdeeltjes van groot belang zullen blijken.

1°. Alle grootten en figuren komen bij de atomen voor, daardoor zijn de overgangen in deze grootten en figuren ook continu en worden derhalve *sprongsgewijze* verschillen uitgesloten en dit niet alleen bij de atomen zelf, doch ook bij de atomencomplexen, ook daar moeten continue overgangen gevonden worden van alle mogeatoomcomplexen, daar er geen enkele reden is, waarom bepaalde complexen bevoordeeld zouden worden.

2°. Twee of meerdere atomen kunnen zich wel tot complexen, doch nooit tot een innerlijke eenheid vereenigen.

Democritus heeft niet alleen als doel voor oogen gezweefd een natuurwetenschappelijk systeem te ontwerpen, waarbinnen de stoffelijke wereld in zijn veelzijdigheid een uniforme verklaring kon vinden. Hij greep verder en wilde veeleer een verklaring voor alles geven, ook van de geestelijke activiteit van den mensch. De ziel vond eveneens haar verklaring in atomen en wel van zeer bijzondere soort. Zij bestond uit fijne, gladde en ronde atomen. Deze dringen door hun fijnheid in het geheele lichaam door, bewegen dit en veroorzaken aldus de levensverrichtingen. Ook het denken is niets anders dan beweging van die bijzondere ziele-atomen [1]).

Dit laatste brengt met zich mede, dat Democritus' systeem in algemeen wijsgeerig opzicht wordt ondergebracht onder de categorie „materialisme", omdat alles wordt verklaard alleen en uitsluitend uit stoffelijke principen. Voor ons onderwerp is de materialistische zijde van Democritus van geen bijzonder belang, zij worde slechts vermeld om het begrijpelijk te maken, waarom de kritiek op Democritus in de Grieksche wereld zoo scherp is geweest.

---

[1]) verg. Zeller I, blz. 1115.
Van zeer groot belang in dit verband zijn natuurlijk de woorden: *niets anders dan.* Immers een leer, welke met het denken een beweging van ziele-atomen verbindt, zonder dit daarin restloos te laten opgaan, is nog geen materialisme. Van Democritus zelf is eigenlijk niet precies bekend, of hij de gewraakte woorden: *niets anders dan,* inderdaad gebruikt; uit de reactie van voor- en tegenstanders van hem in lateren tijd moet men het echter wel aannemen.

Reactie op Democritus

De rijkdom van den Griekschen geest liet zich niet inperken binnen een systeem, dat alleen maar bewegende atomen kende.
Men weigerde er zich bij neer te leggen, dat de schoonste en edelste uitingen van den mensch slechts natuurnoodwendige gevolgen van bepaalde atoomverschuivingen waren.
„De reactie tegen het materialisme was onvermijdelijk, want dit kon in zijn eenzijdigheid de gewichtigste kwesties niet oplossen en was voor dieper denkende naturen met hun hoogste en heiligste overtuigingen in strijd" [1]).
Nu moet deze reactie niet zoo opgevat worden, alsof de wijsgeerige arbeid van een Socrates, een Plato of een Aristoteles ook alleen als reactie tegenover Democritus ontstaan is.
Deze drie wijsgeeren, die gewoonlijk worden samengevat onder het hoofdstuk „Bloeitijd der Grieksche wijsbegeerte" zijn veeleer tot hun inzichten gekomen in reactie op de schijnwetenschap der Sophisten dan op Democritus' materialisme [2]).
Maar dit neemt niet weg, dat Democritus' systeem niet tot bloei is kunnen komen, omdat de gedachten dezer drie wijsgeeren zooveel breeder en dieper waren.
Terecht zegt Lange naar aanleiding van Plato en Democritus: „und wenn auch der Materialismus gegenüber dem Platonismus in allen *einzelnen* Fragen stets recht behält, so steht doch das *Gesamtbild* der Welt, welches der letztere gibt, der unbekannten Wahrheit vielleicht näher; auf alle Fälle hat es tiefere Beziehungen zum Gemütsleben, zur Kunst und zur zittlichen Aufgabe der Menschheit" [3]).
Om de verdienste van Socrates, Plato en Aristoteles voor de wetenschap in het algemeen op juiste wijze te waardeeren, is het beste terug te grijpen op hetgeen wij in den aanvang van onze uiteenzetting der Grieksche wijsbegeerte schreven omtrent de vorming eener begrippentaal, zoo onontbeerlijk voor het wetenschappelijk denken. Wat wij daar schreven, is in bijzondere mate toepasselijk op het werk van deze drie wijsgeeren.

---

1) Ovink blz. 46.

2) Aristoteles is eigenlijk de eenige van de drie, die scherp tegenover Democritus stelling neemt.

3) Lange I blz. 53. Over het gelijk hebben „in allen einzelnen Fragen" zal men nu iets anders oordeelen dan in Lange's tijd.

Hun groote ethische beteekenis is voldoende bekend, men vindt deze overigens in elke verhandeling over de Grieksche wijsbegeerte uiteengezet.
Voor de speciale problemen der stof, welke ons bezig houden, is Socrates (469—399 v. Chr.) van geen belang. Zijn voornaamste beteekenis als wijsgeer ligt juist hierin: „dat hij de wijsgeerige belangstelling heeft afgewend van de uitsluitende beschouwing der natuur en gericht heeft op den mensch, en wel vooral in zoover deze in zijn handelen niet onderworpen is aan de wetten der stoffelijke wereld, als ethisch subject" [1]).

Bij zijn leerling Plato (427—347 v. Chr.) vinden wij meer over stof en kleinste stofdeeltjes, doch van grooten invloed voor de ontwikkeling der natuurwetenschap is het niet geworden, tenzij in een vorm, welken zijn leerling Aristoteles er aan gaf. Deze zal ons uitvoeriger moeten bezighouden, want een groot deel van diens werken handelt over de stoffelijke wereld en zijn leer hierover zal tweeduizend jaar lang de geesten gebannen houden. Daarenboven heeft hij de groote verdienste van Democritus op physisch gebied erkend, hem uitvoerig besproken en bestreden, wat ons na het bovenstaande niet verwonderen zal.
Het is thans onze taak het systeem van Aristoteles, voorzoover van belang, uiteen te zetten en in verband te brengen met Democritus. Dan wordt het mogelijk hun beider leer aan de moderne natuurwetenschap te confronteeren.
En voorzien van de resultaten dezer confrontatie zal het ons niet moeilijk vallen het juiste licht te laten schijnen op de historische ontwikkeling van de begrippen over kleinste stofdeeltjes, waarbij vooral de 16e en 17e eeuw, tijden van groote beroering, onze aandacht zullen vragen.

4 - ARISTOTELES

Inleiding

Aristoteles [2]) (384—322 v. Chr.) werd geboren in Stageira, waaraan hij den naam: Stagiriet dankt. Het is kenschetsend voor de

---

[1]) Sassen blz. 39.

[2]) De levensbijzonderheden worden uitvoerig verteld in het Ve boek van Diogenes Laertius.

universeele beteekenis van dezen wijsgeer, dat hij in latere wijsgeerige werken ook vaak zonder meer met „den filosoof" wordt aangeduid.
Zijn vader was geneesheer, van hem kreeg hij de liefde tot de natuurstudie mee. In zijn jonge jaren in Athene leerling van Plato geworden, verliet hij op circa 50-jarigen leeftijd deze stad, om de opvoeding van Alexander de Groote op zich te nemen.
Na Alexander's troonbestijging keerde hij naar Athene terug, waar hij de bekende school in het Lykeion stichtte.
Omdat hij zijn lessen gewoonlijk al rondwandelende met zijn leerlingen in de tuinen van het Lykeion gaf, krijgt zijn school den bijnaam van de *peripatetische,* welke naam op zijn geheele filosofie en haar aanhangers is overgegaan. (Peripatetici).

Aristoteles' wijsgeerige arbeid bestrijkt vrijwel het geheele terrein der toenmalige wetenschap. Binnen zijn systeem heeft hij alle wetenschappelijke resultaten van de vroegere Grieksche geleerden bijeengebracht tot een grootsch geheel.
Daarbij ging hij zeer kritisch te werk, hij onderzocht zorgvuldig de verschillende theorieën van zijn voorgangers op allerhande gebied en het kon moeilijk anders of hij komt daarbij ook herhaaldelijk te spreken over de atoomtheorie van Democritus, Aristoteles zal deze tenslotte onbevredigd vinden, doch dit neemt niet weg, dat hij ze zeer hoog schat als natuurwetenschappelijke theorie. „Buiten oppervlakkigheden heeft tot nu toe eigenlijk niemand behalve Democritus een behoorlijke studie van de verandering gemaakt," zegt hij in den aanvang van zijn werk over *Ontstaan en Vergaan* [1]).
De bezwaren van Aristoteles tegen het atomisme van Democritus zijn van den grootsten invloed geweest op de ontwikkeling der atoomtheorie, vandaar dat zij ons uitvoerig moeten bezighouden.
Om deze bezwaren echter goed te kunnen vatten, is een uiteenzetting van enkele grondbegrippen van Aristoteles' wijsbegeerte onvermijdelijk.
Nu staan ons daartoe vele wegen open, de doeltreffendste is zonder twijfel die, welke evenals dat bij Democritus het geval was, zijn uitgangspunt neemt in het dilemma van Parmenides. Dan blijven wij allereerst binnen het kader der problemen, welke tot nu toe aan de orde kwamen. Maar daarenboven heeft deze werkwijze het voordeel,

[1]) *De gen. et corr.* I, 2. 315 a 34.

dat wij onmiddellijk het logisch verband zien tusschen het wezenlijke van Aristoteles' systeem en de redenen, waarom hij Democritus bestrijden *moet*. Ook valt het dan niet moeilijk aansluiting te vinden bij Aristoteles' eigen theorie over de kleinste stofdeeltjes, een theorie, die overigens vrijwel in elke uiteenzetting van Aristoteles' leer volledig genegeerd is. Dit is zeer verwonderlijk, want al is deze theorie bij Aristoteles nog in een stadium, dat bijna embryonaal genoemd mag worden, in latere eeuwen is zij grondig uitgewerkt door zijn aanhangers en van zeer groote beteekenis geweest, gelijk verder zal blijken.

Aristoteles leer

In de voorafgaande paragrafen hebben wij Parmenides bewonderd vanwege zijn hardnekkig doch consequent vasthouden aan de eenheid en onveranderlijkheid *van al wat is*, al *het zijnde* en wij hebben ook de oplossing van Democritus geanalyseerd, een oplossing, die in haar wezen binnen de grenzen van Parmenides' visie bleef. Echt worden en vergaan, volgens Heraclitus het eenige, wat werkelijk *is*, kende Democritus niet.

Aristoteles heeft zich herhaaldelijk bijzonder diepgaand met deze problemen bezig gehouden; en alvorens ze zelf te behandelen, geeft hij telkenmale een uitvoerige uiteenzetting van de gedachten van zijn voorgangers [1]).

Keeren wij, om Aristoteles' eigen visie te verstaan, terug naar Parmenides' dilemma, waaruit deze tot de onmogelijkheid van iedere verandering besloot. Het luidde: „iets kan niet *worden*, want noch kan het worden, uit wat reeds is, noch uit wat niets is." Democritus zagen wij dit accepteeren, Aristoteles zal het niet in dezen vorm doen.

Parmenides' dilemma heeft alleen geldigheid, alleen zin, wanneer het „zijn" in beide deelen van het dilemma in dezelfde beteekenis wordt genomen. Nu is voor Aristoteles niet alle „zijn" hetzelfde.

Allereerst onderscheidt hij tusschen, wat hij noemt: zelfstandig en bijkomstig zijn. Zelfstandig zijn komt iets toe, wanneer het als zoodanig bestaat, b.v. een mensch, een dier, een steen, een beeld.

---

[1]) *Phys.* I cap. 1—5.
Met. VIII.
De gen. et corr. I cap. 1 en 2.

Bijkomstig zijn wil zeggen, dat iets niet als zoodanig bestaat, doch in iets anders. Zoo bestaat de witheid niet op zich zelf, niet als zoodanig, doch slechts in het beeld, dat een witte kleur heeft.

Het onderscheid tusschen zelfstandig en bijkomstig zijn, na deze voorbeelden zonder meer wel duidelijk, is het eerste zijnsonderscheid, dat Aristoteles aangeeft.

In een heel ander vlak, doch niet minder belangrijk, ligt een andere onderscheiding. Het is die tusschen *mogelijk* en *werkelijk* zijn. Eenvoudige voorbeelden kunnen ook hier Aristoteles' bedoeling ver-verduidelijken.

Van een kippenei mag men zonder meer zeggen dat het een werkelijk ei is en geen kip, d.w.z. geen werkelijke kip.

Een ei kan echter wel een kip worden, het draagt die zeer bepaalde mogelijkheid in zich, een mogelijkheid, welke een steen b.v. niet bezit. In zeker opzicht is een ei dus een kip, het is een potentieele kip, een kip in aanleg.

Mogelijk-zijn is dus niet zonder meer *niet-zijn,* al is het dan ook geen werkelijk zijn. Het is een zijn in aanleg, een zijn in potentie, in tegenstelling eenerzijds met een absoluut niet-zijn, anderzijds met een in werkelijkheid zijn, een voltooid, een *actueel* zijn zooals de term bij Aristoteles luidt.

Dit zijnsonderscheid is eveneens van het allergrootste belang voor een goed verstaan der Aristotelische wijsbegeerte.

Aristoteles heeft het zelf voortdurend over dit en het zoo even besproken onderscheid tusschen zelfstandig en bijkomstig zijn. Zeer uitdrukkelijk verklaart hij het als een ernstige fout van Parmenides, dat hij deze beide onderscheidingen over het hoofd heeft gezien. „Valsch is zijn redeneering, omdat hij het zijnde in één beteekenis neemt, terwijl het in verschillende beteekenissen voorkomt" [1]).

Want inderdaad, nu krijgt Parmenides' dilemma een heel ander aanzien.

„Uit het niet-zijnde, kan niet iets worden", volmondig geeft Aristoteles het toe, wanneer onder niet-zijnde verstaan wordt, wat in geen enkel opzicht is [2]).

Maar iets kan heel goed worden, uit wat in een bepaald opzicht nog

---

[1]) *Phys.* I, 3. 186 a 24—25.

[2]) *Phys.* I, 8. 191 b 13.

niet is. Zoo kan uit het ei een kip ontstaan. Dit is geen wording uit het absolute niets en evenmin uit een volledig zijn. Dit laatste sluit het tweede deel van Parmenides' dilemma immers uit. „Uit wat reeds is, kan niet iets worden, want het is er al".
Zoo lost Aristoteles de moeilijkheden, aan worden en veranderen verbonden, op door een analyse van het begrip „zijn", waarbij vooral het onderscheid tusschen *potentieel (mogelijk) zijn* en *actueel (werkelijk) zijn*, van belang is.
„Worden" beteekent dus voor Aristoteles de overgang *van mogelijk zijn naar werkelijk zijn*, van potentie naar akt [1]).
Met groote precisie werkt Aristoteles dit alles uit.

De leer over de verandering — Stof en vorm

Met de onderscheiding tusschen zelfstandig zijn en bijkomstig zijn correspondeert de onderscheiding tusschen zelfstandigheidsverandering en bijkomstige verandering.
Bij een zelfstandigheidsverandering verandert het bestaande ding als zoodanig, het wordt iets anders, in tegenstelling met een accidenteele verandering, waarbij het ding als zoodanig onveranderd blijft, doch een bijkomstigheid verandert.
Een voorbeeld van het eerste soort is het sterven van een dier. Het dier bestaat niet meer, wat er overblijft is totaal iets anders, laten wij zeggen: wat chemische verbindingen.
Bij de tweede soort veranderingen b.v. een dier verandert van kleur, is het dier als zoodanig niet veranderd, slechts een bijkomstigheid, een accident.
Wat wordt nu door Aristoteles precies geëischt voor een verandering? De algemeene constateering, dat het een overgang is van potentieel tot actueel zijn, is hem niet voldoende.
Bezien wij daartoe een bepaalde verandering nader en wel een, die volgens Aristoteles zelf zeer weinig moeilijkheden geeft: het ontstaan van een beeld uit marmer (dat is dus een accidenteele verandering, het marmer blijft marmer).
Drie dingen zijn te onderscheiden, de begintoestand (vóór de verandering), de eindtoestand (na de verandering) en datgene, wat de verandering ondergaat: het subject.

---

[1]) *Met.* XII, 2. 1069 b 15—16.

De begintoestand is in het onderhavige geval: de ruwe vorm van het marmer, de eindtoestand: de beeldvorm en het subject: het marmer zelf. De ruwe vorm draagt de mogelijkheid in zich om de beeldvorm te worden, aan de elementaire eisch van overgang van mogelijk zijn tot werkelijk zijn, van potentie tot akt, is voldaan.
Deze nadere analyse van de verandering zal van beslissende beteekenis blijken voor Aristoteles' natuurfilosofie, deze is immers volgens hem de leer over de *veranderlijke* „zijnden".
Alles in de stoffelijke natuur is aan verandering onderhevig, de verschillende stoffen gaan in elkaar over en verbinden zich met elkaar. Om deze veranderingen te begrijpen, moet Aristoteles komen tot een gemeenschappelijk subject van alle stoffen, de z.g. *oerstof* of *materia prima*. Deze komt in alle stoffen voor. Om het begrip oerstof te verduidelijken, grijpen wij volgens het voorbeeld van Aristoteles zelf terug naar het zoo juist behandelde geval van het ontstaan van het marmeren beeld. De stof van dit beeld was marmer, maar dit marmer komt altijd voor onder de een of anderen uiterlijken vorm (beeld, brok). Zoo bestaat ook de oerstof nooit op zichzelf, maar altijd in den bepaalden „vorm" van de een of andere stof.
Het verschil tusschen marmer en oerstof springt direct in het oog, bij het marmer hebben wij slechts te maken met een uiterlijken vorm, een uitwendige begrenzing, bij de oerstof met iets anders, door Aristoteles „zijnsvorm" genoemd, waarover straks meer.
De oerstof is dus het gemeenschappelijke van alle dingen, zooals het marmer van alle marmeren voorwerpen. De „oerstof" is echter geen werkelijk „zijnde", d.w.z. zij bestaat dus niet als zoodanig, doch alleen in de verschillende stoffelijke dingen, die op hun beurt echter wel bestaan, werkelijke „zijnden" vormen.
Hun „zijn" is echter geen zijn zonder meer, maar een *zóó* zijn al naar den aard van ieder stoffelijk ding; wij kunnen spreken van verschillende vormen, waarin het zijn bestaat, vandaar de term *„zijnsvorm"* in tegenstelling met een uiterlijken vorm.
Deze „zijnsvormen" bepalen eigenlijk de oerstof, deze komt slechts voor in die verschillende zijnsvormen, b.v. elementen, chemische verbindingen en levende wezens.
De oerstof is op zichzelf niets anders dan de stoffelijke mogelijkheid tot de verschillende zijnsvormen, door den zijnsvorm wordt zij bepaald

tot een werkelijk zijn, een concreet stoffelijk ding.
De begrippen oerstof (materia prima) en zijnsvorm (forma substantialis) zijn zeker geen gemakkelijke, het vereischt eenigen denkarbeid om hun juiste beteekenis en draagwijdte te achterhalen, het is dan ook niet te verwonderen, dat zij tot hopelooze verwarringen aanleiding gegeven hebben, grootendeels omdat men Aristoteles verkeerd geïnterpreteerd heeft, meestal het gevolg van het feit, dat men slechts een klein gedeelte van zijn werken gelezen heeft en verder afgegaan is op onvolledige en dikwerf slecht begrepen uiteenzettingen van zijn bedoelingen.
Het moderne stofbegrip is ongetwijfeld verwant aan het begrip, dat Aristoteles er van geeft.
Maar de moderne beteekenis van het woord stof is niet zonder meer aequivalent aan datgene, wat Aristoteles met zijn „oerstof" wilde uitdrukken.
Wij bedoelen met stof evenals Aristoteles wel iets gemeenschappelijks dat aan alle stoffelijke dingen toekomt, doch daarbij denken wij toch altijd aan iets, dat als zoodanig bestaat: een stof met a.h.w. een neutralen zijnsvorm.
Volkomen foutief is het om b.v. aan protonen en electronen te denken bij het begrip oerstof. Aristoteles zou onmiddellijk zeggen: „Neen, die bedoel ik niet, maar ik heb het over datgene, wat deze beide oervormen van stof juist gemeenschappelijk tot stof maakt."
Intusschen kent Aristoteles het begrip van stof uiteraard ook in onze beteekenis, water, goud, zilver, marmer, zal ook hij stof noemen, omdat zij het aan alle stof gemeenschappelijke stoffelijk princiep, de oerstof in een bepaalden vorm in zich dragen.
Dank zij dit gemeenschappelijke stofprinciep kunnen de stoffen in elkaar overgaan en zich met elkaar verbinden, in het algemeen: van aard veranderen.
Of een dergelijke verandering gemakkelijk gaat of minder gemakkelijk, hangt af van de zijnsvormen waarin de stof aanwezig is, of liever, waardoor zij bepaald is. Zoo is bij een chemisch element de „oerstof" op zoodanige wijze door den „zijnsvorm" van het element bepaald, dat de oerstof in directe potentie is tot die verbindingen, welke het element gemakkelijk aangaat, m.a.w. de oerstof is dan „rijp" voor de verbinding. Er zal dus betrekkelijk weinig voor noodig zijn om de oerstof

den zijnsvorm van het element te laten verwisselen voor dien van de verbinding. Een soortgelijke redeneering geldt ook omgekeerd, uit een verbinding zal het element weer kunnen worden afgescheiden [1]).
Ieder stoffelijk ding is dus samengesteld uit „oerstof" en „zijnsvorm". Deze beide „bestanddeelen" zijn zuiver wijsgeerige principen, die tot doel hebben de veranderingen in de stoffelijke wereld intelligibel te maken.
Met chemische bestanddeelen of elementen hebben zij uiteraard niets te maken, het blijkt wel het beste daaruit dat Aristoteles ook elementen in den chemischen zin kent. Zijn definitie luidt: „Een element is datgene, wat in andere lichamen aanwezig is, hetzij potentieel of actueel (dat worde nu nog niet uitgemaakt) en waarin andere lichamen verdeeld kunnen worden, terwijl het zelf niet deelbaar is in soortelijk andere stoffen" [2]).
„Deze definitie zou een hedendaagsch chemicus ook kunnen geven; ook voor hem is een element niet in eenvoudiger stoffen te ontleden en zelf de grens der ontleding van andere stoffen", merkt Hooykaas op, en terecht laat hij er op volgen: „Maar in werkelijkheid is er een diepgaand verschil tusschen Aristoteles' opvatting en de tegenwoordige" [3]). Inderdaad, dat verschil is zeer groot, en het is ook vaak niet gemakkelijk te achterhalen, wat Aristoteles precies bedoelt; wij zijn hier midden in de detailverklaring van den Stagiriet. Wel komt het ons persoonlijk voor, dat Aristoteles' elementen met hun primaire qualiteiten veel meer overeenkomst hebben met onze protonen en electronen en hun electrische lading dan met onze analytische elementen, waarmede zij gewoonlijk vergeleken worden.
Het is uit het voorafgaande wel duidelijk, dat de heele wijze van aanpak door Aristoteles van het probleem der stoffelijke veranderingen totaal verschillend is van die van Democritus en dit is ook niet toevallig, want Aristoteles is van meening, dat Democritus' oplossing principieel onvoldoende is, afgezien dus daarvan of diens detailverklaringen eventueel juist of onjuist zijn.
De reden van deze ontoereikendheid zoekt Aristoteles daarin, dat geen

---

[1]) *Met.* XII, 2. 1069 b 26—34 en het commentaar van Thomas daarop ed. Cath. No. 2438.
[2]) *De Coelo* III 3, 302 a 15—18.
[3]) Hooykaas: *Het begrip element,* blz. 18.

oplossing gegeven wordt voor het probleem der zelfstandigheidsverandering, een verandering, waarbij een ding zijn natuur verliest.
Voor Democritus bestond dit probleem eigenlijk niet, want hij kende geen echte naturen, echt samengestelde zelfstandigheden. Alles, hetzij element of chemische verbinding, plant of dier was veeleer het resultaat van een bepaalde atoomfiguratie.
De typische eenheid, welke sommige dingen vertoonden, de geheel eigen aard en natuur, vielen buiten den gezichtskring van Democritus, terwijl deze zaken juist bij Aristoteles zoo'n groote rol speelden. De eigen aard van een ding was voor dezen de speciale zijnsvorm, het formeele principe, dat het betreffende ding tot een werkelijke eenheid maakte.
Dit principe mist Aristoteles bij Democritus, al heeft hij het even aangeraakt, zooals Aristoteles van hem getuigt [1]).
Dat Democritus alles tot kleinste deeltjes teruggebracht, verschoof voor Aristoteles de moeilijkheden slechts, omdat deze kleinste deeltjes geen innerlijke verandering konden ondergaan, en zonder dit misten zij de mogelijkheid samen ooit een werkelijke nieuwe eenheid te bewerkstelligen.
Het laatste is een der kernpunten der geheele Aristotelische kritiek op Democritus [2]), zooals wij het duidelijkst zien bij de uitvoerige behandeling, welke Aristoteles aan de chemische verbinding wijdt en waarbij Democritus herhaaldelijk ter sprake komt.

De chemische verbinding

Aristoteles stelt zich de vraag, waarin de chemische verbinding (*μῖξις*, mixtio) bestaat, wat het kenmerkende er van is.
„Bestaat de chemische verbinding alleen voor de zintuigelijke waarneming? Is er met name van een chemische verbinding sprake, wanneer de stoffen, welke de verbinding aangaan, in zoo kleine deeltjes verdeeld en naast elkander gevoegd worden, dat elk deeltje afzonderlijk niet meer waar te nemen is?
En indien niet, kan men dan wel van een chemische verbinding spreken, wanneer de stoffen, welke de verbinding aangaan, zoo ge-

[1]) *Phys.* II, 2. 194 a 19—22.
[2]) Wij zien hierbij natuurlijk af van de kritiek op het materialisme van Democritus, dat is in dit verband niet van belang.

mengd worden, dat elk kleinste deeltje van de eene stof naast elk kleinste deeltje van de andere komt. Op deze wijze wordt van een mengsel gesproken bij gerst- en tarwe-korrels."

Deze beide soorten menging worden vervolgens door Aristoteles afgewezen, zij geven niet het specifieke van de chemische verbinding weer.

„De menging (*σύνθεσις*, compositio) is iets anders dan de chemische verbinding, en men mag niet zeggen, dat er een chemische verbinding heeft plaats gehad, zoolang de kleinste deeltjes onveranderd gebleven zijn."

„Dan is er slechts sprake van menging, want bij een chemische verbinding is elk deel in verhouding gelijk aan het geheel, zooals elk deel van het water, ook zelf water is."

„Indien de chemische verbinding slechts menging volgens kleine deeltjes ware, dan vormt zij slechts een verbinding voor de zintuigelijke waarneming. Maar voor een Lynceus (die alles ziet) zou er heelemaal geen chemische verbindingen bestaan, doch slechts mengsels."

Tot zoover voorloopig Aristoteles in het 10e caput van het eerste boek over *Worden en Vergaan* [1]).

Voor één punt vragen wij bijzondere aandacht en dat is het verschil tusschen de beide soorten van menging, welke Aristoteles in het begin onderscheidt.

Wat is dit verschil? Bij de eerste soort spreekt hij slechts van zoo kleine deeltjes, dat zij niet meer waar te nemen zijn, bij de tweede soort echter over deeltjes, zooals de korrels van tarwe en gerst. Waarmee hij schijnt te willen aangeven, dat hij het nu gaat hebben over kleine deeltjes, zooals deze door den aard der stof zelf gegeven zijn. Sommige latere commentatoren [2]) zijn dan ook van meening, dat Aristoteles de atomen van Democritus op het oog had, andere [3]) denken echter meer aan die kleine deeltjes, welke in Aristoteles' eigen systeem hun plaats vinden en wel de z.g. natuurlijke minima waarover straks meer [4]).

---

[1]) *De gen. et corr.* I. 10, 327 b 31—328 a 15.

[2]) o.a. H. H. Joachim: *On Coming-to-be and Passing-away*, blz. 184. Deze steunt daarbij op het commentaar van Philoponus.

[3]) Thomas van Aquine. Lib. I lectio XXV, 2.

[4]) Lasswitz heeft in zijn vertaling (I blz. 127) het volgens den tekst zeer klaarblijkelijke verschil tusschen beide soorten kleine deeltjes totaal weggevaagd.

Volgen wij eerst nog Aristoteles' verdere analyse van de chemische verbinding.

Uit het tot nu toe besprokene is het duidelijk, dat hij Democritus' standpunt afwijst. Daar diens atomen onveranderlijk zijn, kunnen zij hoogstens een mengsel vormen, doch nooit een chemische verbinding. Want wat is voor Aristoteles de chemische verbinding?

„Het is de *éénwording* van de *veranderde* reageerende stoffen" [1]. Er ontstaat dus een nieuwe stof, met een nieuwen specifieken zijnsvorm waarvan het totaal der eigenschappen niet zonder meer de som is van de eigenschappen der componenten.

Hierin ligt opgesloten, dat de componenten niet onveranderd in het nieuwe geheel zijn ingetreden, doch daarbij een innerlijke verandering hebben doorgemaakt, waardoor zij gedisponeerd zijn voor dit nieuwe geheel. De aard der verandering, welke de componenten moeten doormaken, wordt bepaald door den eigen aard van het geheel, waaruit weer volgt, dat de componenten, welke in staat zijn om een bepaald geheel te vormen, van nature de innerlijke mogelijkheid bezitten zich tot dit geheel te vereenigen. Door uitwendige invloeden wordt deze *mogelijkheid: werkelijkheid,* ontstaat dus het geheel uit de componenten.

Het is derhalve geheel natuurlijk, dat er een zekere relatie bestaat tusschen de eigenschappen der componenten vóór de vereeniging en eigenschappen van het geheel.

In dit geheel moet dus ook iets teruggevonden worden van de eigenschappen der afzonderlijke componenten, in zekeren zin n.l. potentieel zijn de componenten blijven „voortbestaan" in de verbinding [2]. Daaruit is het beroemde probleem gegroeid van het al dan niet voortbestaan der elementen in een verbinding.

Het essentieele verschil tusschen Aristoteles en Democritus is, dat

---

[1]) ἡ δὲ μῖξις τῶν μικτῶν ἀλλοιωθέντων ἕνωσις.
(*De gen. et corr.* I, 10. 328 b 22) in de Latijnsche vertaling, welke de M. E. gebruikten: „mixtio autem est miscibilium alteratorum unio".

[2]) *De gen. et corr.* I, 10. 327 b 22—31. Dit potentieel voortbestaan brengt met zich mee, dat de componenten ook weer gemakkelijk afgescheiden kunnen worden, zooals wij op blz. 40 in ander verband reeds vermeld hebben. Potentieel beteekent hier dus niet „zuiver potentieel", zoodat er weer van alles uit worden kan, doch het potentieel voortbestaan zegt, dat de oerstof in de verbinding qualitatief gedisponeerd is tot bepaalde elementen.

de eerste voor een chemische verbinding eischte, dat de reageerende stoffen op elkaar inwerkten en derhalve een innerlijke verandering ondergingen, terwijl de laatste een uiterlijke verandering in atoomfiguratie, waarbij de atomen zelf onveranderd bleven, voldoende achtte. Opdat de stoffen op elkaar kunnen inwerken, is het noodig, dat zij iets gemeenschappelijks hebben, wat de mogelijkheid tot die inwerking verschaft, dat gemeenschappelijke is de oerstof [1]).
Merkwaardig is Aristoteles' opmerking, dat de inwerking gemakkelijker zal gaan, wanneer de reageerende stoffen in kleine deeltjes verdeeld zijn [2]).
Wat kan hij hiermee bedoeld hebben? Om deze vraag op de juiste wijze te kunnen beantwoorden is het noodig, dat wij ons eerst op de hoogte stellen van:

Aristoteles' theorie der kleinste stofdeeltjes

In hoofdzaak vinden wij deze theorie in het 4e caput van het eerste boek over de *Physica*.
Erg uitvoerig spreekt Aristoteles er zelf niet over, maar de zeer breede uitwerking in de latere tijden, speciaal in de Middeleeuwen, wettigen het feit, dat wij er reeds bij Aristoteles onze volle aandacht aan wijden. Doen wij dit niet, dan wordt veel in de historie der natuurwetenschappen onverklaarbaar.
In het boven aangeduide caput wordt Anaxagoras' leer besproken en weerlegd.
Om de draagwijdte van Aristoteles' betoog beter te doen uitkomen, recapituleeren wij volgens diens eigen voorbeeld, in het kort Anaxagoras' opinie. Deze kwam hierop neer, dat alle qualitatieve verschillen, die wij bij de stoffen waarnemen, teruggebracht moeten worden, tot qualitatieve verschillen van een oneindig aantal oerstoffen, welke als zaden en kiemen overal in voorkomen.
Elke stof bevat derhalve de kiemen van alle andere stoffen; aan de kiemen, welke het grootst in aantal zijn, ontleent een bepaalde stof haar naam. Zoo bestaat water voor het meerendeel uit „waterkiemen", doch daarnaast komen ook kiemen voor van vleesch, been enz. Tegen-

---

1) *De gen. et corr.* I, 10. 328 a 19—20.
2) *De gen. et corr.* I, 10. 328 a 33—34.

over Democritus' atomisme zijn twee verschilpunten van wezenlijk belang.

1°. De „kleinste deeltjes" van Anaxagoras zijn *qualitatief* van elkander onderscheiden door dezelfde qualitatieve verschillen als de gewone zichtbare stoffen. Zij zijn dus volkomen gelijksoortig aan de stoffen. Democritus' atomen daarentegen zijn qualitatief aan elkaar gelijk, de qualitatieve verschillen der zichtbare stoffen zijn afhankelijk van rangschikking en grootte der atomen.

2°. Anaxagoras' kiemen blijven steeds verder deelbaar in gelijksoortige kleinere kiemen, de atomen van Democritus zijn ondeelbaar.

De kritiek van Aristoteles op dit tweede punt is van het grootste belang voor de vaststelling van diens eigen inzicht.

Na zijn bezwaren uiteengezet te hebben tegen Anaxagoras' leer over de deelbaarheid der kiemen, beredeneert hij, dat een natuurlijk deel van iets niet een willekeurige grootte kan hebben, omdat ook het geheel geen willekeurige grootte heeft. „Daar b.v. vleesch en been natuurlijke deelen zijn van een dier, is het derhalve klaarblijkelijk, dat vleesch of been *of welke andere stof ook* niet elke willekeurige grootte hebben kan, noch wat de *kleinheid* (der afmetingen), noch wat de grootheid der afmetingen betreft" [1]).

Vervolgens poneert hij zijn bezwaren tegen Anaxagoras' bewering, dat in elke stof alle mogelijke kiemen voorkomen.

Als voorbeeld kiest hij: water, volgens Anaxagoras moeten daar kiemen vleesch in aanwezig zijn.

„Indien uit het water nu een weinig vleesch verwijderd wordt, en daarna uit het overgebleven water weer opnieuw een weinig vleesch enz., dan moge bij elke nieuwe verwijdering de hoeveelheid afgescheiden vleesch kleiner worden, deze hoeveelheid zal toch niet minder kunnen worden dan een bepaalde kleine hoeveelheid. Nu zijn er twee mogelijkheden: de eerste is, dat de verwijdering van het vleesch uit het water eenmaal ophoudt omdat er in het water geen vleesch meer achter gebleven is. In dit geval is dus niet alles meer in alles, want in het water is geen vleesch meer aanwezig.

---

[1]) *Σὰρξ δὲ καὶ ὀστοῦν καὶ τὰ τοιαῦτα μόρια ζῴου, καὶ οἱ καρποὶ τῶν φυτῶν. Δῆλον τοίνυν ὅτι ἀδύνατον σάρκα ἢ ὀστοῦν ἢ ἄλλο τι ὁπηλικονοῦν εἶναι τὸ μέγεθος, ἐπὶ τὸ μεῖζον ἢ ἐπὶ τὸ ἔλαττον. Phys.* I, 4. 187 b 18—21.

De tweede mogelijkheid is, dat er steeds nog vleesch overblijft in het water, maar dat zou beteekenen, dat in een eindige hoeveelheid water een oneindig aantal *gelijke vleeschdeeltjes van eindige grootte* aanwezig is en dat is onmogelijk" [1]).

Waar het op aankomt zijn de door ons gecursiveerde woorden.

Aristoteles zegt hier eigenlijk terloops niets anders dan dat de kleinste deeltjes van een stof aan elkaar gelijk moeten zijn.

Verder blijkt Aristoteles van meening te zijn, dat deze kleinste deeltjes niet oneindig klein zijn, doch een eindige grootte hebben. Elders en wel in het 10e caput van het VIe boek over de *Physica* zegt Aristoteles nog iets zeer merkwaardigs: „Elke verandering speelt zich af binnen bepaalde grenzen. Dat geldt ook voor het grooter en kleiner worden, de grens van het grooter worden wordt bepaald door de voltooide grootheid van de eigen natuur (van het betrokken stoffelijke ding), de grens van het kleiner worden door het verlies dier eigen natuur" [2]).

Dit moet wel zoo verstaan worden, dat wanneer een kleinste deeltje van een bepaald ding nog verder gedeeld zou worden, dit ding zijn eigen aard verliest, d.w.z. iets anders wordt.

Tenslotte is nog een derde tekst van belang, welke echter alleen op levende wezens toegepast wordt: „Bij alle van nature samengestelde dingen is er een grens gesteld aan de grootte en de vermeerdering" [3]).

Het belangrijkste en meest wezenlijke punt der leer van Aristoteles over de kleinste stofdeeltjes is wel dit, dat de minimum-grootte voortspruit uit de *οἰκεία φύσις, den specifieken* aard van iedere stof. Daaruit volgt, dat de kleinste deeltjes voor iedere stofsoort onderling *gelijk* zijn en tevens dat zij verschillen van de kleinste deeltjes van andere stofsoorten.

Daar nu de stofsoorten niet continu, doch *sprongsgewijze* van elkaar verschillen, doen dit ook de minima.

Hiermee zijn tegelijk twee wezenlijke verschilpunten met Democritus' atomisme aan den dag getreden: de atomen immers vertoonen onder-

---

[1]) .... ἐν πεπερασμένῳ μεγέθει ἴσα πεπερασμένα ἐνέσται ἄπειρα τὸ πλῆθος· τοῦτο δ' ἀδύνατον. *Phys.* I, 4. 187 b 33—34.

[2]) Ὁμοίως δὲ καὶ αὐξήσεως καὶ φθίσεως· αὐξήσεως μὲν γὰρ τὸ πέρας τοῦ κατὰ τὴν οἰκείαν φύσιν τελείου μεγέθους, φθίσεως δὲ ἡ τούτο ἔκστασις. *Phys.* VI, 10. 241 a 32—b 3.

[3]) τῶν δὲ φύσει συνισταμένων πάντων ἐστὶ πέρας καὶ λόγος μεγέθους τὲ καὶ αὐξήσεως. *De An.* II, 4. 416 a 16.

ling geen discontinu, doch *continu* verloopende verschillen, terwijl er evenmin van soortelijk onderscheiden atomen sprake kan zijn.
Van evenveel belang zijn twee andere verschilpunten, welke meer rechtstreeks samenhangen met Aristoteles' begrippen van stof en vorm.
Door deze laatste wordt het begrijpelijk, dat de stoffen een innerlijke verandering kunnen ondergaan en dit geldt eveneens voor de kleinste stofdeeltjes.
Deze kunnen derhalve niet alleen gedeeld worden (waarbij dan de specifieke aard verandert), maar ook kan, uit twee of meer kleinste deeltjes door vereeniging één nieuw ontstaan.
Beide processen waren bij Democritus' intrinsiek onveranderlijke atomen uitgesloten.
Zoo zijn er dus twee groepen van verschilpunten tusschen de opvattingen van Aristoteles en Democritus.
De tweede groep hangt — zooals wij zeiden — rechtstreeks samen met het forma-begrip, de eerste minder.
Het is van belang dit vast te stellen, het zal van groote beteekenis blijken in de historie der atoomtheorie.
In de Latijnsche vertaling der Middeleeuwen van Aristoteles' werken heeten diens kleinste deeltjes: *minima naturalia, natuurlijke minima.*
Vandaar dat Aristoteles' leer op dit punt in de latere eeuwen bekend zal staan als de *minima-naturalialeer.*
Bij Aristoteles is de uitwerking intusschen summier, al is zijn bedoeling wel te achterhalen, wanneer verschillende plaatsen uit zijn werken met elkaar in verband gebracht worden, zooals wij boven deden.
Maken wij ons nu aan „hineininterpretieren" schuldig, wanneer wij veronderstellen, dat de kleine deeltjes, waarvan Aristoteles eenige malen spreekt, wanneer hij het over de chemische verbinding heeft, identiek zijn met de minima?
Aristoteles laat nergens ook maar doorschemeren, dat hij deze „kleine deeltjes" in verband gebracht wil zien met de „minima naturalia", waar hij het in *Phys.* I, 4 over heeft.
Ook in het tweede cap. van het 1e boek *over Ontstaan en Vergaan* wordt eenige malen over „kleine deeltjes" gesproken, terwijl er hoogstens een zwakke aanduiding te vinden is, dat minima naturalia bedoeld zijn. In dit caput bestrijdt Aristoteles de bewering van Democritus, dat er ondeelbare grootheden zouden bestaan, n.l. de atomen. Iedere

grootheid blijft *potentieel* tot in het oneindige deelbaar, in feite kan er echter aan de deelbaarheid wel een grens gesteld zijn, actueel zijn de dingen niet tot in het oneindige deelbaar [1]). Aan deze stelling ligt de gedachte ten grondslag, dat de *uitgebreidheid als zoodanig* tot in het oneindige deelbaar blijft, de *stoffelijke* uitgebreidheid echter niet, daar biedt de stof a.h.w. weerstand. Men kan het ook zoo uitdrukken, mathematisch beschouwd is elke grootheid tot in het oneindige deelbaar, physisch echter niet, want dan houdt de deelbaarheid op bij de minima naturalia. Vooral bij de commentatoren van Aristoteles: Simplicius, Averroës en Thomas wordt deze kwestie helder uiteengezet.

Intusschen is het duidelijk, dat Aristoteles in de aangehaalde passage zinspeelt op het bestaan van minima naturalia.

Nu komt Aristoteles even verder tot de constateering, dat ontstaan en vergaan niet identiek is met menging en scheiding der atomen, „*wel bevordert* menging en scheiding *van kleine deeltjes* iedere verandering. Want indien water in kleinere deeltjes verdeeld is, wordt er sneller lucht uit gevormd; anders gaat het veel langzamer. Dit zal echter in het vervolg onzer uiteenzetting nog meer blijken" [2]).

Hierbij doelt Aristoteles o.a. op zijn verhandeling over de chemische verbinding, die wij uitvoerig analyseerden.

Waar Aristoteles vlak na een zinspeling op het bestaan van minima naturalia gaat spreken over menging en scheiding van kleine deeltjes, welke de chemische reactie bevorderen, dan meenen wij daarin de, zij het slechts zwakke aanduiding te zien, dat voor „kleine deeltjes": „minima naturalia" gelezen mag worden, wat dan ook zou gelden voor den tekst uit het 10e caput: „De inwerking zal gemakkelijker gaan, wanneer de reageerende stoffen in kleine deeltjes verdeeld zijn" [3]).

Nogmaals: is dit „hineininterpretieren"?

De vraag is niet gemakkelijk te beantwoorden, doch zij behoeft niet beantwoord te worden. Immers voor de *geschiedenis* der natuurwetenschappen is het tenslotte van minder belang, wat Aristoteles zelf precies bedoeld heeft. Van veel grooter beteekenis is, wat zijn latere aanhangers in het Hellenistische tijdvak en in de Middeleeuwen er

---

[1]) *De gen. et corr.* I, 2. 316 b 19—21.
[2]) *De gen. et corr.* I, 2. 317 a 27—30. verg. blz. 89.
[3]) verg. blz. 45.

onder verstaan hebben. Dit toch is van beslissenden invloed geweest op den ontwikkelingsgang der natuurwetenschappen. En de interpretatie van de Middeleeuwen is, zooals wij zullen bewijzen aan de hand van de commentatoren, precies die, welke wij boven als mogelijk naar voren brachten. De latere commentatoren hebben zeer bewust voor kleine deeltjes: „minima naturalia" gelezen [1]).
Niet alleen in *Worden en Vergaan*, ook in verschillende boeken der *Physica* komen passages voor, welke met de minima-naturalialeer in verband gebracht kunnen worden, zonder dat Aristoteles zelf ook maar met één woord daarop zinspeelt.
Dit heeft echter niet verhinderd, dat ook hier latere commentatoren de bewuste passages geheel uitgelegd hebben in den zin van de minima-naturalialeer. Deze hebben daarom beteekenis voor de *ontwikkeling* der Aristotelische minima-naturalialeer, als zoodanig komen zij nog ter sprake in de hoofdstukken, welke meer in het bijzonder deze ontwikkeling tot onderwerp hebben.

En hiermede kunnen wij onze beschouwingen over Aristoteles afsluiten. Zijn leer bevat evenals die van Democritus, vooral in de minima-naturalia-opvattingen en de verhandeling over de chemische verbinding, verschillende elementen, welke van groote waarde zullen blijken voor de latere natuurwetenschappelijke theorieën over atomen en moleculen. Een kritisch onderzoek daarna blijft nu nog achterwege, eerst volgen wij den ontwikkelingsgang van beide wijsgeerige systemen tot na de Middeleeuwen. Het biedt eenerzijds het voordeel, dat ook Descartes' corpusculairtheorie, in zeker opzicht nauw verwant aan Democritus' atomisme, in ons onderzoek betrokken kan worden, terwijl anderzijds de Middeleeuwen Aristoteles' minima-naturalialeer op een dergelijke wijze vervolmaakt hebben, dat zonder bezwaar van een eigen minima-natularialeer der Middeleeuwen gesproken kan worden, welke op een afzonderlijke beoordeeling aanspraak maakt.

5 - DE GRIEKSCHE WIJSBEGEERTE NA ARISTOTELES

Na Aristoteles ontstaan in de Grieksche wereld geen origineele systemen meer, zeker niet op natuurfilosofisch gebied.

---

[1]) verg. blz. 90.

De meeste wijsgeerige richtingen zijn voortzettingen of vernieuwingen van oude stelsels of zuiver eclectisch ingesteld.
Dit laatste duidt op een versmelting van elementen uit diverse wijsgeerige systemen, waarbij uit ieder systeem bij voorkeur juist die elementen gekozen worden, welke tezamen de bouwsteenen vormen voor een nieuw systeem.
Daar deze bouwsteenen vaak van zeer gevarieerde herkomst zijn, zal een eclectisch stelsel slechts zelden een gesloten eenheid vormen, dat is ook niet de opzet, het beoogt veeleer een doel van zuiver practischen aard na te streven en vereenigt daartoe de bruikbare argumenten uit verschillende systemen zonder zich om verdere theoretische consequenties te bekommeren.
De grenzen tusschen een vernieuwde wijsgeerige richting en een eclectische zijn niet altijd scherp te trekken, vernieuwing beteekent immers gewoonlijk ook overnemen van elementen uit andere systemen, in het algemeen kan men echter zeggen, dat van een vernieuwing sprake is wanneer er op gelet wordt, dat geen wezensvreemde elementen in het oude systeem worden opgenomen, van een eclecticisme wanneer zulks wel het geval is.
In de jaren na Aristoteles trad ook een verschuiving op in het object der wijsgeerige speculatie.
Democritus en Aristoteles hadden het geheel der dingen beschouwd, zij hadden gestreefd naar inzicht, hoe de wereld, de mensch daarbij inbegrepen, in elkaar zat en zij hadden niet nagelaten uit het verkregen inzicht ook conclusies te trekken op het gebied van het practisch handelen. Dit laatste stond echter niet op zichzelf, het was logisch verbonden met het geheele wijsgeerige systeem.
De regels omtrent het zedelijk gedrag der menschen hingen ten nauwste samen met de positie, welke de mensch toegekend moest worden in den geheelen kosmos.
Bij de latere Grieksche wijsgeeren trad echter de ethische kant der wijsbegeerte meer op den voorgrond, terwijl de belangstelling voor de groote vragen der natuurfilosofie minder werd, een reden om het verdere verloop der Grieksche wijsbegeerte niet meer te volgen.

HOOFDSTUK II

TUSSCHEN ARISTOTELES EN BOYLE

De ruim tweeduizend jaar, welke den Engelschen natuuronderzoeker van den Griekschen wijsgeer scheiden, geven een belangrijke ontwikkeling te zien van de beide in het vorige hoofdstuk besproken theorieën over de kleinste deeltjes der stof. Uit het voorafgaande bleek duidelijk, dat deze beide theorieën niet losgedacht mogen worden van het geheele wijsgeerige systeem, waar zij deel van uitmaken en dit systeem op zijn beurt niet van de grondproblemen der Grieksche wijsbegeerte. Dientengevolge mag ook de ontwikkeling van de beide theorieën in later eeuwen niet als een op zich zelf staande beschouwd worden, zij moet gezien worden in nauw verband met de geschiedenis van de wijsbegeerte en de wetenschap in het algemeen.

Want er zijn tijden in de geschiedenis aan te wijzen, waarin de theorieën over de kleinste stofdeeltjes mede de richting bepaalden van het denken der menschen, zoo'n tijd was de 4e eeuw vóór Chr., zoo'n tijd zal ook de 17e eeuw na Chr. blijken te zijn. En al liggen tusschen deze twee eeuwen vele andere van niet minder belang voor de beschavingsgeschiedenis der menschheid, waarin de theorieën der kleinste stofdeeltjes met een veel bescheidener plaats genoegen moeten nemen, dit neemt niet weg, dat ook deze eeuwen niet zonder beteekenis zijn voor de geschiedenis der theorieën over de kleinste stofdeeltjes, alleen al omdat zij het voor de wijsbegeerte en natuurwetenschap in het algemeen zijn.

Speciaal om den vrij ingewikkelden geestesstrijd van het Europa van de 16e en 17e eeuw te begrijpen, is het noodig iets meer van de beschavingsgeschiedenis af te weten, dan dat Aristoteles tweeduizend jaar lang de wetenschap beheerschte, de Kerk der Middeleeuwen diens autoriteit met haar dogma's beschermde en dat pas in den loop der 17e eeuw aan dezen toestand een einde kwam met de onttrooning van

Aristoteles en het dogma, waardoor de ware wetenschap mogelijk werd.
Het is om die reden, dat wij een korte algemeene schets van de geschiedenis der wijsbegeerte en natuurwetenschap in deze tweeduizend jaar doen voorafgaan aan de hoofdstukken, welke meer in het bijzonder aan de ontwikkeling der theorieën over de kleinste stofdeeltjes gewijd zijn.
Slechts enkele momenten uit de periode, die ligt tusschen Democritus en Aristoteles eenerzijds en hun aanhangers in de 16e en 17e eeuw anderzijds kunnen daarbij belicht worden, doch zij zullen in staat zijn een eenvoudige oriëntatie in deze twintig eeuwen te geven.

De Grieksche wijsbegeerte hebben wij vanuit één gezichtshoek bekeken en wel vanuit die van de beschouwing der natuur, het was voldoende om het hoofddoel: de controverse tusschen Democritus en Aristoteles scherp te belichten.
De eeuwen, welke onmiddellijk volgen op de 4e eeuw v. Chr., met figuren als Democritus, Socrates, Plato en Aristoteles, de bloeitijd der Grieksche wijsbegeerte, worden zooals reeds vermeld grootendeels beheerscht door epigonen en eclectici, terwijl de belangstelling zich hoofdzakelijk verplaatst naar den ethischen kant.
Terzelfder tijd groeide de stad Rome uit tot een wereldimperium en daarmee verspreidde zich de Grieksche wijsbegeerte en wetenschap over de geheele wereld van die dagen.

1 - HELLENISTISCHE PERIODE

Het overheerschen der meer ethische richting werd sterk bevorderd, toen ook de bij uitstek practisch georiënteerde Romein de Grieksche wijsbegeerte ging beoefenen, het eclecticisme trad daarbij uiteraard sterk op den voorgrond naast een verjongd Platonisme, zoodat in het Westelijk centrum: *Rome*, het Aristotelisme van geen beteekenis is.
In de tweede metropool van het Romeinsche wereldrijk: *Alexandrië* bleef echter de Aristotelische traditie voortbestaan, vermengd met Platoonsche elementen.
Door deze meer Aristotelische instelling van het Oosten nam de ethiek ook niet die alles overheerschende plaats in, natuurfilosofische problemen bleven de belangstelling boeien. Egypte kende reeds van

ouds op hoog peil staande technische kunsten als de metaalwinning, glasbereiding enz. Door combinatie van de met deze technische kunsten gepaard gaande natuurwetenschappelijke inzichten met de Grieksche wijsbegeerte ontstonden de zuivere vakwetenschappen, bijzondere kwesties op astronomisch, physisch en chemisch gebied vonden speciale beoefenaars, zoo bouwden de Alexandrijnsche geleerden de Grieksche wetenschap uit in de richting der vakwetenschappen, die wel verband bleven houden met algemeene wijsgeerige systemen, doch veel minder sterk dan in den Griekschen tijd.
In Alexandrië moet dan ook de geboorteplaats der chemie gezocht worden door de combinatie van de techniek der Egyptenaren met Aristotelische-Platoonsche wijsgeerige elementen [1]).

Het Westen.

Een groote ommekeer in de wijsgeerige wereld van het Westen wordt teweeggebracht door het Christendom, dat hoewel geen *wijsgeerig* niettemin een zeer *afdoend* antwoord gaf op de talrijke ethische vragen der Romeinsche wijsgeeren.
Verschillende Christelijke schrijvers gingen zich om apologetische redenen uitdrukken in de wijsgeerige-ethische terminologie van die dagen, niet om een eigen Christelijk-wijsgeerig stelsel te ontwerpen, doch veeleer om aan te toonen, dat wat de verschillende wijsgeerige systemen vaag en onduidelijk trachten aan te geven, klaar en helder in het Christendom te vinden was.
En ook omgekeerd ontbrak het niet aan heidensche filosofen, die op grond van hun systeem het Christendom valsch of overbodig achtten. Zoo ontstond een wijsgeerige discussie rondom het Christendom en dit bracht de Christelijke Vaders er toe de termen der wijsbegeerte te gebruiken voor de formuleering der Christelijke leerstellingen, een gesloten systeem ontstaat echter niet.
Het is te begrijpen, dat in de eerste tijden van het Christendom natuurfilosofische vraagstukken weinig belangstelling genieten en men doet het Christendom onrecht het in deze periode gebrek aan natuurwetenschappelijke interesse te verwijten [2]).
In de Romeinsche wereld van die dagen was deze interesse nu een-

---

[1]) verg. O. v. Lippman: *Entstehung und Ausbreitung der Alchemie*, blz. 275 e.v.
[2]) Zooals K. Lasswitz doet in zijn *Geschichte der Atomistik* I, blz. 11 e.v.

maal minimaal en men kan het toch bezwaarlijk als een der eerste taken van het jonge Christendom zien haar te wekken.

Voorzoover de Romein belangstelling had voor natuurfilosofische kwesties, was deze verbonden met allerhande heidensche religieuze voorstellingen. Tegen deze laatste trekken de Kerkvaders uiteraard van leer en zoo zien wij een Dionysius, Lactantius en een Augustinus, het atomisme van Democritus en Epicurus fel bestrijden, zij richten daarbij hun aanvallen niet zoozeer tegen de natuurwetenschappelijke hypothesen van het atomisme, doch tegen het ermee verbonden grove materialisme, dat zich met een beroep op Democritus' opvattingen een wetenschappelijk verantwoord tintje trachtte te geven [1]).

De Kerkvaders begingen bij hun bestrijding de fout geen onderscheid te maken tusschen het atomisme als natuurwetenschappelijk en als materialistisch stelsel, zoo is het te verklaren, dat zij zich menigmaal over de physica niet al te vleiend uitlieten.

Door de niet bepaald zachtzinnige aanvallen der Kerkvaders kwam het heele atomistische stelsel in het Westen in een slechten reuk te staan, wat de natuurwetenschappelijke discussie erover in latere eeuwen niet ten goede zou komen.

De snelle groei van het Romeinsche imperium had de verbreiding van de Grieksche wijsbegeerte in korten tijd mogelijk gemaakt en ook de val van dit zelfde imperium zal van grooten invloed blijken voor de geschiedenis van wijsbegeerte en wetenschap.

Het Oosten en het Westen gaan daardoor nog meer ieder haar eigen weg. In het Westen wordt de wijsbegeerte geheel beheerscht door de Christelijke problematiek.

Vóór het begin der Middeleeuwen is er zelfs van een eigenlijke wijsbegeerte geen sprake meer: „sie ist weder prinzipiell noch tatsächlich von der Christliche Theologie und Religion geschieden, vielmehr wird in dieser Zeit die Christliche Religion selbst als die wahre Philosophie betrachtet" [2]).

---

[1]) Verg. het prachtige hoofdstuk „*La Cosmologie des Pères de L'Eglise*" in P. Duhem's: *Le Système du Monde*. Tome II blz. 393—408 en eveneens de fraaie beschouwing over het materialisme in den Romeinschen keizertijd in F. Lange's: *Geschichte des Materialismus*, deel I blz. 142 e.v.

[2]) F. Ueberweg: *Geschichte der Philosophie* II, blz. 3.

De formuleering der Christelijke leerstellingen vormde in het begin nog geen onderling samenhangend systeem, doch vanwege het in later tijden steeds grooter wordende gezag van Augustinus treedt het door hem gebruikte neo-platonisme steeds meer op den voorgrond.
De direkte studie der Grieksche wijsgeeren bleef in het Westen echter beperkt.

Het Oosten.

Een geheel ander beeld vertoont de ontwikkeling in het Oosten. Byzantium, Antiochië en vooral Alexandrië waren er de groote centra. Vandaar uit verbreidde de Grieksche wijsbegeerte zich over Syrië en Perzië. In de dagen van de groote veroveringen der Arabieren hebben deze het erfgoed der Grieksche beschaving, hetwelk zij in deze landen aantroffen, dankbaar aanvaard en op hun wijze gecultiveerd. Op hun wijze, dat beteekent: uitbouw in practische richting, in de richting der vakwetenschappen.
Daar in het Oosten voornamelijk het Aristotelisme, zij het in sterk gewijzigden vorm heerschte, kreeg ook de Arabische wijsbegeerte en wetenschap een Aristotelisch karakter.
De veroveringen der Arabieren strekten zich niet alleen uit over het Oosten, doch via Noord-Afrika bereikten zij Spanje en Zuid-Italië. En zoo kwam ook het Westen langs een grooten omweg in de 11e en 12e eeuw weer in contact met Aristoteles' wijsbegeerte.
Deze had intusschen geen onbelangrijke veranderingen ondergaan. Want niet alleen hadden de Arabieren Aristoteles' werk leeren kennen in een gewijzigden vorm (via Alexandrië [1])), doch ook de groote Arabische wijsgeeren Avicienna en vooral Averroës hadden niet nagelaten een eigen stempel op het Aristotelische erfgoed te drukken.
Het waren juist deze veranderingen, welke het Christelijke Westen voor groote problemen plaatsten.
Een van de Christelijke theologie onafhankelijke wijsbegeerte bestond er in den aanvang immers niet, de wijsbegeerte verschafte slechts de formuleering voor de theologie, zij was „ancilla theologiae" (dienstmaagd der theologie). Verschillende der groote Westersche denkers ontdekten in de wijsbegeerte der Arabieren veel wat overeenkwam met wat zij als Christelijk geopenbaarde waarheid zagen, doch ook

[1]) verg. blz. 53.

veel wat daarmee in strijd was. Dit bracht een Albertus Magnus en een Thomas van Aquino (13e eeuw) er toe, de Arabische versie der Aristotelische wijsbegeerte kritisch te onderzoeken en te vergelijken met den oorspronkelijken Griekschen tekst van Aristoteles en daarbij kwam het hen voor, dat de bezwaren, welke van den kant der theologie tegen Aristoteles gemaakt konden worden, meer golden voor de veranderingen dan voor de zuivere Aristotelische wijsbegeerte.

2 - DE WIJSBEGEERTE DER MIDDELEEUWEN

De kennismaking met de wijsbegeerte van Aristoteles had niet alleen tot gevolg, dat de theologen deze gingen gebruiken voor hun formuleeringen, zij bracht ook met zich mee dat er weer meer belangstelling ontstond voor de natuurfilosofie, welk zoo'n integreerend onderdeel uitmaakte van het systeem van den Griekschen wijsgeer, en met de natuurfilosofie ook voor de natuurwetenschap der Arabieren. Zoo kon in de Middeleeuwen weer een van de theologie onderscheiden natuurfilosofie en natuurwetenschap ontstaan en tot bloei komen. En wat voor de natuurfilosofie gold, deed zulks ook voor de geheele wijsbegeerte, zij kreeg weer een apart bestaan naast de theologie.
Zoo werd de belangrijkste figuur der Middeleeuwsche wijsbegeerte, Thomas van Aquino een in zekeren zin revolutionaire figuur. Terwijl de oude Christelijke wijsbegeerte volstond met de gegevens der Christelijke openbaring in wijsgeerige termen uit te werken en zich verder weinig bekommerde om wat buiten de openbaring viel, ging Thomas' belangstelling daarnaast uit naar alles wat zich aan het vorschende menschenverstand als wetenswaardig voordoet. Hij was naast theoloog evenzeer wijsgeer.
Thomas is een typisch vertegenwoordiger der scholastiek, onder welken naam men de Middeleeuwsche wijsbegeerte pleegt samen te vatten.

De Scholastiek

De naam scholastiek [1]) is afgeleid van „schola" en heeft alleen betrekking op de *methode* van onderwijs, het in *schoolverband* beoefenen der wetenschap, zij duidt dus geenszins op een uniform wijsgeerig systeem, daarvoor waren er te veel richtingen. Toch zijn er wel eenige

algemeene karakteristica van de scholastiek te geven [1]).
Het belangrijkste kenmerk is de enge band tusschen wijsbegeerte en theologie, beiden waren *onderscheiden* (daarin verschilt de scholastiek van de voor-Middeleeuwsche wijsbegeerte), doch niet *gescheiden* (wat wel het geval is met de na-Middeleeuwsche wijsgeerige stroomingen). Ook voor de wijsbegeerte bleef de hoogste norm: de Christelijke openbaring.
Een tweede kenmerk der scholastiek is het groote aanzien, dat de Grieksche wijsgeeren, met name Aristoteles, genoten.

Binnen de scholastiek zijn meerdere richtingen aan te wijzen, wij volstaan met enkele te vermelden, die later nog ter sprake komen [2]).
De oudste richting is de *Augustijnsch-Platoonsche*, zij is de meest rechtstreeksche voortzetting van den vóór-Middeleeuwschen tijd, waarin Augustinus immers een groot gezag bekleedde. Wijsgeerig is zij het meest verwant met de Platoonsche filosofie, waarbij zich echter verschillende elementen van Aristotelische en Averroistische herkomst gevoegd hebben. Een belangrijk vertegenwoordiger is Bonaventura.
De belangrijkste en meest gezaghebbende richting der scholastiek is de *Aristotelisch-Thomistische*, deze is ontstaan onder invloed van de Arabische wijsbegeerte, zij ging echter uit van een eigen Aristoteles' interpretatie, de meest kenmerkende figuur is Thomas van Aquino, dien wij boven reeds schetsten.
Bij deze tweede richting sluit zich een derde aan, die wel Aristotelisch is, doch in het algemeen de veranderingen en verklaringen der Arabieren, met name Averroës, overneemt met dien verstande, dat wat evident in strijd is met de Christelijke openbaring op den achtergrond geschoven wordt. Deze laatste richting draagt den naam: *Latijnsch Averroisme*.
Deze indeeling is uiteraard zeer schematisch, er komen eveneens allerhande tusschenvormen voor.
De bloeitijd der scholastiek valt in de 13e eeuw met Albertus Magnus (1193—1280); Thomas van Aquino (1224—

---

[1]) verg. Ueberweg: *Gesch. der Phil.* II, blz. 143 e.v.
[2]) verg. F. Sassen: *Geschiedenis der Patristische en Middeleeuwsche wijsbegeerte*, blz. 65.

1274); Duns Scotus (1270—1308); Bonaventura (1221—1274).

Kritiek op Aristoteles' physische opvattingen

De 14e eeuw brengt in menig opzicht groote verandering.
Zonder dat Aristoteles' wijsbegeerte als geheel wordt verworpen, staan verschillende *onderdeelen* aan ernstige kritiek bloot.
In de voorafgaande eeuw waren met de wijsbegeerte ook de physische opvattingen van Aristoteles van de Arabieren overgenomen, en na het eerste enthousiasme over het stelsel van den Stagiriet bleken bij nadere bestudeering van zijn physica vele van de daarin verkondigde opvattingen allerminst feilloos. Daartegen o.a. richtte zich in de 14e eeuw dan ook de kritiek van verschillende scholastici, waarbij de z.g. *Parijsche nominalisten* vooraan stonden.
Daar wij er van af moeten zien in het kader van dit werk een ook maar eenigermate volledige behandeling van de wijsgeerige tendenties van het nominalisme te geven, volstaan wij met een korte aanduiding, waardoor ook de naam „nominalisten" eenig relief verkrijgt.
Een van de meest fundamenteele kenmerken van de Thomistische en Averroistische richtingen van het Aristotelisme is haar *realisme*. Daaronder verstaat men die opvatting, welke de algemeene begrippen, waarmede het verstand de dingen kent, ook een zekere realiteitswaarde toeschrijft. Het algemeene begrip „mensch" b.v. is gerealiseerd bij alle individueele menschen, het vindt dit reëele fundament in de wezenlijke gelijkheid van alle menschen, het algemeene begrip heeft in dezen gedachtengang dus een zekere realiteitswaarde.
Daartegenover poneerden de nominalisten, dat het algemeene begrip slechts een woord is zonder meer, vandaar dat zij nominalisten genoemd werden (nomen = naam).
De belangrijkste vertegenwoordiger van het stelsel is de Engelsche wijsgeer Willem van Ockam (1e helft der 14e eeuw). Onder zijn invloed kreeg het nominalisme in de 14e eeuw groote beteekenis, vooral te Parijs.
De wijsgeerige zijde van de kritiek der nominalisten op Aristoteles blijft hier verder buiten beschouwing, wellicht heeft zij er echter ook toe meegewerkt het geloof in Aristoteles' physische opvattingen te ondermijnen.

In ieder geval zijn de Parijsche nominalisten Buridanus (± 1300—± 1358), Albertus van Saksen (1316—1390), Nicolaas van Oresme (± 1382) e.a. erin geslaagd de physische denkbeelden van Aristoteles op verschillende belangrijke punten te verbeteren [1]), waarbij zij tot dezelfde opvattingen kwamen als die, waardoor een of twee eeuwen later Galilei, Copernicus en Descartes beroemd zouden worden.

Meer als wegbereiders zijn de Parijsche nominalisten echter niet geweest, voor een volledige ommezwaai was de tijd nog niet rijp of concreter uitgedrukt, waren de vakwetenschappen nog niet voldoende uitgegroeid.

Men vergete tenslotte niet, dat de Aristotelisch-Arabische natuurwetenschap nauwelijks één eeuw in het Westen bekend was, de veel verbreide meening, dat naast Aristoteles' wijsbegeerte ook zijn valsche physica eeuwen lang het Westen ongeschokt beheerschte is volkomen bezijden de waarheid; in de 13e eeuw bekend geworden dateert reeds van de 14e eeuw de kritiek, die echter pas in de 16e en 17e eeuw volledig kon doorbreken.

3 - DE WIJSBEGEERTE DER RENAISSANCE

Was de scholastiek een wijsbegeerte van scholen en richtingen, die zich groepeerden rondom een enkele centrale figuur, anders is het met de wijsbegeerte der Renaissance.

„Haar geschiedenis is er een van persoonlijkheden. Het vrijheidsbewustzijn van de Renaissance doorbrak ook den vasten band der vormen, die de Middeleeuwsche denkconstructies beheerschten en liet den opbouw der gedachten aan het persoonlijk inzicht van den wijsgeer over" [2]).

Iedere wijsgeer vertegenwoordigt in zekeren zin zijn eigen richting. Aanvankelijk manifesteert zich een drang naar directe studie der Grieksche wijsgeeren met name Plato en Aristoteles, deze laatste dan buiten de commentaren van de scholastiek en Averroës om. Op deze wijze werd de directe band met het wijsgeerige Grieksche verleden

---

[1]) verg. P. Duhem: *Études sur Léonard de Vinci*, 1e, 2e, 3e série en E. J. Dijksterhuis: *„Val en Worp". Een bijdrage tot de geschiedenis der Mechanica van Aristoteles tot Newton.*

[2]) F. Sassen: *Geschiedenis van de Nieuwere wijsbegeerte tot Kant*, blz. 15.

nog niet verbroken, wat wel gebeurde door een zich gelijktijdig baanbrekende eigentijdsche filosofie.
In natuurwetenschappelijk opzicht mogen hier Paracelsus (1493—1541) genoemd worden, benevens de Italianen Hieronymus Gardanus (1501—1576), Giordano Bruno (1548—1600) en Leonardo da Vinci (1452—1519). Hoewel van geen beteekenis voor de wijsbegeerte in engeren zin, zijn op natuurwetenschappelijk gebied Copernicus (1473—1543) en Galilei (1564—1642) baanbrekers in den echten zin van het woord. Zij slaagden erin de physische ideeën der Parijsche nominalisten in breeden kring ingang te doen vinden en luidden daarmee een nieuw tijdperk van de studie der natuur in.
Bijzonder belangrijk is de voortreffelijke formuleering der val- en botsingwetten door Galilei, deze leidde daardoor de mechanica in nieuwe banen en schiep aldus de voorwaarde voor den uitbouw der atomistische opvattingen in mathematische richting, welke van beslissende beteekenis is geweest voor de ontwikkeling der natuurwetenschap.
Kort na Galilei vervolmaakten Huygens (1629—1695) en Newton (1642—1727) de inzichten in de mechanica.

4 - DE 17e EEUW

Zoo zijn wij dan genaderd tot de 17e eeuw, waarin Aristoteles' gezag door verschillende factoren definitief geschokt werd, iets waarin de wijsgeeren der renaissance maar zeer gedeeltelijk geslaagd waren.
Toen kreeg ook het wijsgeerig atomisme weer een kans. Want anders dan de kritiek der 14e eeuwsche magistri, welke zich slechts gericht had tegen verschillende mechanische en astronomische opvattingen, doch daarbij het geheel van Aristoteles' wijsgeerig systeem onaangetast liet, maakte het wijsgeerig atomisme niet zoozeer bezwaar tegen afzonderlijke punten, haar kritiek raakte het meest wezenlijke van Aristoteles' wijsbegeerte.
Zoo is het te verklaren, dat aan de herleving van Democritus' stelsel veel grootere moeilijkheden in den weg stonden, zij had niet eerder plaats dan nadat het vertrouwen in Aristoteles in zijn geheel ondermijnd was.
Daarbij heeft zich een merkwaardig historisch feit voorgedaan.

De kritiek der 17e eeuwsche atomisten richtte zich n.l. hoofdzakelijk op één punt en wel de forma substantialis, de zelfstandigheidsvorm, d.w.z. de zijnsvorm, waardoor volgens Aristoteles het wezen van een op zich zelf bestaand ding bepaald werd.

Het merkwaardige was nu, dat in de opvatting van veel Aristotelici der 17e eeuw — in tegenstelling met Aristoteles' bedoeling — de forma substantialis als op zich zelf bestaand beschouwd werd, de forma substantialis kreeg dus het karakter van een zelfstandigheid buiten de zelfstandigheid van het ding, waar het de forma substantialis van was, om.

Het was naar Hoenen [1]) heeft aangetoond, juist deze *„substantificatie"* der forma, zooals hij het treffend uitdrukt, welke de hoofdoorzaak is geweest van het verwerpen van Aristoteles' filosofie in de 17e eeuw. Juist omdat de kritiek zich tegen een vermeend Aristotelisch principe richtte, wordt het begrijpelijk, dat, toen eenmaal de storm tegen Aristoteles bedaard was, toch enkele van de meest fundamenteele principen zijner minima-naturalialeer waren blijven voortleven, zij waren aan de kritiek op het forma-substantialisbegrip ontsnapt, zooals wij in hoofdstuk V bij Boyle bevestigd zullen zien.

De grootste moeilijkheid voor het herleven van het wijsgeerig atomisme was gelegen in het feit, dat het al vanaf de eerste tijden van het Christendom erfelijk belast was met anti-Christelijke materialistische tendenzen, waardoor het uitermate verdacht was.

De groote promotor der herleving: G a s s e n d i (1592—1655) was er dan ook alles aan gelegen de leer van Democritus en Epiricus van de materialistische tendenzen te bevrijden, het was een noodzakelijke voorwaarde om het wijsgeerig atomisme acceptabel te maken.

Het systeem van Gassendi verschilde overigens in vrijwel niets van dat der Grieksche atomisten, de minima-naturaliatheorie daarentegen had zich in de eeuwen, welke wij zoo juist in vogelvlucht beschouwd hebben, gestadig ontwikkeld onder invloed der Grieksche, Alexandrijnsche, Arabische, middel- en 16e eeuwsche beoefenaren der Aristotelische wijsbegeerte.

---

[1]) Zie P. Hoenen: *Cosmologia*, blz. 153—155; blz. 483—479. *Phil. der anorg. nat.*, blz. 41—46; blz. 46—49. *De origine formae materialis* n. 54—82. Op blz. 158 geven wij een tekst van Boyle, welke een groote steun vormt voor de opvatting van Hoenen.

De resultaten van deze ontwikkeling werden door den val van Aristoteles niet met één slag ongedaan gemaakt. Het was de Engelsche physicus en chemicus B o y l e, die ofschoon „atomist" de resultaten der minima-naturalialeer in zijn systeem verwerkte.
Dit alles echter zullen wij in de volgende hoofdstukken meer in het bijzonder nagaan.

HOOFDSTUK III

DE ONTWIKKELING DER MINIMA-NATURALIALEER

1 - DE MINIMA-NATURALIALEER BIJ DE COMMENTATOREN VAN ARISTOTELES

Democritus had reeds een vrij volledige en afgeronde atoomleer, welke vrijwel onveranderd in de 17e eeuw wordt overgenomen, juist omdat tot op zekere hoogte de leer bij Democritus reeds *af* was; in *wijsgeerig* opzicht kon zij daardoor moeilijk meer vervolmaakt worden, dit kon natuurlijk nog wel vanuit natuurwetenschappelijk oogpunt, doch daar was de 17e eeuw, althans in het begin, nog niet toe in staat.

Geheel anders is het gesteld met de Aristotelische minima-naturalialeer. Bij haar geestelijken vader, Aristoteles, is zij nauwelijks uitgewerkt, slechts de kern is aanwezig.

Het is dus noodzakelijk na te gaan, op welke wijze de minima-naturalialeer zich bij de latere Aristotelici ontwikkeld heeft. En al zal het onmogelijk blijken, door gemis aan voldoende gegevens, deze ontwikkeling op den voet te volgen, een vrij zuiver beeld kan men krijgen door de commentatoren van Aristoteles in den loop der eeuwen met elkaar te vergelijken. Vanwege het groote gezag, dat deze Grieksche wijsgeer in de latere wijsbegeerte had, voelden n.l. in elk tijdperk opnieuw wijsgeeren zich geroepen de werken van Aristoteles uit te geven en van eigen commentaar te voorzien.

De Grieksche commentatoren

Het commentaar van de Grieksche commentatoren uit het Hellenistische tijdvak is daarom van zoo groote beteekenis, omdat hun traditie

directer op Aristoteles teruggaat dan welke andere ons bekende ook. Hoenen [1]) heeft er al op gewezen, dat wij bij Simplicius, den beroemden commentator van Aristoteles uit de 6e eeuw na Chr., een belangrijke uitbreiding van de Aristotelische minima-naturalialeer aantreffen. Deze leer vindt, zooals wij in het vorige hoofdstuk zagen, haar oorsprong in enkele passages, welke voorkomen in twee werken van Aristoteles: *Physica* en *Worden en Vergaan*.

Van Simplicius is van deze twee alleen het commentaar op *Physica* bewaard gebleven. Ons interesseert natuurlijk in het bijzonder, wat hij zegt naar aanleiding van den in *Physica* I, 4 voorkomenden tekst, welke van zoo groot belang is voor de kennis van de minima-naturalialeer van Aristoteles.

Deze zegt daar [2]): „Het is derhalve klaarblijkelijk, dat vleesch of been of welke andere stof ook niet elke willekeurige grootte kan hebben, noch wat de kleinheid, noch wat de grootheid der afmetingen betreft." Hij poneert deze stelling tegenover Anaxagoras, die immers aannam, dat er van iedere stof kiemen (homoiomerieën) bestonden, welke tot in het oneindige verdeeld konden worden zonder daarbij van aard te veranderen.

Hoewel er staat „of welke andere stof ook" kan terecht de vraag gesteld worden of Aristoteles wel aan iets anders gedacht heeft dan alleen aan bestanddeelen van een levend lichaam.

Bij Simplicius bestaat deze twijfel niet, naast vleesch en been noemt hij uitdrukkelijk lood en goud als voorbeelden [3]):

„Want ook van de kiemen van Anaxagoras is de grootte beperkt, wil de stof tenminste niet van aard veranderen.

En wanneer iemand hiertegen mocht opmerken, dat elke grootte tot in het oneindige deelbaar is en er derhalve altijd een grootte te vinden is, welke nog kleiner is dan een reeds verkregene kleine grootte, dan zou Aristoteles antwoorden, dat de homoiomerieën niet louter grootheden, maar *bepaalde* grootheden zijn, n.l. vleesch, been, lood, goud of dergelijke en deze kunnen bij deeling tot in het oneindige niet hun

---

[1]) *Cosmologia*, blz. 510.

[2]) De lezer gelieve voor het verband blz. 46 nog even op te slaan.

[3]) Ook bij den Aristotelestekst uit de *Zielkunde*, welke alleen slaat op levende wezens, merkt Simplicius uitdrukkelijk op, dat eveneens van niet-levende stoffen de grootte volgens de natuur bepaald is. *Comm. in Arist. graeca*. Vol XI 113, 16 ed. Hayduck.

bepaalden aard behouden. Als *grootheid* zijn ook deze tot in het oneindige deelbaar, als vleesch en been echter niet" [1]).

Deze tekst is niet alleen belangrijk vanwege het vermelden van goud en lood, doch ook omdat het voor de minima naturalia zoo beteekenisvolle onderscheid tusschen physische en mathematische deelbaarheid, door Simplicius klaar en duidelijk geformuleerd wordt [2]).

Uit de bespreking in hoofdstuk I weten wij waarom Aristoteles in dit caput zoo den nadruk legt op het bestaan van een kleinste hoeveelheid van iedere stof, welke niet meer verder verdeeld kan worden, het is om Anaxagoras' bewering te ontzenuwen, dat „alles in alles" is [3]). Aristoteles' betoog culmineerde in de stelling, dat in een eindige hoeveelheid water onmogelijk een oneindig aantal onderling gelijke vleeschdeeltjes van eindige grootte aanwezig konden zijn.

(*ἴσα πεπερασμένα* staat in den Griekschen tekst).

Simplicius commentarieert deze plaats zeer uitvoerig; van zeer groote waarde is echter, dat hij niet alleen zijn eigen interpretatie geeft, doch daaraan het commentaar van een ander vermaard commentator van Aristoteles, Alexander van Aphrodisias (± 200 na Chr.) doet voorafgaan [4]).

Alexander bevestigt, dat de kleine vleeschdeeltjes van gelijke grootte zijn, doch hij zegt daarbij zeer uitdrukkelijk, dat het gaat over de *kleinst mogelijke deeltjes.*

„αἱ γὰρ ἐλάχισται σάρκες ἴσαι τὸ μέγεθος ἄπειροι ἐν αὐτῷ ἔσονται" 169, 17.

(„In een eindige hoeveelheid water zouden, wanneer Anaxagoras gelijk had, een oneindig aantal kleinste vleeschdeeltjes voorkomen, in grootte aan elkaar gelijk").

---

[1]) *ὥρισται ἄρα καὶ τούτων τὸ μέγεθος, μέχρι που προελθὸν ἐν τῷ οἰκείῳ εἴδει μενεῖ. εἰδὲ λέγοι τις ὅτι πᾶν μέγεθος, ἐπ' ἄπειρόν ἐστι διαιρετὸν καὶ διὰ τοῦτο παντὸς τοῦ λαμβανομένου ἐστὶν ἔλαττον, ἴστω ὅτι αἱ ὁμοιομέρειαι οὐκ εἰσὶν ἁπλῶς μεγέθη, ἀλλ' ἤδη τοιάδε μεγέθη, σὰρξ καὶ ὀστοῦν καὶ μόλυβδος καὶ χρυσὸς καὶ τά τοιαῦτα, ἅπερ οὐχ οἷόν τέ ἐστιν ἐπ' ἄπειρον διαιρούμενα φυλάττειν τὸ εἶδος. ὡς μὲν γὰρ μεγέθη, ἐπ' ἄπειρον διαιρεῖται καὶ ταῦτα. ὡς δὲ σὰρξ καὶ ὀστοῦν, οὐκέτι. Comm. in Arist. graeca.* Vol. IX 167, 11—18 ed. Diels.

[2]) verg. blz. 49.

[3]) verg. blz. 46.

[4]) Dit blijkt uit den aanhef: *Ὁ μεν Ἀλέξανδρός φῆσι* „Alexander zegt" (169, 5) en tevens uit het slot der passage: *οὕτως μεν οὖν ὁ Ἀλέξανδρος καὶ ὁ Θεμίστιος ἐξηγήσαντο.* „Aldus interpreteeren Alexander en Themistius". 169, 24.

Hoenen, die Simplicius ook citeert, vermeldt dit echter niet. (*Cosm.* blz. 510).

Opmerkenswaard is dat in het geheele commentaar het woordje „ἐλάχιστος" (kleinste) herhaalde malen voorkomt.
Soms wordt daarbij „σὰρξ" (vleesch) weggelaten en staat er alleen ἐλάχιστος (resp. de verbuigingen hiervan [1]).
Men krijgt den indruk, dat „ἐλάχιστος" bij Alexander van Aphrodisias en Simplicius reeds dezelfde speciale beteekenis heeft, welke ook het Latijnsche aequivalent „minima" toekomt n.l.: de kleinst mogelijke deeltjes van een bepaalde stof.
De peripatetici spraken van „ἐλάχιστα" en „minima", zooals de atomisten van „ἄτομα". Deze beide woorden beteekenden niet zonder meer resp. „kleinsten" en „ondeelbaren", doch zij hadden den specialen inhoud van kleinste deeltjes der stof, zij drukten een begrip uit, zooals ook thans de woorden atoom en molecuul.
Een fraaie bevestiging van het bovenstaande vinden wij in het verdere commentaar van Alexander.
Aristoteles ging bij zijn weerlegging van Anaxagoras van een gedachtenexperiment uit, waarbij hij steeds kleine hoeveelheden vleesch uit het water afgescheiden dacht. Dit nu vat Alexander aldus op: „bij elke afscheiding wordt een bepaald aantal „ἐλάχιστα" afgescheiden" [2]).
Terwijl Aristoteles eenvoudigweg aldus redeneert: denken wij ons telkens *een weinig vleesch* [3]) afgescheiden, maakt Alexander van „een weinig vleesch" „een bepaald aantal ἐλάχιστα", een exegese, die ongetwijfeld beantwoordt aan de bedoeling van Aristoteles, doch welke tevens wijst op de speciale beteekenis van het woordje „ἐλάχιστα".
Simplicius, aan wien wij het commentaar van Alexander danken, is het echter niet eens met diens tekst-interpretatie. Hij meent, dat Aristoteles' betoog door dezen zoo bedoeld is geweest, dat zelfs afgezien van de feitelijk bestaande onderling gelijke ἐλάχιστα, Anaxagoras toch ongelijk [4]) heeft, een uitleg, welke niet bepaald voor de hand ligt en waarvoor Simplicius wel zeer onwaarschijnlijke argumenten tracht aan te halen, die voor de kwestie, welke ons bezig houdt, weinig terzake doen.

---

1) 169, 11, 12, 13, 20 en 170, 11, 12.
2) καθ' ἑκάστην γὰρ, φησίν, ἔκκρισιν ἀριθμος τις ἔσται ἐκκριμενόμενος τῶν ἐλαχίστων. 170, 9.
3) *Phys.* I, 4, 187 b 27.
4) 169, 25—170, 21.

Een ding staat immers vast, Simplicius zelf twijfelde geen moment aan het feitelijk bestaan der „ἐλάχιστα".
De commentaren van Themistius[1]) (4e eeuw na Chr.) en Joannes Philoponus[2]) (6e eeuw na Chr.) bieden na het voorafgaande weinig nieuws, zij vertoonen hetzelfde gebruik van het woordje „ἐλάχιστος", terwijl de wijze, waarop zij Aristoteles' redeneering tegen Anaxagoras weergeven geheel aansluit bij de zienswijze van Alexander van Aphrodisias. Daaruit blijkt wel, dat er reeds in dit tijdvak een communis opinio over de minima-naturalialeer bestond.

Averroës

Averroës (1126—1198) geb. te Cordova, geldt als de grootste der wijsgeerige denkers onder de Arabieren, zijn invloed is uitermate belangrijk geweest, in het bijzonder voor het Westen, dat door hem Aristoteles weer heeft leeren kennen.
Gelijk Aristoteles in de Middeleeuwen kortweg aangeduid wordt als „de filosoof", zal Averroës, wiens naam in het Arabisch Ibn Roschd is, als „de commentator" betiteld worden.
Om eenigen indruk te geven van de verbreiding van Averroës' werken in het Westen zij slechts vermeld, dat van diens commentaar op Aristoteles alleen in Venetië al meer dan vijftig uitgaven het licht zagen [3]).

Wijsgeerige fundeering der minima-naturalialeer bij Averroës

Het eerste, wat ons ook weer bij Averroës interesseert, is natuurlijk zijn commentaar op de nu reeds zoo bekende passage van het 4e caput uit het eerste boek der *Physica*.
Aristoteles' redeneering tegen Anaxagoras wordt door Averroës [4]) op dezelfde wijze uitgelegd als eerder door ons besproken is [5]), zoodat er geen reden is er lang bij stil te staan.

---

[1]) *Commentaria in Aristotelem Graeca*, Vol. V, pars. II ed. Schenkel 16, 4.
[2]) *Commentaria in Aristotelem Graeca*, Vol. XVI, ed. H. Vitelli 105, 14—16.
[3]) E. Renan: *Averroës et l'Averroïsme, blz. 15.* In Nederland is — voorzoover wij konden nagaan — slechts één exemplaar aanwezig en wel een van de uitgave van 1560. (Apud Cominum de Trinido, Montisferrati). Het is in het bezit der Groningsche Universiteitsbibliotheek. Wij citeeren het met aanduiding van het boek van Aristoteles en het nummer van het betreffende commentaar en de blz.
[4]) *Phys.* I, comm. 36, 37 en 38; blz. 18, 19.
[5]) verg. blz. 46 en blz. 66.

Doch Averroës gaat op veel meer plaatsen en in allerlei verbanden op de minima-naturalialeer in, zij blijkt veel meer dan bij Aristoteles en diens Grieksche commentatoren een wezenlijk bestanddeel van zijn physische opvattingen.

Wij zullen niet al deze plaatsen afzonderlijk bespreken, omdat zij te veel verweven zijn met den tekst van Aristoteles en de daarin behandelde kwesties, welke vaak ver verwijderd zijn van de centrale problemen, welke ons tot nu toe bezig hielden en bij deze reden voegt zich nog een andere: bij de behandeling van een aanhanger van Averroës uit het begin der 16e eeuw, Augustinus Niphus, die het commentaar van Averroës op zeer heldere en overzichtelijke wijze samenvat, bestaat nog volop de gelegenheid nader op den Averroistischen gedachtengang in te gaan. Hier ter plaatse vermelden wij dan alleen die Averroësteksten, welke van belang zijn om de visie van den Arabischen filosoof op de minima-naturalialeer goed te doen uitkomen. Wij weten dan tevens in welk ontwikkelingsstadium het Westen in het begin der Middeleeuwen de minima-naturalialeer leerde kennen, zoodat het straks mogelijk zal zijn het eigen aandeel der Middeleeuwen aan deze ontwikkeling te bepalen.

Hieronder volgen dan enkele teksten:

„Wanneer wij van het vuur een deel wegnemen, en vervolgens weer een deel enz., dan komen wij tenslotte bij een zoodanige quantiteit van het vuur, dat, indien deze nog verder verdeeld zou worden, het vuur vergaat, daar de minimale quantiteit van het vuur bepaald is" [1].

Het belangrijke onderscheid tusschen physische en mathematische delebaarheid, fundament der minima-naturalialeer, heeft natuurlijk de volle aandacht van Averroës, op verschillende plaatsen houdt hij er zich mee bezig.

„Een lijn kan als lijn tot het oneindige verdeeld worden, wat echter onmogelijk is, wanneer men een lijn beschouwd als van aarde gemaakt [2].

Het hangt er slechts van af, of men de zaak beschouwt als mathema-

---

[1]) V.g. quod, si primum motum ex se fuerit ignis iste demonstratus, et a quo auferemus partem et postea aliam, perveniemus ad talem quantitatem, quae si dividatur, corrumpetur ignis, cum minima quantitas ignis sit determinata. *Phys.* VIII, comm. 44; blz. 307 B. verg. ook *Phys.* VII, comm. 2; blz. 247 B.

[2]) linea, secundum quod est linea, potest dividi in infinitum, quod est impossibile secundum quod est linea terrestris. *Phys.* IV, comm. 72; blz. 134 B.

ticus dan wel als physicus, weet Averroës ons duidelijk te maken [1]. De oorzaak van het bestaan van minima naturalia zoekt Averroës in de specifieke werking van iedere stof. Deze eischt om te kunnen werken een bepaalde quantiteit.

„Het is onmogelijk, dat iets tot in het oneindige toe- of afneemt. Want indien de van nature bepaalde quantiteit wordt overschreden, hetzij naar boven of naar beneden, vergaat het zijnde. De werking immers van elk zijnde wordt tot stand gebracht door een begrensde quantiteit en qualiteit" [2].

Van bijzonder belang is — het zal later bij den Averroist, Niphus blijken — dat Averroës hier qualiteit en quantiteit in één adem noemt, hij kent dus niet alleen een quantitatief, doch evenzeer een qualitatief minimum.

Voor een goed begrip van de latere ontwikkeling der minima-naturalialeer is ook de volgende tekst nog van beteekenis:

„Het eerste wat bij een generatio of corruptio van een stof ontstaat of vergaat is het kleinste deeltje, dat van de betreffende stof gevonden kan worden: want het minimum van al wat ontstaat is van een begrensde quantiteit" [3].

Averroës denkt zich dus blijkbaar bij het wordingsproces de minima naturalia gerealiseerd, het bovenstaande schijnt althans een aanduiding in deze richting te bevatten, wij komen op deze kwestie, evenals op die van het qualitatieve minimum bij Niphus nog terug.

Beteekenis van Averroës

Het is uit bovenstaande teksten wel duidelijk, dat wij bij Averroës niet alleen de minima-naturalialeer van Aristoteles en diens Grieksche commentatoren klaar en helder vinden weergegeven, doch daarenboven ook eenige aanknoopingspunten aantreffen voor een verderen uitbouw der leer in natuurwetenschappelijke richting. Vooral de constateering

---

1) *Phys.* III, comm. 60; blz. 93 D en *de Coelo* III, comm. 38; blz. 210 A.

2) Unde impossibile est augeri in infinitum, aut diminui. Nam si transiverit quantitatem naturalem in diminutione, et in additione statim corrumpetur ens. Actio enim cuiuslibet entis perficitur per quantitatem, et qualitatem terminatam: sicut est dispositio in entibus artificialibus. *Phys.* VI, comm. 91; blz. 244 E. verg. ook *Phys.* VIII, comm. 62; blz. 321 B.

3) Primum autem in generatione, et corruptione est minima pars, quae potest inveneri de generato: minimum nam de omni generato est terminatae quantitatis. *Phys.* VI, comm. 32; blz. 215 A.

van het feit, dat de minima naturalia bij het ontstaan en vergaan van de stoffen van belang zijn, noodigde uit de minima-naturalialeer toe te passen bij de verklaring van bepaalde physische en chemische verschijnselen, iets wat bij de minima-naturalialeer van Aristoteles in tegenstelling met het wijsgeerig atomisme nog niet het geval was.
Het hoeft ons niet te verwonderen, dat ook de minima-naturalialeer, toen zij eenmaal was gaan behooren tot de wetenschappelijke uitrusting der Arabieren, naast haar wijsgeerig eveneens een meer natuurwetenschappelijk karakter begon te vertoonen. Bij Averroës reeds in kiem voorhanden, was het aan zijn aanhangers in de Middeleeuwen voorbehouden, den natuurwetenschappelijken kant tot volle ontplooiïng te brengen, zoodat tegen het einde der Middeleeuwen de minima-naturalialeer in natuurwetenschappelijk opzicht in geenen deele onderdeed voor het wijsgeerig atomisme.

Thomas van Aquino (1224—1274)

Heeft Averroës Aristoteles in het Westen weer geïntroduceerd, Thomas van Aquino is er de groote verbreider van het stelsel van den Stagiriet geweest.
Thomas' commentaar munt vooral uit door klaarheid, zijn redeneeringen zijn helder als glas, ook bij die kwesties, waar de tekst van Aristoteles allerminst duidelijk is.
De Aquiner heeft het wijsgeerig systeem van Aristoteles tot in den diepsten grond doordacht en het op eigen oorspronkelijke wijze weergegeven, al blijft zijn commentaar den tekst van Aristoteles op den voet volgen.
Thomas' belangstelling ging het meest uit naar de algemeene wijsgeerige grondbeginselen van Aristoteles, ook van de natuurfilosofie interesseerden hem waarschijnlijk alleen de groote lijnen. Dat blijkt evident uit de wijze, waarop Thomas de minima-naturalialeer behandelt, hij beperkt zich tot enkele voortreffelijke algemeene uiteenzettingen, voor het meerendeel alleen daar, waar de Aristotelestekst er een directe aanleiding toe vormt.
Zoo merkt Thomas bij het in *Phys.* I, 4 voorkomende: „Het is onmogelijk, dat vleesch of been een onbegrensde grootte hebben" het volgende op: „Wat hier gezegd wordt, schijnt in tegenstelling te staan met de deelbaarheid van een continue grootte tot in het oneindige. Want

wanneer een continue grootte tot in het oneindige deelbaar is, geldt zulks ook voor vleesch of been, dit zijn immers continue grootten. Een stukje vleesch zou derhalve door een verdeeling tot in het oneindige elke bepaalde kleine afmeting moeten kunnen overschrijden. Doch hier moet bemerkt worden, dat al is een lichaam uit mathematisch oogpunt beschouwd tot in het oneindige deelbaar, het zulks als physisch lichaam niet is.

In mathematisch opzicht wordt slechts met de quantiteit rekening gehouden en daarin is niets, wat een verdeeling tot in het oneindige afwijst. Doch in een physisch lichaam wordt mede de specifieke zijnsvorm beschouwd en deze eischt een bepaalde quantiteit, zooals zij ook andere accidenten eischt. Vandaar dat de quantiteit bij vleesch als stofsoort slechts gevonden wordt binnen bepaalde grenzen" [1]).

En even verder zegt Thomas:

„die kleinst mogelijke deeltjes van het vleesch zijn onderling gelijk" [2]).

Hetzelfde betoogt hij nog op vele andere plaatsen [3]).

Bij Averroës vonden wij eenige aanwijzingen voor uitbreidingen en toepassingen der minima-naturalialeer, onze belangstelling ging dan ook bij Thomas uit naar die teksten van Aristoteles, welke voor Averroës aanleiding werden tot minima-naturaliabeschouwingen. Thomas schijnt echter geen behoefte gehad te hebben aan een verdere uitwerking in physisch opzicht, al is zijn commentaar in het algemeen wel van dien aard, dat Averroës' uitweidingen er in zouden passen. Dit blijkt ook al hieruit, dat Thomas, die Averroës' commentaar voor zich had, het regelmatig bespreekt en er zoo noodig stelling tegen neemt, met geen woord rept over Averroës' toepassingen.

Uit de boven weergegeven weinige, doch voor de houding van den Aquiner in deze materie karakteristieke citaten mag men de conclusie trekken, dat hij de wijsgeerige basis van Aristoteles' minima-naturalialeer op uitstekende wijze heeft weergegeven zonder echter daaraan toepassingen op natuurwetenschappelijk terrein te hebben verbonden.

Waar in dit werk het hoofdaccent ligt op de beteekenis van de minima-naturalialeer voor de latere atoomtheorie is er geen reden langer bij de leer van Thomas stil te staan.

---

[1]) *Commentaria Phys.* Lib. I, lect. IX, 9.

[2]) *Commentaria Phys.* Lib. I, lect. IX, 10.

[3]) *Commentaria Phys.* Lib. VI, lect. III, 9; *St. Th.* I q. 7 ad 3, c.

De minima-naturalialeer in de 14e eeuw

In zijn voortreffelijke studie over Leonardo da Vinci is Duhem tot verrassende ontdekkingen gekomen betreffende de ontwikkeling der natuurwetenschap in de 14e eeuw, met name bij de z.g. Parijsche nominalisten. In de inleiding wezen wij daar reeds op.
Duhem had bij zijn onderzoekingen in de eerste plaats het oog gericht op de historie der mechanica, der mathematica en der astronomie, slechts terloops heeft hij ook de minima-naturalialeer van de Parijsche nominalisten besproken.
Dit laatste is overigens niet het meest gelukkige onderdeel van Duhem's studie. Hij verkeerde n.l. in de meening, dat de minima-naturalialeer eerst tegen het einde der 13e eeuw ontstaan is en als den grondlegger ervan beschouwde hij een leerling van Thomas: Aegidius van Rome. Slechts door een volledige onbekendheid met de voorgeschiedenis der minima-naturalialeer kon Duhem neerschrijven:
„Au début du XIVe siècle, l'atomisme prit une forme plus subtile que celle dont s'étaient contentés Démocrite, Leucippe et Epicure; cette forme lui fut surtout donnée par un moine Augustin, disciple éminent de Saint Thomas, le bienheureux Gilles Colonna ou Gilles de Rome (1247—1316).
A la base de la doctrine soutenue par Gilles de Rome se trouve une distinction essentielle:
La grandeur peut être considérée de trois manières différentes. On peut la considérer, en premier lieu, en tant que pure grandeur, en faisant entière abstraction de la matière en laquelle elle est réalisée.
On peut, en second lieu, la considérer d'une manière plus concrète, comme réalisée en une certaine matière, mais sans spécifier aucunement la nature de cette matière.
On peut, enfin, la considérer d'une manière encore plus concrète, comme réalisée en une matière dont la nature soit spécifiquement déterminée.
Ces trois points de vue doivent être nettement distingués lorsque l'on se propose de donner une réponse juste à cette question: La grandeur est-elle divisible à l'infini?
La grandeur pure et abstraite de toute matière, la grandeur telle que le géomètre la conçoit, est évidemment divisible à l'infini.

Il en est encore de même de la grandeur réalisée en la matière, mais en une matière dont la nature demeure indéterminée.
Il en est tout autrement de la grandeur réalisée en une matière dont la nature est déterminée; cette grandeur ne saurait être divisée indéfiniment sans changement de nature de la matière où elle est concrétisée. Ainsi, on pourra imaginer que l'on divise indéfiniment un volume d'un pied cube abstrait de toute matière; on pourra concevoir également que l'on divise à l'infini une quantité de matière mesurant un pied cube; mais si cette matière est de l'eau, on ne pourra la diviser en parties toujours plus petites sans qu'elle cesse à un certain moment d'être de l'eau, sans qu'elle se transforme en une autre substance; il y a un volume minimum d'eau dont la matière est encore divisible, mais dont la forme s'altère par l'effet de cette division et cesse d'être la forme de l'eau.
Assurément, cette puissante théorie n'a pas été créée, de toutes pièces par Gilles de Rome; on en trouve chez certains de ses prédécesseurs les premiers linéaments.
Averroès semble, en divers endroits, admettre des minima naturels" [1]. Eenige bladzijden terug zagen wij de *volledige* in dit citaat weergegeven theorie van Aegidius van Rome bij Averroës en ook bij dezen is er geenszins sprake van een origineele visie, reeds Simplicius commentarieerde op ongeveer dezelfde wijze den gedachtengang van Aristoteles. Aegidius deed dus niets anders dan een in zijn dagen algemeen verbreide leer, welke hij ook op de collegebanken van zijn leermeester Thomas van Aquino geleerd zal hebben [2], neerschrijven en het mag dan ook een zuivere toevalligheid genoemd worden, dat Duhem deze leer bij Aegidius tegenkwam, het had hem evengoed bij een ander kunnen gebeuren, aan wien hij dan waarschijnlijk de creatie dezer leer als bijzondere verdienste toegeschreven zou hebben.
Tegen het zien van de minima-naturalialeer als „een meer subtiele vorm van het atomisme van Democritus", waarvan Duhem in het begin van het aan hem ontleende citaat blijk geeft, is op zich niet zooveel

---

[1]) P. Duhem: *Études sur Léonard de Vinci. Deuxième série*, blz. 11, 12. Dit werk wordt verder aangegeven als Duhem, Études II.
[2]) Zie ook Hoenen: *Cosmologia*, blz. 505 e.v., waar deze de afhankelijkheid van Aegidius gedocumenteerd aantoont.

in te brengen, al is het niet waarschijnlijk, dat Aristoteles onder invloed van Democritus' atomisme tot zijn minima-naturalialeer gekomen is, in *Phys.* I, 4 zet hij immers uiteen, dat hij uit de *ervaring*, die hem bij levende wezens specifieke *minima* (en ook maxima) deed kennen, besloot tot minima bij alle stoffen.

Het is echter zeker niet waar, dat „deze meer subtiele vorm van het atomisme" pas in de 14e eeuw het aanschijn gekregen heeft, na alles, wat wij in vorige hoofdstukken schreven, mag het overbodig heeten op deze misvatting van Duhem nog nader in te gaan.

Intusschen zou het onjuist zijn Duhem zijn vergissing zwaar aan te rekenen, hij verrichtte pionierswerk, in zijn tijd was de minima-naturalialeer vrijwel onbekend en zij lag daarenboven aan de peripherie van zijn terrein van onderzoek.

In het licht van de interessante gegevens, welke Duhem op zijn eigen gebied omtrent het baanbrekend werk van de Parijsche nominalisten heeft verzameld, lokte ons de studie hunner minima-naturalialeer bijzonder aan. Helaas beschikt ons land echter over geen origineele bronnen op dit gebied (hoewel deze rijkelijk voorhanden zijn), wij moesten er dus van afzien de eigen werken der Parijsche nominalisten te raadplegen [1].

Doch gelukkigerwijze geeft Duhem uitgebreide citaten, terwijl ook Niphus, die in zijn commentaren [2] op de verschillende werken van Aristoteles vaak zeer uitvoerig de opinies van vroegere commentatoren weergeeft, in het bijzonder aan de zienswijze der Parijsche nominalisten groote aandacht schenkt. Daarenboven beschikten wij nog over de commentaren van Burleaus (begin 14e eeuw), D. Soto (begin 16e eeuw), Pererius (16e eeuw) en Toletus (16e eeuw) [2], welke allen, zij het niet zoo uitvoerig als Niphus, ook de sententies van voorgangers en tijdgenooten weergeven.

Zoo was het toch nog mogelijk eenigermate een idee te krijgen van de minima-naturalialeer der Parijsche nominalisten.

---

[1]) Wij schrijven het jaar 1941, de bibliotheken van het buitenland zijn derhalve niet toegankelijk.

[2]) Zie litteratuurlijst.

Relativeering van het minimum-naturalebegrip

Reeds bij Buridanus (1e helft der 14e eeuw) treffen wij een eenigszins andere formuleering voor het minimum-naturalebegrip aan dan wij tot nu toe gewend waren.

„Men kan zulk een kleine hoeveelheid van een stof hebben, dat deze geïsoleerd niet gedurende merkbaren tijd bestaan blijft, deze kleine hoeveelheid zal voortdurend naar zijn vernietiging streven" [1]).

Buridanus schijnt derhalve te meenen, dat een stof beneden de grootte van haar minima naturalia niet bestendig is. Doch volgens de zuivere Aristotelistische en Averroistische minima-naturalialeer gaat het heelemaal niet over de vraag of een stof nog bestendig is beneden een minimale grootte, het minimum-naturalebegrip drukt immers niet uit, dat een stof beneden de afmeting van haar minimum naturale *onbestendig* is, doch het geeft aan, dat een bepaalde stof *in het geheel niet bestaanbaar* is, d.w.z. op geen enkele wijze gerealiseerd kan worden met een geringere quantiteit materie dan de quantiteit van het minimum naturale.

Het is waarschijnlijk mede onder invloed van deze veranderde vraagstelling, dat de minima-naturalialeer bij Albertus van Saksen (1316—1390), een iets jongere tijdgenoot van Buridanus, een belangrijke wijziging ondergaat.

„Het is waar, dat in een gegeven milieu en in gegeven omstandigheden een stof slechts bestaan kan boven een zeker minimum. Doch dit minimum hangt af van het milieu en de omstandigheden, zoodat een zekere hoeveelheid stof, te klein om te bestaan in een bepaald milieu, heel goed bestendig kon zijn in een ander milieu.

Wanneer men derhalve op een absolute wijze, zonder daarbij iets aan te geven omtrent het milieu en de omstandigheden, spreekt van een minimum, waar beneden een stof niet bestaan kan, dan is dit niet juist" [2]).

Marsilius van Inghen [3]) (2e helft der 14e eeuw) volgt de

---

[1]) Magistri Johannis Buridam *questiones totius libri Physicorum;* lib. I, quaest. XIII: *Utrum omnia entia naturalia sunt determinata ad minimum.* Duhem: *Études* II, blz. 384.

[2]) *Acutissimae quaestiones super libros de physica auscultatione ab* Alberto de Saxoniae editae. In librum I, quaestio X. Duhem: *Études* II, blz. 15.

[3]) Dit plaatsje ligt in Gelderland!

sententie van Albertus van Saksen, ook hij kent geen minimum naturale voor iedere stof in absoluten zin [1]).

Bij de Parijsche nominalisten is de geheele aanpak van het minima-naturaliaprobleem derhalve anders dan voorheen [2]), zulks wordt bevestigd door de mededeelingen van Niphus.

Wanneer deze aan de hand van den tekst van Aristoteles in *Phys.* I, 4 en het commentaar daarop van Averroës uiteengezet heeft, dat er minima naturalia bestaan, vervolgt hij: „Derhalve wordt in tegenstelling met de nominalisten geponeerd, dat er geen oneindig klein paard of mensch bestaan kan" [3]).

Iets naders omtrent het standpunt der nominalisten krijgen wij te hooren in de eigen beschouwing, welke Niphus tot besluit van het caput 4 van het 1e boek der *Physica* aan de minima naturalia wijdt. De nominalisten bleken van meening te zijn, dat er geen intrinsiek bepaalde minima of maxima zijn bij de natuurlijke stoffen, doch wel minima in dien zin, dat een geringere hoeveelheid zintuigelijk niet meer waargenomen kan worden" [4]).

Niphus gaat uitvoerig in op de argumenten, welke de nominalisten naar voren gebracht hebben om de onmogelijkheid van intrinsiek bepaalde minima naturalia aan te toonen, weerlegt deze grondig aan de hand van Aristoteles en Averroës; van de argumenten ten gunste van de extrinsieke bepaaldheid vernemen wij echter jammer genoeg niets. Ook in het 6e boek der *Physica* vindt Niphus nog aanleiding een en ander omtrent de visie der nominalisten te vermelden. Het is bij de kwestie, welke veranderingen continu en welke discontinu verloopen. Averroës' standpunt dienaangaande is, dat slechts de plaatselijke beweging een continu verloop heeft, en dat alle andere veranderingen discontinu zijn vanwege de minima [5]). De nominalisten daarentegen gingen er van uit, dat alle veranderingen continu ver-

---

[1]) *Questiones subtilissime* Johannis Marcilii Inguen *super octo libros physicorum secundum nominalium viam.* Lugduni, 1518. In librum I quaest. XIII. Duhem: *Études* II, blz. 15.

[2]) Dit is waarschijnlijk ook het geval bij Ockam, een der grondleggers van het nominalisme. verg. blz. 80.

[3]) Niphi *expositio,* blz. 38 col. a.

[4]) Niphi *expositio,* blz. 39 col. b.

[5]) verg. blz. 85.

liepen, waardoor dus het bestaan van intrinsiek bepaalde minima naturalia werd uitgesloten [1]).

Deze door Niphus vermelde sententies vullen de citaten van Duhem geheel aan. Uit beiden is het duidelijk, dat de nominalisten geen intrinsiek, d.w.z. door den aard der betreffende stof, bepaalde minima naturalia aannamen, doch slechts zulke waarvan de bestaansmogelijkheid louter en alleen afhing van uitwendige factoren.

Vandaar dat de kwestie van de bestendigheid meer op den voorgrond treedt dan de kwestie van de mogelijkheid van het bestaan zelf.

In wijsgeerig opzicht hebben de Parijsche nominalisten het minima-naturaliabegrip derhalve eer verzwakt dan versterkt, natuurlijk is het geenszins onmogelijk, dat met dit wijsgeerig verzwakte begrip toch een uitgebreide toepassing ter verklaring van verschillende physische en chemische verschijnselen is samengegaan, in het weinige materiaal, hetwelk ons ter beschikking stond, hebben wij echter niets van dien aard kunnen vinden.

Het is ook niet waarschijnlijk. Zooals de lezer immers bij de eerste kennismaking met de minima-naturalialeer reeds zal vermoed hebben — en dit vermoeden wordt door de historie ten volle gerechtvaardigd — bestaat de kracht der minima-naturalialeer in het poneeren van *soortelijk* bepaalde en onderscheiden kleinste deeltjes. En wanneer nu, zooals de nominalisten hielden, het niet meer de *οἰκεία φύσις*, de specifieke aard is, welke de minima bepaalt, doch de uiterlijke omstandigheden, dan verdwijnt het specifiek karakter der minima en daarmee ook haar beteekenis voor de natuurwetenschap.

In tegenstelling met de nominalisten houdt de eveneens in het begin der 14e eeuw levende Averroist, Joannes de Janduno vast aan de traditioneele minima-naturalialeer van Aristoteles.

„Een natuurlijke substantie, vuur b.v., is als quantiteit, dus voorzoover zij een zeker volume inneemt, tot in het oneindige deelbaar, als natuurlijke substantie echter niet; wanneer men tot een bepaalden graad van verdeeling voortgaat, zal de zijnsvorm vernietigd worden; vuur b.v. zal zich dan in lucht of water transformeeren" [2]).

Van Averroës verschilt Joannes de Janduno daarin, dat hij geen

---

[1]) Niphi *expositio*, blz. 474 col. b.

[2]) Duhem: *Études* II, blz. 14.

minima qualitatis aanneemt. „Een qualitatieve verandering verloopt continu en is tot in het oneindige deelbaar, wat het verwerven der qualiteit betreft, zij verloopt echter discontinu, wat het subject betreft hetwelk de verandering ondergaat" [1]).

In de 14e en 15e eeuw kwam nog een andere modificatie der minima-naturalialeer voor dan die der Parijsche nominalisten.

In zijn samenvattend, reeds eerder aangehaald, overzicht deelt Niphus o.a. ook de volgende opinie van de „juniores" „jongere filosofen" mede [2]):

„Zij maken onderscheid tusschen die dingen, welke homogeen zijn, zooals vleesch, dat bij de verdeeling vleesch en vuur, dat bij de verdeeling vuur blijft en dezulken, welke heterogeen zijn, zooals een oog, een arm enz. Bij deze heterogene nemen zij een maximale en minimale grootte aan, bij de homogene echter niet. Als argument voor deze sententie voeren de juniores aan, dat de heterogene (d.w.z. de organisch opgebouwde) dingen om tot een bepaald soort te behooren, de voor die soort specifieke werking moeten kunnen uitoefenen. Welnu, een dergelijke specifieke werking is alleen mogelijk binnen bepaalde grenzen" [3]).

Namen noemt Niphus niet, doch het is wel duidelijk, dat hij Duns Scotus en diens aanhangers op het oog heeft, want deze namen alleen voor homogene dingen minima aan [4]). heterogene??

Zoo schrijft een directe leerling van Duns Scotus, Walter Burleaus (begin 14e eeuw):

„Men moet derhalve zeggen, dat in homogene dingen geen maximum of minimum mogelijk is, wel echter in heterogene, zooals in levende wezens" [5]).

Merkwaardig is voorts Burleaus' opmerking, dat, wanneer iemand met den Commentator (Averroës) van meening is, dat zoowel in homogene

---

[1]) Niphi *expositio*, blz. 577 col. b.

[2]) Niphi *expositio*, blz. 39 col. b.

[3]) Niphi *expositio*, blz. 39 col. b.

[4]) Verg. Toletus: *Commentaria una cum quaestionibus in octo libros Arist. de phys. ausc.* In Lib. I q. IX blz. 25, 1.

[5]) Dicendum igitur, quòd in homogeneis non est dare maximum nec minimum possible in tali specie, tamen in etherogeneis, ut in animatis est dare maximum, et minimum possibile in tali specie — Gualt. Burlaei. *De Physica auscultatione commentaria.* Venetiis 1589, blz. 70 A.

als heterogene dingen minima naturalia aangenomen moeten worden, hij eveneens behoort te zeggen, dat deze bepaaldheid voortkomt uit de intrinsieke natuur van het betreffende ding en niet vanwege het omringende medium [1]).

Deze uitspraak van Burleaus bevestigt niet alleen fraai, dat Averroës de groote voorvechter der minima-naturalialeer is, doch zij leert tevens, dat de sententie, welke het bestaan van minima naturalia aan uitwendige factoren toeschreef, al een zeer oude is.

Wij troffen ze in het ons ten dienste staande materiaal het eerst aan bij Buridanus, doch daar Burleaus ouder is dan Buridanus, moet de bedoelde sententie dus ook ouder zijn en waarschijnlijk reeds aan Ockam, een der grondleggers van het nominalisme worden toegeschreven.

Niphus vermeldt, dat ook in zijn tijd nog vele vooraanstaande filosofen deze meening waren toegedaan.

Practisch komt deze wel daarop neer, dat alleen minima naturalia worden aangenomen voor levende, organisch gedifferentieerde objecten.

Op zich zelf is deze sententie niet zoo verwonderlijk, immers de Aristotelestekst geeft als voorbeelden van minima naturalia alleen vleesch en been, al doet de contekst waarin op den samenhang van het minimum naturale met den specifieken aard de nadruk gelegd wordt en verder de interpretatie van de Grieksche commentatoren wel vermoeden, dat Aristoteles de minima-naturalialeer ook toegepast wilde zien op anorganische stoffen.

Onder de minima-naturalia-aanhangers in de 15e eeuw kan ook Leonardo da Vinci (1452—1519) genoemd worden.

Niettegenstaande deze in menig punt de mechanica der Parijsche nominalisten heeft overgenomen, schijnt zijn minima-naturalia-opvatting daarentegen nauwer aan te sluiten bij Aristoteles en Averroës [2]).

---

[1]) Si quis tamen vellet sustinere Commentatorem oportet dicere, quòd tam in homogeneis quam in etherogeneis est dare minimum per se existens, et tunc oportet dicere, quòd hoc est a natura intrinseca, et non solum propter contrarietatem continentis. ibidem, blz. 70 A.

[2]) Duhem: *Etudes* II, blz. 51, 52.

De minima-naturalialeer in de 16e eeuw

Een goed beeld van de wijze, waarop in het begin der 16e eeuw de minima-naturalialeer in Averroistischen kring gedoceerd werd, verkrijgt men uit de werken van Augustinus Niphus (1473—1546) [1]. Deze Italiaansche Averroist kwam reeds eenige malen ter sprake, aan hem immers ontleenden wij de commentaren van vele schrijvers uit voorafgaande eeuwen.

Niphus' eigen commentaar op Aristoteles' *Physica* sluit geheel bij dat van Averroës aan, doch hij heeft dit belangrijk uitgewerkt en van talrijke toepassingen voorzien.

De bekende Aristotelestekst in *Phys.* I, 4 wordt door Niphus op de gebruikelijke wijze gecommentariëerd, slechts een opmerking is de moeite waard, welke echter straks in ander verband beter tot haar recht komt.

In het onderscheid tusschen mathematische en physische deelbaarheid leert Niphus, na hetgeen wij bij Averroës en Thomas zagen, weinig nieuws, van belang is echter de wijze, waarop Niphus het bestaan van minima naturalia aan de hand van Averroës fundeert:

„De grond van de begrenzing der stof is gelegen in de forma, waardoor de specifieke werking en de soort bepaald wordt, de grond van het niet begrensd zijn daarentegen is de materie zelf, welke om met Plato te spreken een zekere oneindigheid bezit: de reden van de begrenzing der forma, wat de maximale en minimale grootte betreft, schijnt daarin gelegen, dat zij de draagster is van het een of ander effect, hetwelk slechts met een bepaalde quantiteit stof te voorschijn geroepen kan worden" [2].

En Niphus merkt hierbij nog op: „Dit is de opinie van alle peripatetici" [2].

Ook in zijn commentaar op den in het zesde boek der *Physica* voorkomenden tekst [3] zet Niphus in navolging van Averroës uiteen, waarom voor iedere stof minima naturalia aangenomen moeten worden. „Iedere specifieke werking vereischt een bepaalde quantiteit. Daar nu

---

[1]) Voor bijzonderheden zie K. Werner. *Der hl. Thomas v. Aquino III. Geschichte des Thomismus* 1859, blz. 128—130.

[2]) Niphi *expositio*, blz. 40 col. a.

[3]) verg. blz. 47.

geen enkel ding zonder specifieke werking is, zal ook geen ding zonder eigen en vastgestelde quantiteit zijn. En dit is de reden, dat geen enkel natuurlijk ding tot in het oneindige verdeeld kan worden" [1]. Dat is een schoone redeneering, voegt Niphus eraan toe .

Deze paar teksten zijn voldoende om aan te toonen, dat bij Niphus dezelfde grondgedachten als bij Aristoteles en diens Grieksche commentatoren gevonden worden, alleen meer uitgewerkt en toegelicht. Doch Niphus gaat evenals Averroës bij veel meer gelegenheden op minimakwesties in dan Aristoteles zelf. Wij hebben er reeds bij de bespreking van dezen laatsten op gewezen, dat er verschillende plaatsen in diens werken voorkomen, waar men als het ware uitgenoodigd wordt een toepassing der minima-naturalialeer te zien — de latere commentatoren zijn dit dan ook steeds meer gaan doen — terwijl Aristoteles zelf daar in het geheel niet over minima naturalia spreekt. Een typeerend voorbeeld daarvan vindt men in het achtste boek der *Physica:* „Niets vermeerdert of vermindert continu. Wanneer het al waar is, dat vele vallende druppels een steen een klein beetje uithollen, dan mag men nog niet daaruit concludeeren, dat ook de helft der druppels in de helft van den tijd den steen iets zal uithollen. Wat van den steen weggenomen wordt blijft wel deelbaar, de deelen worden echter nooit afzonderlijk, doch altijd tezamen weggenomen. Het is derhalve duidelijk, dat het niet noodzakelijk is, dat voortdurend de steen iets uitgehold wordt, omdat de steen tot in het oneindige deelbaar zou zijn, doch telkens wordt na een zeker tijdsverloop een bepaald geheel weggenomen" [2].
Men proeft uit dezen Aristoteles-tekst het verschil tusschen mathematische en physische deelbaarheid, alsook het aan de redeneering ten grondslag liggende aannemen van minima naturalia, welke echter met geen woord genoemd worden.
„De reden, (waarom de vermeerdering of vermindering niet continu verloopt) geeft Aristoteles niet, iets wat Averroës wel doet" [3], merkt Niphus op, voordat hij het op bovenstaanden tekst slaande commentaar van Averroës weergeeft.

---

[1]) Niphi *expositio*, blz. 519 col. a. b.
[2]) *Phys.* VIII, 3. 253 b 16—23.
[3]) Niphi *expositio*, blz. 576 col. b.

Volgens Niphus gaat deze van de veronderstelling uit, dat elke vermeerdering of vermindering bestaat in het toevoegen of wegnemen van een zeker aantal minima naturalia, zoodat daarin de reden moet gezocht worden, dat het uithollingsproces van een steen noodzakelijkerwijs discontinu verloopt [1]).

Het feit, dat Averroës en Niphus op meer plaatsen dan Aristoteles op de minima-naturalialeer ingaan, geeft een aanwijzing, dat deze leer in hun systeem een voornamere plaats inneemt dan in dat van den Griekschen wijsgeer, het vormt echter nog geen bewijs, dat de minima-naturalialeer van de Averroisten elementen bevat waardoor zij in beteekenis uitgaat boven de leer, zooals wij deze bij den grondlegger Aristoteles vinden. Toch is ook dit het geval, zij het meer in *natuurwetenschappelijk* dan in *wijsgeerig* opzicht.

Het verschil tusschen de Averroisten en Aristoteles

Aristoteles spreekt alleen van minima naturalia bij de theoretische gedachte verdeeling van een bepaalde stof. Hij paste ze ook slechts toe bij een gedachtenexperiment, want de redeneering tegen Anaxagoras is niets anders.

Wellicht heeft ook Aristoteles bepaalde physische en chemische consequenties aan het bestaan van minima naturalia verbonden, doch hij uit deze nergens.

Minima naturalia zijn in de beschouwingswijze van Aristoteles louter potentieele deelen, die in theorie weliswaar gerealiseerd zouden kunnen worden, doch over de vraag of dit bij een of ander physisch proces inderdaad het geval is, laat hij zich niet verder uit, een enkele passage uit *Worden en Vergaan* daargelaten [2]).

In verband nu met het zoo juist gezegde, zouden wij de uitlating willen vermelden, welke Niphus Averroës in den mond legt en welke voorkomt in het commentaar op *Phys.* I, 4 [3]).

---

[1]) verg. *Phys.* VIII comm. 23; blz. 286, waar Averroës overigens niet zoo expliciet commentarieert, als Niphus doet voorkomen, al is de exegese van Niphus inderdaad juist, zooals ook bevestigd wordt door Dom. Soto: „Est enim Comment. opinio augmentationem fieri per minima". „Het is de opinie van den Commentator, dat de vermeerdering door middel van minima plaats heeft". (*Super octo libros Physicorum Commentaria*, blz. 410 C.). Verg. ook Dominici Soto *in octo libros Physicorum Quaestiones. Phys.* I, Q. 4, blz. 68.

[2]) Verg. blz. 81.

[3]) Verg. blz. 49.

De minima worden daar actueele deelen genoemd en met actueel bedoelt Averroës in dit verband: deelen, welke van het geheel en elkaar te scheiden zijn.

Wanneer wij den tekst van Niphus [1]) met den oorspronkelijken van Averroës [2]) vergelijken, dan valt het op, dat Averroës de minima niet uitdrukkelijk noemt, al is het uit den contekst van het geheele commentaar duidelijk, dat deze wel bedoeld zijn. Immers het betreft hier de tekst, waarin Aristoteles afleidt dat van vleesch en been minima naturalia bestaan.

Het „partes in actu" (actueele deelen) wijst erop, dat Averroës de minima naturalia een meer zelfstandig bestaan met een eigen functie toebedacht dan Aristoteles.

De fundamenteele beteekenis voor de natuurwetenschap van deze nieuwe toepassing treedt bij de latere Averroïsten, met name reeds bij Niphus, welke de minima naturalia als actueele deelen zeer uitdrukkelijk naar voren haalt, duidelijk aan het licht.

Wij zullen nog gelegenheid hebben nader op deze nieuwe toepassing in te gaan en volstaan thans slechts met haar te signaleeren.

Minima qualitatis

Zooals wij zagen heeft Averroës het minimumbegrip ook toegepast op de qualiteit. Naast de discontinue quantiteits- kende hij ook de discontinue qualiteitsverandering.

---

[1]) Averroes vero ait partes esse in duplici differentia, aut secundum qualitatem, ut quae sunt alterius rationis et inter se et a toto, ut sunt materia et forma: aut secundum quantitatem, quae adhuc bifariae sunt, aut actu, ut quae esse possunt separata et inter se, et a toto, aut potentia, quae neque inter se, neque a toto separari possunt, ut eae videlicet, quae tamen designantur: minima nam ipsa cuiusvis generis partes actu, partes minimorum, potentias tamen. Niphi *expositio*, blz. 37 col. b; blz. 38 col. a.

[2]) Cum partes dicantur quandoque secundum qualitatem et quandoque secundum quantitatem; et hoc duobus modis, aut partes, quae sunt in potentia in toto; aut partes, quae sunt actu in toto; et quia non consequitur ut totum sequatur partes in mensura, nisi in partibus; quae sunt secundum quantitatem, quae sunt in toto in actu, declaravit (Aristoteles) quod istud intendebat hic per partem; et dixit et intelligo hic partem, et c. i. et intelligo hic per partem quae est de specie partium, in quas totum dividitur secundum quantitatem, et non secundum qualitatem: sicut corpus dividitur in materiam et formam: neque partes, quae sunt in toto secundum potentiam, sed partes, in quas universum dividitur: et sunt illae, quae sunt in toto in actu. *Phys.* I, 4 comm. 36; blz. 18 B.

Wat bij Averroës echter slechts summier werd aangegeven, wordt door Niphus breed uitgewerkt, zooals blijkt uit een beschouwing, door Niphus gewijd aan de kwestie, welke veranderingen continu en welke discontinu verloopen.

Volgens sommigen (o.a. de Parijsche nominalisten) verloopen alle veranderingen continu, Niphus meent echter met Averroës, dat zulks slechts geldt voor de verandering van plaats, m.a.w. voor de locale beweging. Elke andere verandering, als de generatio (het ontstaan) van een nieuwe stof, een verandering van qualiteit of quantiteit heeft een discontinu verloop en wel vanwege de minima [1]).

Doch tegen deze laatste sententie worden verschillende moeilijkheden gemaakt, weet Niphus ons te vertellen [2]).

De wijze, waarop Averroës deze, volgens Niphus, opgelost zou hebben, is verrassend voor den natuurwetenschapsbeoefenaar der twintigste eeuw. „Ter oplossing zij bemerkt, dat Averroës en de natuurfilosofen onder den graad van een forma [3]) verstaan dat deel van een forma, hetwelk een natuurlijk agens door een momentane werking kan produceeren in een goed gedisponeerde stof. Dit deel zou men de minimale qualiteit kunnen noemen. Elke willekeurige qualiteit is derhalve slechts

---

[1]) Ex iis sequitur quod forma in alteratione, et auctione fiat per minima, modo acquisitio harum formarum est generatio formae absolutae. Niphi *expositio*, blz. 474 col. b.

[2]) Niphi *expositio*, blz. 474 col. b.

[3]) Tot een juist verstaan dezer uitdrukking is het noodig te weten, dat Averroës de meening toegedaan was, dat een zijnsvorm in al de verschillende stadia, welke liggen tusschen mogelijkheid en verwerkelijking kon voorkomen. Deze stadia werden door hem „graden" der forma genoemd.

Daarenboven gebruikte Averroës, zooals ook vele andere peripatetici, het begrip forma in twee beteekenissen. De eerste is ons reeds goed bekend: het is de forma als zijnsvorm, deze drukt het wezen van iets uit, maakt het tot wat het is. In de tweede beteekenis wordt forma slechts gebruikt om een qualiteit uit te drukken, deze forma maakt het ding dus niet tot wat het is, zij verleent slechts een bepaalde qualiteit. De laatste forma wordt zeer treffend, forma accidentalis genoemd (bijkomstige vorm), daar zij niets omtrent het wezen aangeeft, iets wat de zijnsvorm: forma substantialis (zelfstandigheidsvorm) wel doet. In den boven geciteerden tekst is de accidenteele forma bedoeld, het gaat immers over een qualiteitsverandering. Met den graad der forma wordt hier dus een intensiteitsgraad bedoeld, zooals wij ook thans nog van intensiteitsgraden bij warmte spreken.

In den zin van intensiteitsgraad, welke dus alleen op een qualiteit, een forma accidentalis, betrekking heeft, werd het graadverschil bij de formae door veel Middeleeuwers geaccepteerd. Dat een forma substantialis ook graden zou hebben, beschouwde men echter algemeen als een grove dwaling van Averroës.

deelbaar in eindige minima, al blijft zij potentieel tot in het oneindige deelbaar" [1]).

Dit citaat is uitermate belangrijk. Zooals de quantiteit volgens de leer van Aristoteles niet tot in het oneindige deelbaar is en de deelbaarheid bij de minima naturalia ophoudt, is zulks ook het geval met de qualiteit, althans in den gedachtengang van Averroës en Niphus „minimum ex parte formae" (het minimum vanwege de accidenteele forma) is de technische term, welken Niphus hiervoor gebruikt.

Naast dit qualitatieve minimum blijft natuurlijk ook het quantitatieve, het ons reeds zoo vertrouwde minimum naturale, bij de qualiteitsverandering zijn functie vervullen.

„Minimum ex parte subjecti" (minimum vanwege het subject, dat de verandering ondergaat) noemt Niphus het minimum naturale in dit verband.

„Het is die quantiteit, welke hetzelfde agens naturale (als boven vermeld) door een momentane werking ineens kan veranderen, zooals b.v. een minimum van het te verwarmen lichaam.

Uit deze twee definities blijkt [2]), dat zoowel het qualitatieve als het quantitatieve minimum even snel door een sterk als door een zwak werkend agens worden geproduceerd, daar beide immers ontstaan tengevolge van een momentane werking" [3]).

Waarin bestaat dan eigenlijk het verschil tusschen een meer en een minder sterk werkend agens?

„Het eerste produceert in denzelfden tijd meer minima" [4]).

En hiermede is het schijnbare continue verloop tot een discontinu teruggebracht.

Hoe stelt Niphus zich nu eigenlijk precies de werking van een agens op een stof voor?

---

[1]) Pro solutione est igitur animadvertendum primo quod Averroës et naturales philosophi gradum formae vocant partem formae actualem quam agens naturale non impeditum potest momentaria actione producere in passo bene affecto, quae pars vocatur minima qualitas, qua ratione fit ut quaelibet qualitas sit sectilis per finita minima licet divisilis in infinitum in partes potentiales. Niphi *expositio*, blz. 475 col. a.

[2]) Het hier aangegeven onderscheid is overigens heel gewoon in de Middeleeuwen, zooals b.v. blijkt uit Toletus: *Comm. in lib. de Gen. et Corr.* I, cap. 4 q. 6, blz. 261.

[3]) Niphi *expositio*, blz 475 col. a.

[4]) Niphi *expositio*, blz. 475 col. a.

„Het agens begint met een quantitatief minimum der stof een minimale qualiteitsverandering te doen ondergaan, daarna hetzelfde met een tweede quantitatief minimum, terwijl intusschen het eerste een tweede minimale qualiteitsverandering ondergaat. Wanneer het derde quantitieve minimum aan de beurt is, krijgt het tweede zijn tweede minimale qualiteitsverandering en het eerste al zijn derde enz." [1]).
Dit weinige moge volstaan, het is voldoende om een indruk te geven van de qualitatieve minima.
De met de minima qualitatis geponeerde discontinue struktuur der qualiteiten is het probleem door Planck voor de energie aan de orde gesteld.
Van uit den historischen en natuurwetenschappelijken gezichtshoek mag men de gelijkenis tusschen de ideeën van den volgeling van den Arabischen wijsgeer en die van den Duitschen physicus natuurlijk niet anders dan als een zuiver toevallige kenschetsen, doch wijsgeerig bezien zit er toch wel iets meer aan vast.
Wanneer men zich slechts even realiseert, hoeveel moeite het gekost heeft Planck's opvatting van een discontinue struktuur der energie te aanvaarden juist vanwege vermeende „wijsgeerige" bezwaren, is het verbazingwekkend dezelfde gedachte als een wijsgeerig geheel verantwoorde door Averroës en diens aanhangers gelanceerd te zien. Waren er onder de physici der twintigste eeuw nog aanhangers van Averroës geweest, dan hadden deze waarschijnlijk niet de minste moeite gehad de quantentheorie te aanvaarden.

De commentaren op Worden en Vergaan

Teneinde de overzichtelijkheid niet te schaden hebben wij ons in het voorafgaande hoofdzakelijk beperkt tot de Middeleeuwsche commentaren op Aristoteles' *Physica*, het werk, waarin de enkele teksten voorkomen, welke den grondslag vormen voor de minima-naturalialeer. In *Worden en Vergaan* spreekt Aristoteles, zooals vermeld, weliswaar met geen enkel woord over minima naturalia, doch de verhandeling over de chemische verbinding is zoodanig, dat er gemakkelijk de minima-naturalialeer ingevlochten kan worden.
Na hetgeen wij van de minima-naturalia-opvattingen van Niphus ver-

---

[1]) Niphi *expositio*, blz. 476 col. b.

nomen hebben, ligt het voor de hand te veronderstellen, dat Niphus in zijn commentaar op „Worden en Vergaan", van Aristoteles'[1]) suggesties inzake minimatoepassingen dankbaar gebruik gemaakt heeft. Dit blijkt inderdaad het geval te zijn.

In het eerste hoofdstuk hebben wij de verhandeling over de chemische verbinding aan een uitvoerige analyse onderworpen en dat niet zoozeer vanwege de mogelijke relatie met de minima-naturalialeer, doch meer omdat het kenmerkend verschil tusschen Aristoteles en Democritus er zoo duidelijk uit naar voren treedt.

Voor Democritus beteekende het ontstaan van een ding niets anders dan dat de in wezen onveranderlijke atomen zich tot een bepaalde figuratie samenvoegden, en deze sententie sluit in, dat elke verandering tenslotte bestaat in een verandering van plaats, een zuiver *uitwendige* verandering derhalve.

Aristoteles daarentegen eischte vóór alles, dat de zich samenvoegende componenten een innerlijke verandering ondergingen[2]).

Het samengaan van onveranderlijke atomen voerde volgens Aristoteles slechts tot een menging en niet tot een chemische verbinding.

Wil dit laatste nu zeggen, dat Aristoteles en met hem zijn vele navolgers in de Middeleeuwen bij het tot stand komen van een chemische verbinding in het geheel geen beteekenis toekende aan het zich samenvoegen en weer uit elkaar gaan der kleinste stofdeeltjes?

Van Aristoteles zelf zijn er een paar uitspraken aan te wijzen, welke als bewijs aangevoerd kunnen worden, dat de verdeeling in kleine stofdeeltjes en het samen- en uit elkaar gaan hiervan wel degelijk van beteekenis waren in den gedachtengang, welken hij zich van het proces der chemische verbinding gevormd had.

Wij gaven de teksten, welke hierop betrekking hebben, reeds in het 1e hoofdstuk, gemakshalve herhalen wij hier een tweetal en duiden deze met A en B aan.

A: „Er is een samen- en uit elkaar gaan, echter niet van atomen, doch het uiteenvallen heeft plaats in kleine en kleinere (deeltjes) en de

---

[1]) Augustini Niphi Medices Philosophi Suessani *in libros Aristotelis de generatione et corruptione Interpretationes et Commentaria*. Venetiis, apud Haeredem Hieronymi Scoti, 1577.

[2]) Verg. blz. 44.

synthese uit kleinere (in grootere deeltjes)" [1]).

B: „Het samen- en uit elkaar gaan bevordert de verandering. Indien water in kleinere deeltjes verdeeld is, ontstaat er sneller lucht" [2]).

Bij het lezen van deze en soortgelijke uitspraken vraagt men zich af, wat Aristoteles hier eigenlijk mee wil zeggen. Zijn het losse opmerkingen, welke slechts de bedoeling hebben weer te geven, dat stoffen in fijnverdeelden toestand in het algemeen beter reageeren of heeft hij hier een bepaald soort kleine deeltjes in gedachte, en wel de kleinst mogelijke van iedere stof, de minima naturalia, waarvan het bestaan en de beteekenis door hem zelf o.a. in *Physica* I, 4 afgeleid is?
Het eerste is het meest waarschijnlijk, althans wanneer wij den Griekschen tekst raadplegen.
In de gegeven citaten staat immers nergens *ἐλάχιστα*, het Grieksche aequivalent voor minima, dat kleinste beteekent, doch telkenmale *ἐλάττω* of *μικρὰ*, hetwelk resp. kleiner of klein beteekent. Bezien wij thans echter het commentaar van Niphus.
Deze geeft behalve de letterlijke Latijnsche vertaling van den Griekschen tekst eveneens een vrijere vertaling, welke volgens hem duidelijker de bedoeling van Aristoteles weergeeft en nu is het wel uitermate merkwaardig de letterlijke en vrije vertaling van bovengenoemde Aristotelesteksten met elkaar te vergelijken. Het van belang zijnde deel van tekst A. luidt in letterlijke vertaling:
„Sed in parva et minora est segregatio, et congregatio ex minoribus" [3]).
In vrije vertaling:
„Sed in parva et minima est segregatio, et congregatio ex minimis".

Tekst B. letterlijke vertaling:
„Si nam in minores aquas, aqua divisa sit, citius aer generatur" [4]).
In vrije vertaling: „Si quidem enim in parvissimas aquas, aqua dividitur citius aer generatur."

---

[1]) *Ὥστ' ἔστι καὶ διάκρισις καὶ σύγκρισις, ἀλλ' οὔτε' εἰς ἄτομα καὶ ἐξ ἀτομων .... ἀλλ' εἰς μικρὰ καὶ ἐλάττω ἐστί, καὶ σύγκρισις ἐξ ἐλαττόνων. De gen. et corr.* I, 2. 317 a 12—16.

[2]) *Διακρινόμενα δὲ καὶ συγκρινόμενα εὔφθαρτα γίνεται. Ἐὰν μὲν γὰρ εἰς ἐλάττω ὑδάτια διαιρεθῇ, θᾶττον ἀὴς γίνεται. De gen. et corr.* I, 2. 317 a 27—30.

[3]) Niphi *in libros de gen. et corr. commentaria*, blz. 15 col. b.

[4]) ibidem, blz. 17 col. b.

Deze vrije vertalingen spreken voor zich zelf: „*kleine*" en „*kleinere*" zijn stelselmatig vervangen door „*kleinste*" [1]), hetgeen bewijst, dat Niphus in deze teksten een toepassing der minima-naturalialeer zag. Zulks blijkt verder nog uit zijn commentaar.

Hij meent, dat Aristoteles met tekst A wil zeggen, dat er wel een samen- en uit elkaar gaan van minima plaats heeft, doch niet van atomen [2]) en aan deze constateering knoopt Niphus nog eens eenige kolommen beschouwing vast over minima naturalia, welke vrijwel hetzelfde geven als wij reeds in zijn commentaar op de physica vermeld vonden.

Naar aanleiding van tekst B merkt Niphus op „iets, wat in ijlen toestand en in minima verdeeld is, wordt gemakkelijker omgezet, zooals het voorbeeld van water bewijst" [3]).

Of de „vrije vertaling" van Niphus inderdaad correct de bedoeling van Aristoteles weergeeft, is een vraag, welke niet gemakkelijk te beantwoorden valt, wij hebben er echter bij de bespreking van Aristoteles reeds op gewezen, dat zij ook niet beantwoord hoeft te worden. Want wat ook de bedoeling van Aristoteles moge geweest zijn, één ding staat vast, Niphus grijpt elke uitlating van den Stagiriet, welke er ook maar eenigszins gelegenheid toe biedt, aan om er minima-naturaliabeschouwingen over ten beste te geven.

Zoo geeft Aristoteles' uiteenzetting over het wezen der chemische verbinding (in *De gen. et corr.* I, 10), waarin de Grieksche wijsgeer met geen woord over een zekere functie van minima naturalia rept, ja zelfs eerder doet vermoeden, dat zij deze in het geheel niet hebben [4]), aan Niphus toch een geschikte aanleiding de volgende uitermate belangwekkende visie neer te schrijven: „Volgens Aristoteles en Averroës moet men zeggen, dat wanneer de elementen met elkaar gaan

---

[1]) De Latijnsche vertaling, welke in het commentaar van Thomas voorkomt, geeft slechts bij tekst B de verschuiving van comparatief naar superatief: „in parvissimas aquas" staat er. *De gen. et corr.* I, textus 10.

[2]) „Patet digregationem et congregationem fieri in minima et ex minimis, non autem ex atomis indivisibilibusque punctis". Ibidem, blz. 15 col. b.

[3]) „Nam rarum et in minima scissum facile corrumpitur, ut de aqua patet". Ibidem, blz. 17 col. b.

[4]) Verg. *De gen. et corr.* I, 10. 328a 5, waar Aristoteles zelfs schijnt te zeggen, dat een verdeeling tot in minima naturalia niet mogelijk is.

reageeren, zij verdeeld worden in minima" [1]), en even verder stelt Niphus de vraag, wat is het, dat de elementen in minima verdeelt? Uit zijn antwoord blijkt, dat men in het algemeen de locale beweging daarbij een zekere beteekenis toekent [2]).

Zonneklaar blijkt uit het bovenstaande, welk een groote ontwikkeling de minima-naturalialeer in den loop der eeuwen doorgemaakt had, want de belangrijke plaats, welke de minima-naturalialeer in het commentaar van Niphus inneemt, berust niet op een particuliere liefhebberij van dezen, het was een in de 16e eeuw algemeen aanvaarde opinie, zooals bevestigd wordt door een passage uit het commentaar van den beroemden Aristotelescommentator, Toletus: „Over de wijze der chemische verbinding loopen de meeningen der schrijvers uiteen, doch zij komen alle hierin overeen, dat de reageerende stoffen tot in minima naturalia verdeeld worden, waarbij de afzonderlijke minima van de eene stof naast die van de andere komen en wederzijds op elkaar inwerken, totdat er één derde stof ontstaat met den zijnsvorm der verbinding" [3]).

Wanneer wij Niphus commentaar op *Worden en Vergaan* vergelijken met dat van Averroës, dan vinden wij bij dezen laatsten geenszins zoo den nadruk gelegd op de minima naturalia, als Niphus doet vermoeden. Noch in den Aristotelestekst, noch in het daarop aansluitende commentaar van Averroës in de door ons geraadpleegde uitgave [4]) komt de verschuiving naar het superlatief „kleinste" voor, welke bij Niphus zoo typeerend was.

---

[1]) Ideo dicendum aliter secundum Aristotelem et Averroem quod cum elementa conveniunt ad misturae locum, dividuntur ad minima, donec iuxta ponantur, tunc tandiu agunt et patiuntur quosque in cujuslibet elementi materia inducuntur per generationem formae aliorum elementorum priori forma non corrupta. Ibidem, blz. 68 col. c.

[2]) Ibidem, blz. 68 col. c.

[3]) De modo autem mixtionis diferrere oportet: sunt autem iuxta sententias propositas tres modi: et authores plures, qui quidem conveniunt, quod miscibilia usque ad minima naturalia dividantur, et singula minima sint iuxta alterius miscibilis singula, et se mutuo alterent, donec una tertia resultet forma ipsius mixti. Toletus: *Commentaria una cum Quaestionibus, in octo libros Aristotelis de Physica auscultatione. Item, in lib. Arist. de generatione et corruptione.* In *lib.* I *de gen. et corr.* cap. 10 q. 19:*An mixtio sit possibilis,* blz. 305 col. 4.

[4]) De boven behandelde teksten A. en B. vindt men bij Averroës resp. in *De gen. et corr.* I, comm. 9 en comm. 10 (blz. 279).

Conclusie

De functie, welke Niphus in navolging van Averroës bij het tot standkomen eener chemische verbinding aan de minima naturalia toekent, bewijst ten volle, dat hij deze laatste niet alleen zag als de theoretische eindpunten bij een verdeeling, doch dat hij ze een bepaalde physische realiteit toeschreef: de minima naturalia waren physische grootheden. Hetzelfde hadden wij reeds meenen te mogen concludeeren uit het commentaar op de *Physica*.

De vraag is thans: aan wien danken wij deze zoo belangrijke verschuiving in de waardeering der minima naturalia: van limieten bij de verdeeling naar physische beteekenisvolle componenten der stof. Volgens Niphus zelf: aan Averroës, immers telkenmale wanneer de Italiaansche Averroïst over de minima-naturalialeer en haar toepassingen spreekt, legt hij zijn woorden Averroës in den mond. Ook andere commentatoren der 16e eeuw: Toletus, Pererius en D. Soto zijn eenparig van meening, dat Averroës als de groote promotor der minima-naturalialeer gezien moet worden.

Daarnaast is echter uit het voorafgaande evenzeer komen vast te staan, dat wat Niphus breed uitwerkt, bij Averroës slechts in kiem voorhanden is, er heeft dus zeker in de Middeleeuwen een belangrijke ontwikkeling plaats gevonden.

Daarom is het jammer, dat ons onderzoek van de Middeleeuwen noodzakelijkerwijze onvolledig moest zijn, eenerzijds omdat betrekkelijk weinig origineele bronnen ter beschikking stonden, anderzijds vanwege het feit, dat in het algemeen de natuurwetenschappelijke theorieën der Middeleeuwen zeer weinig bestudeerd zijn.

Doch al was het dan onmogelijk de verschillende fasen in de Middeleeuwen op den voet te volgen, toch meenen wij, dat als resultaat van dit onderzoek een tweevoudige conclusie ten volle gerechtvaardigd is.

1e. *In de Middeleeuwen was de minima-naturalialeer algemeen verbreid, zij het in verschillende schakeeringen*[1]).

---

[1]) De bekende commentatoren uit de 16e eeuw spreken dan ook van de minima-naturalialeer als van een algemeen aanvaarde opinie.

Toletus: *Commentaria una cum questionibus in octo libros Aristotelis de physica auscultatione*. Lib. I, cap. 4 q. 9; blz. 25, 2.

Pererius: *De communibus omnium rerum naturalium principiis et affectionibus*. Lib. X, cap. 23; blz. 383 col. 2 B.

2e. *Zij maakt in dezen tijd tevens een groote ontwikkeling door en wel voornamelijk onder invloed van Averroës in de kringen van het Latijnsche Averroisme.*

Aan het eerste deel der conclusie zal na het voorafgaande wel niemand twijfelen, het tweede deel staat misschien minder vast, het is immers mogelijk, dat nieuw historisch materiaal dit deel der conclusie in dien zin zou wijzigen, dat ook aan andere richtingen der scholastiek groote beteekenis voor de ontwikkeling der minima-naturalialeer moet toegekend worden, doch waarschijnlijk is dit niet, hetgeen ook daardoor moge blijken, dat de man, die in de 16e eeuw als een van de belangrijkste aanhangers van de minima-naturalialeer kan gelden, een, die ook grooten invloed op het nageslacht heeft uitgeoefend, Averroïst was. Wij bedoelen J. C. Scaliger.

2 - DE MINIMA-NATURALIALEER BIJ J. C. SCALIGER

Historische notities omtrent persoon en leven [1])

Julius Caesar Scaliger (geb. 1484 in Italië) studeerde na een korte militaire loopbaan filosofie en medicijnen in Bologna en Turijn. In 1525 trok hij als medicus naar Agen in Frankrijk en stierf daar in 1558 als een geleerde met Europeesche vermaardheid.

Scaliger was een universeel man, naast enkele gedichten publiceerde hij verschillende werken op philologisch gebied, zijn natuurfilosofische werkzaamheid beperkte zich tot de „*Exercitationes*", doch daarmee verovert hij dan ook in één slag de reputatie: een der beste exponenten van Aristoteles' physica en methaphysica uit lateren tijd te zijn, zooals Leibnitz hem karakteriseert.

Scaliger volgde in zijn Aristoteles-interpretatie Averroës, dit komt duidelijk tot uitdrukking in zijn minima-naturalialeer, welke geheel de kenmerken draagt van de richting, waarin Averroës haar ontwikkeld had.

Ook indien Scaliger geen beteekenis voor de historie der natuurwetenschap zou hebben, dan nog zou het de moeite waard zijn iets langer bij hem stil te staan. Want bij geen anderen schrijver vinden wij de minima-naturalialeer zoo uitvoerig vermeld en op tallooze physische en chemische problemen toegepast.

---

[1]) Ontleend aan *Encyclopedia Brittanica*, Vol. 20, 14e ed., blz. 44 (1929).

Zijn groote werk *Julii Caesaris Scaligeri Exotericarum Exercitationum Liber XV de Subtilitate ad Hieronymum Cardanum* [1]) is, zooals de titel aangeeft, een kritiek op Cardanus' *De Subtilitate Libri XXI* [2]). Cardanus was een renaissance-filosoof, die geheel gebroken had met de Aristotelische traditie, iets, waarvan ook de constructie van zijn werk getuigt.

In tegenstelling met de schrijvers uit de vorige eeuw is zijn verhandeling geen geregeld commentaar van een of ander boek van Aristoteles. De opzet is veeleer die van een encyclopedie, allerlei physische, wijsgeerige, chemische, geografische, technische en medische problemen worden door elkaar behandeld.

Scaliger volgt Cardanus vrijwel op den voet. Elk van zijn *excercitationes* (meer dan 300) neemt als uitgangspunt de een of andere bewering van Cardanus.

Volgens Ch. Nisard [3]) is het doel van Scaliger te loochenen, wat Cardanus beweert en te beweren, wat Cardanus loochent. Dat moge een beetje overdreven zijn, doch het teekent den bouw van de *Exercitationes* zeer treffend, systeem zit er niet in.

Zoo geeft Scaliger nergens een volledige systematische uiteenzetting van de minima-naturalialeer, slechts een kort caput en wel het 4e van ex. XVI draagt tot opschrift *de minimo naturali*, maar op andere plaatsen zegt Scaliger dingen, die minstens even belangrijk zijn om zijn visie op dit probleem te leeren kennen.

Deze weinig systematische behandeling vormt echter geen beletsel, het wezenlijke van Scaliger's minima-naturalialeer op te sporen; bij het aaneenvoegen der verschillende brokstukken, verspreid over de meer dan duizend paginas tellende *Excercitationes*, ontstaat een afge rond geheel.

Scaligers minima-naturalialeer.

In exercitatio XVI cap. 4 begint Scaliger onvervaard: „Dat er echter minima naturalia zijn, daaraan zal geen verstandig mensch twijfelen. Want begrensd zijn de natuurlijke lichamen, dus zijn zij ook uit begrensde (dingen) opgebouwd.

---

[1]) De eerste uitgave is van 1557, wij citeeren de uitgave van 1607 te Frankfurt.

[2]) In 1554 te Bazel uitgegeven.

[3]) *Les Gladiateurs de la republique des Lettres.* Paris 1860 (geciteerd in de *Encyclopedia Brittannica*).

Dit leeren wij van den leeraar der waarheid in de boeken der *Physica* [1]), en het allerduidelijkst, waar hij spreekt over het uithollen van een steen".

En dan laat Scaliger de ons reeds van Niphus bekende beschouwing volgen over het geleidelijk uithollen van een steen. Telkens zal er na een bepaald aantal druppels een klein stukje steen weggenomen worden.

„Dat kleine stukje steen zal het kleinste deel van den steen en *het „eerste" deeltje voor de samenstelling zijn* [2]).

Van bijzondere beteekenis is de verbinding van *„kleinste deeltje"* met *„eerste voor de samenstelling"*.

Reeds bij Averroës en meer nog bij Niphus wezen wij op het belangrijke feit, dat deze de minima naturalia niet slechts beschouwden als limieten bij de verdeeling, maar hen ook een bepaalde functie toekenden bij den opbouw der stof, waardoor de mogelijkheid geschapen werd sommige eigenschappen der stof te herleiden tot quantitatieve verhoudingen der minima naturalia.

Treffend vinden wij dit tweeledig karakter der minima naturalia terug in Scaliger's „kleinste deeltjes" en „eerste voor de samenstelling" (Prima ad compositionem).

De opvatting van minima naturalia als bouwsteenen der stof gaat in een richting, die sterk doet denken aan de atomen van Democritus, in de verdere uitwerking van Scaliger's leer zijn dan ook passages aan te wijzen, die even goed door een atomist geschreven konden zijn. De vraag doet zich derhalve voor of Scaliger niettegenstaande zijn Aristotelische terminologie eigenlijk geen atomist was. Dit is echter in geenen deele het geval, het is Scaliger zelf, die ons hieromtrent geen oogenblik in het onzekere laat, zooals blijkt uit ex. XVI cap. 3 [3]). Hier is de beroemde kwestie aan de orde of de formae der elementen in een verbinding als zoodanig behouden blijven.

Van A v i c i e n n a weet Scaliger te vertellen, dat deze meende, dat de wezensvormen der elementen onveranderd in de verbinding blijven,

---

[1]) *Ex.*, blz. 83. Al verwijst Scaliger niet naar een bepaalden tekst, het is uit zijn formuleering duidelijk, dat hij zinspeelt op *Phys.* I, 4.

[2]) Illud igitur tantillum lapidis, *erit prima ad compositionem* et minima lapidis pars. *Ex.*, blz. 83. (cursiveering door ons).

[3]) *Ex.*, blz. 82.

zoodat een minimum van het eene element ligt naast een minimum van een ander element. Scaliger is het daar echter heelemaal niet mee eens. „Als de zijnsvormen der elementen onveranderd blijven zou de chemische verbinding slechts een opeenhooping zijn, zooals ook bij droge lichamen (b.v. een hoop korrels) het geval is. Want ieder minimum naturale zou op zich zelf blijven bestaan en er zou geen continue eenheid gevormd worden. De minima naturalia zouden echte atomen van Democritus zijn".

Zeer nadrukkelijk waarschuwt Scaliger dus zijn minima naturalia niet te identificeeren met Democritus' atomen, het groote verschilpunt is, dat de minima naturalia geen op zich zelf staande individuen vormen, doch opgenomen zijn in de eenheid van de chemische verbinding.

De gedachtengang van Scaliger is dus door en door Aristotelisch, ook wat de grondbeginselen der minima-naturalialeer betreft.

In de opvatting der minima naturalia als bouwsteenen der stof ligt echter wel een belangrijke ontwikkeling opgesloten, welke Scaliger naar het voorbeeld van Averroës de mogelijkheid gaf verschillende physische en chemische eigenschappen te verklaren.

Een van de belangrijkste stofeigenschappen, welke Scaliger met behulp van zijn minima naturalia verklaart is de dichtheid.

Op verschillende plaatsen spreekt hij erover, het duidelijkst in ex. CCLXXXIII.

Deze ex. draagt tot titel: „Waarom fijne stoffen een groote dichtheid hebben" [1]).

De aanleiding van Scaliger's uiteenzetting daar ter plaatse is Cardanus' bewering, dat „fijne" stoffen altijd een groote dichtheid hebben [2]), wat deze als volgt beredeneert: „fijne" stoffen hangen nauw samen en laten geen openingen toe, derhalve hebben zij een groote dichtheid.

Ironisch merkt Scaliger, met een zinspeling op den titel van Cardanus' werk *de Subtilitate*, op: „Voorwaar weinig subtiel geredeneerd."

„Want noch hebben alle fijne stoffen een groote dichtheid, noch zijn alle stoffen met groote dichtheid fijn" [3]).

En na een paar voorbeelden opgesomd te hebben geeft hij een werkelijk subtiele redeneering, die, al mag er van het moderne natuurweten-

---

[1]) Quare tenuia densa. Ratio densitatis. *Ex.*, blz. 851.

[2]) *De subt.*, blz. 368.

[3]) *Ex.*, blz. 851.

schappelijk standpunt uit al iets op aan te merken zijn, ons in ieder geval in staat stelt precies te weten te komen, wat Scaliger onder stoffen met groote dichtheid en wat hij onder „fijne" stoffen (tenuia) verstaat en daarenboven, welke voorstelling hij eigenlijk heeft van de minima naturalia.

„Tenuia (fijn) zijn die stoffen, waarvan de minima naturalia heel klein zijn. Maar even goed en even dicht opeengedrongen als deze kleine minima naturalia kunnen ook de grootere minima naturalia van grovere (crassiora) stoffen samenhangen.

Derhalve is noch de tenuitas (fijnheid) noch de crassitia (grofheid) de oorzaak der dichtheid, maar de homogeniteit, zooals boven gezegd is. Want indien er niets tusschen de deelen is, zijn deze noodzakelijk dicht bij elkaar, want een vacuum bestaat niet" [1]).

Volgens Scaliger wordt de raritas (ijlheid, d.w.z. het tegenovergestelde der densitas, dichtheid) veroorzaakt door het feit, dat er zich lucht tusschen de minima naturalia bevindt.

Dit vermeldt hij elders [2]), hier ter plaatse constateert hij alleen, dat niet-dichte stoffen niet homogeen zijn, omdat er iets anders tusschen zit. En dit moet noodzakelijkerwijs. Scaliger neemt immers geen vacuum aan.

In dezen tekst zijn enkele dingen van zeer groot belang. Allereerst: de minima naturalia zijn niet van elke stof even groot, Scaliger waagt zich in ander verband zelfs aan veronderstellingen omtrent de onderlinge verhoudingen der verschillende minima naturalia.

In de tweede plaats: sommige eigenschappen (tenuitas, crassitia) hangen af van de minima naturalia zelf, andere eigenschappen (densitas, raritas) zijn afhankelijk van de wijze, waarop de minima naturalia samenhangen.

Interessant is Scaliger's voorbeeld:

„Hagel is even grof als regen, doch van grootere dichtheid, sneeuw even grof doch van geringere dichtheid dan regen. De materie van deze drie is echter dezelfde" [3]).

Hier breekt derhalve een goed begrip der aggregatietoestanden door,

---

[1]) *Ex.*, blz. 852.

[2]) Verg. volgende blz.

[3]) Grando aeque crassa atque pluvia, et densior. Nix aeque crassa, et rarior. Una enim horum trium materia. *Ex.*, blz. 852.

regen, sneeuw en hagel zijn alle even „grof", omdat zij uit dezelfde minima naturalia zijn opgebouwd, de densitas is echter verschillend, naarmate de minima naturalia meer of minder uit elkaar staan.
Cardanus biedt Scaliger nog meer gelegenheid over de densitas en wat daarmee samenhangt te spreken, belangrijk is ook ex. XVI.
Om de nu volgende kritiek van Scaliger op Cardanus te begrijpen, is het noodig te vermelden, dat deze laatste de meening toegedaan was, dat bij het vuurslaan uit steenen, de steen door de wrijving tot zijn kleinste deeltjes verdeeld werd, welke fijnste deeltjes dan vuur werden [1].
Scaliger daarentegen meende, dat de in den steen ingesloten lucht in vuur veranderde, tegen welke opvatting Cardanus het bezwaar had, dat dan steenen gemakkelijk moesten kunnen ontbranden, wanneer zij in het vuur geworpen werden.
Hoewel de zaak zelf van weinig belang is, geven wij toch een paar passages uit Scaliger's argumentatie weer, omdat er zoovele verhelderende aanwijzingen voor zijn minima-naturalia-opvattingen in te vinden zijn. Scaliger begint met Cardanus uit te leggen, waarom steenen zoo slecht branden.
„In droge stoffen constateert gij (Cardanus) een geschiktheid om iets te ontvangen. En wel vanwege de raritas (ijlheid). Want droge en ijle stoffen hebben denzelfden aard, zij verschillen meer in definitie dan in de zaak zelf. Want elk droog ding is minder dicht dan hetzelfde ding, wanneer het niet droog is.
Er is n.l. verschil van constitutie onder de stoffen. Sommigen hebben zeer „solide" (solidus) kleinste deeltjes, terwijl overigens de band tusschen deze minima zeer losjes is, zooals bij koper.
De „ijle" deelen in het koper, waar geen koper is, doch wel lucht, nemen snel de warmte op, terwijl de meer „solide" deelen haar langer tegenhouden.
In steen komt die afwisseling van dichtheid niet voor, de „solide" deelen zijn meer onder elkaar verbonden en dichter op elkaar, waardoor zij het vuur pas later toelaten" [2].

---

[1]) *De subt.*, blz. 47. „Quare manifestum est ex attritione lapidis ad tenuissimas partes illius substantia redacta, ignem generari, esseque huius materiam vel illius ad hoc aptiorem".
[2]) *Ex.*, blz. 79.

Hier zegt Scaliger dus uitdrukkelijk, dat bij minder dichte stoffen tusschen de minima lucht zit. De ruimte tusschen de minima naturalia is met lucht gevuld.

Even verder vraagt Scaliger: „Want waarom wordt aarde langzamer en trager vuur dan lucht?"

„In het algemeen wordt geantwoord: vanwege de ijlheid. Zeer goed! *Maar in de door U (Cardanus) gestelde kwestie hebben wij het over een minimum naturale of in ieder geval over een minimum, dat niet ver van het naturale af is. Hierbij is van geen ijlheid of dichtheid van deelen sprake,* want het is slechts één deel aarde, waarvan gij wilt dat het door het ijzer uit andere steendeelen wordt uitgestooten" [1]).

Ter verklaring van de bedoeling van Scaliger's betoog herinneren wij ons Cardanus' bewering, dat bij vuurslaan kleinste steendeeltjes vuur werden.

Nu bestaat steen volgens de toenmalige opvattingen als vaste stof grootendeels uit het element „aarde". Vandaar dat aarde en steen hier door elkaar gebruikt worden.

Voor ons is van belang de fraaie verduidelijking van het verband tusschen minima naturalia en densitas. Densitas als stofeigenschap berust op de onderlinge verhouding van minima naturalia. Bij één minimum naturale kan dus van densitas of raritas geen sprake zijn.

Scaliger ziet echter kans in dezelfde ex. nog een andere interessante visie te openbaren en wel omtrent de onderlinge verhouding van de minima naturalia van eenige elementen.

„Waarom derhalve neemt een aarde- of aardachtig deeltje langzaam den zijnsvorm van vuur aan? Zou het niet zijn, omdat een minimum naturale van aarde wel honderd maal zoo groot is als een minimum naturale van vuur?" [2]).

Wij zullen Scaliger's moeilijkheid, dat één minimum vuur derhalve moeilijk de ruimte van één minimum aarde kan vullen, laten voor wat zij is, doch hierbij slechts aanstippen, dat Scaliger zijn minima naturalia een bepaalde grootte toeschreef, afhankelijk van den aard daarvan.

Zijn speculaties over de grootte der minima naturalia waren niet willekeurig, doch gebaseerd op bepaalde eigenschappen.

Dat b.v. de minima naturalia van vuur klein zijn, weet hij ons uit de

---

[1]) *Ex.*, blz. 80.

[2]) *Ex.*, blz. 80.

eigenschappen van het vuur duidelijk te maken. Zoo vraagt hij zich in ex. XX af [1]), waarom warmte ijler maakt (m.a.w. waarom de stoffen bij verwarming uitzetten). Dat komt door de „tenuitas" (fijnheid) van het vuur, want door deze tenuitas, kan het vuur zich dringen tusschen de deelen van het te verwarmen lichaam.

Scaliger beschouwde het vuur, zooals de meeste zijner tijdgenooten nog als element, iets verwarmen beteekende dus: toevoegen van het element vuur. De vuurminima waren zeer klein, anders konden zij zich niet tusschen de minima naturalia van andere stoffen dringen. Vuur is zelfs in staat aarde tot haar minima naturalia terug te brengen en aldus „rara" te maken [2]).

Vermoedelijk zinspeelt Scaliger hier op het feit, dat zelfs stoffen met veel aarde (b.v. metalen) te destilleeren zijn. Wij komen op deze kwestie nog nader terug.

Als de minima naturalia van vuur klein zijn, moeten die van lucht het ook zijn: lucht immers kan gemakkelijk vuur worden, terwijl aarde dit niet kan. Want „één deel vuur (bedoeld is één minimum naturale) kan niet de plaats van één deel aarde vervangen, van één deel lucht echter wel" [3]).

In ex. XCIII weet Scaliger ons terloops te vertellen, dat uit één minimum naturale van aarde, vele minima naturalia van water gemaakt kunnen worden [4]).

Volgens Scaliger zijn dus de minima naturalia van aarde het grootst, daarop volgen resp. die van water, lucht en vuur [5]).

---

[1]) *Ex.*, blz. 96.

[2]) *Ex.*, blz. 97.

[3]) *Ex.*, blz. 70.

[4]) *Ex.*, blz. 329.

[5]) Hoenen citeert van Pererius: „Juist te achterhalen, welke precies de grenzen van grootte, naar boven en naar beneden, zijn voor iedere species der natuurlijke lichamen, is zeer moeilijk om niet te zeggen onmogelijk" (*Cosmologia*, blz. 511. *Phil. der anorg. nat.*, blz. 105) en hij wijdt hier een hooggestemde beschouwing aan: „Hoe vertrouwd men was geworden met de theorie der natuurlijke minima, blijkt wel uit deze woorden; wat er gewenscht wordt is toch niets minder dan de bepaling van wat heden ten dage heet: het atoomgewicht en het moleculairgewicht der stoffen".

Zou Pererius niet tot den boven aangehaalden wensch gekomen zijn bij het lezen van Scaliger's beschouwingen over de relatieve grootte? Zeker is in ieder geval, dat hij de Exercitationes gelezen heeft. (Verg. Duhem: *Études* III, blz. 204). De tekst van Pererius kan men vinden in *De communibus omnium rerum naturalium principiis et affectionibus libri XV*, L. X, cap. 23, blz. 382.

De zoo juist besproken speculaties omtrent de relatieve grootte van minima naturalia gelden alleen voor de vier elementen, de vraag kan gesteld worden of Scaliger ook over de minima naturalia van verbindingen spreekt. Inderdaad is zulks het geval, al missen wij bij hem een systematische uiteenzetting, welke Sennert, in vele opzichten Scaliger's „leerling", wel geeft.

Minima naturalia van verbindingen

Reeds in den aanvang van deze beschouwing kwamen wij minima naturalia van steen tegen, nu is steen bij Scaliger zonder eenigen twijfel een verbinding, al overheerscht daarin het element aarde.
In ex. CI cap. 9 houdt Scaliger Cardanus voor oogen, dat het vet uit de melk alleen dan de schadelijke stoffen uit den wijn wegnemen kan, „indien minimum aan minimum gevoegd wordt, want het vet trekt alleen datgene aan, waar het mee in aanraking is" [1]).
Deze twee voorbeelden spreken van minima naturalia van verbindingen, zij zouden met verschillende andere te vermeerderen zijn, belangrijker is echter Scaliger's verhandeling over de chemische verbinding (mixtio) in het algemeen en de functie, welke de minima naturalia daarbij vervullen.
Het wezen der mixtio is natuurlijk een probleem, waarmee ook Scaliger zich zeer diepgaand heeft bezig gehouden, hij bespreekt dit zelfs zeer systematisch in ex. CI, nadat hij er in ex. XVI cap. 3 al iets van gezegd heeft [2]).
Bij de definitie van Aristoteles „mistio est miscibilium unio" („de chemische verbinding bestaat in de éénwording der reageerende stoffen") voelt Scaliger zich zeer onbevredigd en hij stelt voor: „mistio est motus corporum minimorum ad mutuum contactum, ut fiat unio" [3]).
„De verbinding is de beweging van minima tot wederzijdsch contact, zoodat een eenheid ontstaat."
Hooykaas [4]) vermeldt, dat de definitie „mixtio est miscibilium alteratorum unio" vaak in andere lezing wordt aangetroffen, „mixtio est miscibilium alteratorum per minima conjunctorum unio" „de chemische

---

[1]) *Ex.*, blz. 355.
[2]) Verg. blz. 95.
[3]) *Ex.*, blz. 345.
[4]) *Het begrip element*, blz. 138.

verbinding is de eenwording der veranderde reageerende stoffen, volgens minima bijeengebonden" o.a. bij Menneus en Pantheus.
Origineel is Scaliger met zijn verandering dus geenszins, wat ook niet te verwonderen valt. De minima-naturalialeer was sedert Aristoteles zoo ontwikkeld, dat zij zich moest uiten in een definitie der mixtio, waar de minima naturalia en hun functie in waren opgenomen.
Voor Scaliger is natuurlijk het belangrijkste punt in de definitie: Zoodat een eenheid ontstaat. „Want onze deeltjes liggen niet zooals de atomen van Epicurus zonder meer tegen elkaar aan, doch zij doen dit op een dusdanige wijze, dat er een continu lichaam ontstaat, hetwelk een eenheid vormt. Want het wordt één door de continuïteit der grenzen, gemeenschappelijk voor al, wat gemengd is."
Daarmee wordt volgens Scaliger de vermenging van droge lichamen, zooals een hoop boonen uitgesloten. Want elke korrel is zelf een geheel en blijft het ook: er ontstaat geen continuïteit met een andere korrel tot één nieuw lichaam" [1]).
„Er zal dus een mistio zijn bij die dingen, waarvan de uiterste grenzen met die van andere dingen één kunnen worden" [1]).
Scaliger onderscheidt drie wijzen, graden of soorten der mistio.

1°. mistio van dingen, die na samenvoegen weer onmiddellijk uit elkaar gehaald kunnen worden.
2°. de mistio van natuurlijke lichamen, die een onvolledige mistio genoemd wordt.
Daarbij zijn weer twee graden te onderscheiden, naarmate de binding meer of minder stevig is.
3°. de overige soort, welke composita genoemd worden, dat zijn de lichamen, die vegatitief en sensitief leven hebben.

En Scaliger vraagt zich af [2]): Zijn deze drie soorten op dezelfde wijze één? Het antwoord luidt ontkennend. Een werkelijke mistio eischt een nieuwe eenheid, een nieuwen zijnsvorm. Bij de mistio van de eerste soort is zeker geen nieuwe zijnsvorm aanwezig, water en wijn zijn slechts gemengd, bij de mistio van de derde soort, het levend lichaam, is er wel een nieuwe zijnsvorm, n.l. die van het levend lichaam.
Wij zullen ons niet verder verdiepen in de beschouwingen van Scaliger aangaande den aard van de mistio der tweede soort. Hij vindt het

---

[1]) *Ex.*, blz. 346.
[2]) *Ex.*, blz. 347.

trouwens zelf een duistere zaak. Van belang is alleen de stelling, dat de minima naturalia bij een echte mistio één worden en niet op zich zelf blijven staan.
Scaliger onderscheidt een werkelijke nieuwe eenheid en een schijneenheid, al is de grens moeilijk te trekken. In dit opzicht verschilt hij niet van Aristoteles, slechts spelen de minima naturalia bij Scaliger's beschouwing van de mistio (verbinding) een veel voornamere rol en dat brengt met zich mee, dat Scaliger ook meer aandacht moet besteden aan wat er met de minima naturalia gebeurt.

Beteekenis van Scaliger voor de natuurwetenschap.

Scaliger's ideeën over densiteit der stoffen, over het minder dicht worden bij verhitting, zijn ongetwijfeld van groote beteekenis geweest voor de ontwikkeling der natuurwetenschappen.
Reeds terloops konden wij er op wijzen, dat hij een aardig inzicht had in het verschil der aggregatietoestanden.
Het wordt algemeen den Nederlandschen natuurkundige van Goorle als een belangrijke verdienste aangerekend, dat hij voor het eerst een duidelijk inzicht had in de verdamping van water.
„Es scheint dass Gorlaeus der erste ist, welcher die Verwandlung von Wasser in Luft leugnete" [1]).
Daarnaast wordt Gorlaeus geroemd als een der eerste aanhangers der herleefde atomistiek (volgens Jaeger [2]) zelfs de eerste). Nu zal ons later blijken, dat vele der zoo geroemde atomistische opvattingen van v. Goorle vrijwel letterlijk overeenkomen met Scaliger's minima-naturalia-opvattingen, vandaar dat het de moeite waard is na te gaan of reeds bij Scaliger iets te vinden is, wat er op zou wijzen, dat ook deze al het verschil kende tusschen waterdamp en lucht.
Doch al geeft Scaliger soms blijk van een verrassend goed inzicht in alles wat met verdampen samenhangt, tot een positieve uitspraak, dat waterdamp en lucht twee verschillende zaken zijn, komt hij niet. Wel heeft hij de geesten voorbereid, na hetgeen wij bij Scaliger zullen lezen, kan het geen verwondering wekken, dat van Goorle ruim 50 jaar later tot een scherpe en juiste formuleering kwam.
Zoo zegt Scaliger in ex. CI: „Daar het element aarde uit zich zelf

---

[1]) Lasswitz I, blz. 335.
[2]) *Hist. Studiën*, blz. 51 e.v.

zwaar is, terwijl het zich tevens als licht voordoet n.l. wanneer het veranderd wordt in „lucht", is het noodzakelijk, dat het in dit laatste geval „ijl" wordt. Bij deze ijlheid gaan de aardedeelen uit elkaar en komt er iets anders noodzakelijkerwijze tusschen" [1]). Dat „andere" blijkt lucht te zijn. De term „mutatio in aerem" (verandering in lucht) moet dus met een korreltje zout genomen worden. Scaliger schijnt te bedoelen, dat de aarde slechts de gedaante van lucht aanneemt, omdat er zooveel luchtdeelen tusschen de uit elkaar gaande aardedeeltjes komen.

Een dergelijke verklaring vindt ook steun in een merkwaardigen tekst in ex. VIII. „Het ijl zijn is niet tegen de natuur van water. Want iedereen verstaat onder „ijl worden" die verandering, welke plaats heeft zonder dat de zijnsvorm veranderd wordt" [2]).

Hieruit zou volgen, dat water ijl (d.w.z. damp) kan worden zonder van wezensvorm te veranderen.

Al mogen wij derhalve concludeeren, dat Scaliger op sommige plaatsen een goed idee bleek te hebben van het „ijl worden", daarnaast zijn evenzeer plaatsen aan te wijzen, waar hij de transmutatie van water in lucht schijnt aan te nemen [3]).

„Water, door beweging warm geworden, ontvangt de qualiteit van lucht, waardoor het de forma hiervan aanneemt".

Het is niet goed mogelijk uit te maken, in welken zin Scaliger aannam, dat water den vorm van lucht kreeg, bedoelde hij alleen den uiterlijken verschijningsvorm of inderdaad den zijnsvorm?

Doch al neemt men het eerste aan, dan blijft toch altijd waar, dat Scaliger in ieder geval nagelaten heeft het misverstand, dat water werkelijk lucht zou worden, als zoodanig te signaleeren, iets wat van Goorle ondubbelzinnig gedaan heeft.

Op grond van het bovenstaande is het echter wel alleszins gerechtvaardigd Scaliger als van Goorle's voorlooper te beschouwen.

---

[1]) Si terra gravis ex se est: levis, quia mutatur in aërem: rarescat necesse est. In ea raritate, dissitis terrae partibus, si terra non est, aliquid aliud inerit necessario. *Ex.*, blz. 370.

[2]) Nempe raritas aquae naturae non est contraria. Rarefieri namque dicunt omnes iam sine propriae formae mutatione. *Ex.*, blz. 44.

[3]) B.v. Aqua vero, quae motu calefit, concipit aeris qualitatem, per quam ad ejus formam perducatur. *Ex.*, blz. 268.

Samenvatting

Scaliger had een zeer grondig uitgewerkte minima-naturalialeer, waarvan de mogelijkheden tot verklaring van verschillende stofeigenschappen zeker niet achter stonden bij de aanhangers der atoomtheorie van vijftig jaar later. Tal van theorieën en veronderstellingen, bij veel lateren door de historici geprezen, vinden wij reeds bij hem.
Zelf was hij in physisch opzicht een dankbare leerling van Averroës en Niphus, wier theorieën hij verder uitwerkte en toepaste.

3 - SENNERT

Inleiding

Daniël Sennert, geb. 25 Nov. 1572 te Breslau, studeerde filosofie en medicijnen aan verschillende Duitsche universiteiten, hij promoveerde te Wittenberg, waar hij kort daarna hoogleeraar in de medicijnen werd. Hij stierf 2 Juli 1637 aan de pest[1]).
Sennert was in de eerste plaats chemisch en medisch vakgeleerde[2]) en pas daarna filosoof. In zijn wijsgeerige opvattingen is Sennert Aristotelisch georiënteerd, vandaar dat vele zijner natuurwetenschappelijke verklaringen gedragen worden door de beginselen der minima-naturalialeer, in het bijzonder zooals deze door Scaliger ontwikkeld waren.
Er is echter een merkwaardig verschil met Scaliger, hetwelk grootendeels zijn verklaring vindt in den tijd, waarin Sennert leefde. Zijn publicaties verschenen in de eerste decennieën der 17e eeuw, d.w.z. in een tijd, dat het wijsgeerig atomisme een nieuwe bloeiperiode inging. Nu kwam Sennert als medicus en beoefenaar der natuurwetenschappen in wijsgeerig opzicht gemakkelijk tot een zekere eclectische instelling, hij zag er niet het minste bezwaar in voor de vorming van zijn eigen inzicht in physische en chemische problemen, dankbaar gebruik te maken zoowel van elementen van de minima-naturalialeer als formuleeringen aan het wijsgeerig atomisme ontleend, met dien verstande,

---

[1]) Lasswitz I, blz. 436, 437.
[2]) In de geschiedenis der medische wetenschap wordt zijn naam met eere genoemd, omdat hij voor de chemie een belangrijke plaats inruimde bij het studieplan der medici. (Lasswitz I, blz. 437).

dat voor het geheel zijner wijsgeerige opvattingen het Aristotelisme overheerschte.

Sennert zag trouwens betrekkelijk weinig verschil tusschen de minima-naturalialeer van Scaliger en andere peripatetici en de atoomleer van Democritus.

De belangrijkste geschriften om Sennert's inzichten te leeren kennen zijn: *Epitome Scientiae Naturalis*, zijn hoofdwerk, van belang, omdat hij daarin zijn algemeene wijsgeerige opvattingen ontwikkelt en verder: *De chymicorum cum Galenicis et Peripateticis consensu ac dissensu* en *Physica Hypomnemata*, welke beide werken meer in het bijzonder de gegevens over de minima-naturalialeer van Sennert bevatten.

In tegenstelling met Scaliger behandelt de Duitsche medicus zijn stof volkomen systematisch, in elk werk vinden wij telkens een apart hoofdstuk gewijd aan de problemen, welke onze belangstelling hebben.

Epitome Scientiae Naturalis [1])

De geheele opzet van dit werk kenmerkt den Aristoteliker, begrippen als: materia prima (oerstof), forma substantialis (zijnsvorm), potentia en actus zijn Sennert vertrouwd.

Caput V van het eerste boek draagt tot titel *De continuo et infinito (Over het continuum en het oneindige)* [2]).

Het bevat een voortreffelijke uiteenzetting van de minima-naturalialeer, die wij kort zullen weergeven.

Na de verschillende gronden gegeven te hebben, waarom hij met Aristoteles meent, dat het continuum niet uit ondeelbare grootheden, een lijn dus niet uit punten opgebouwd is, vervolgt Sennert:

„Opgemerkt moet worden, dat ondeelbaar twee beteekenissen heeft [1]).

---

[1]) *Korte samenvatting der natuurwetenschap*

[2]) Volgens Lasswitz (I, blz. 439) is dit caput in de latere uitgaven (de eerste is van 1618) in twee andere uiteengevallen en daarbij eenigszins „atomistisch gefärbt". De door ons geraadpleegde Parijsche *Opera Omnia* van 1641 bleek de origineele uitgave van 1618 te bevatten.

[1]) Notandum tamen hîc, indivisibile esse duplex: Unum, quod est simpliciter tale, quod hon habet partes: Alterum secundum quid, quod actu in partes, etsi habet illas, dividi non potest, qualia sunt minima naturalia. Et de priore hîc est quaestio; an scilicet linea ex punctis, superficies ex lineis, corpus ex superficiebus constet. Deinde etiam hoc sciendum, quando dicitur; continuum in infinitum esse divisibile, non intelligendum esse, quod infinitas partes habeat actu, vel habeat potentia, ut per divisionem infinitae eae aliquando efficiantur: sed sic statuendum, ex continuo

1°. Iets is ondeelbaar zonder meer, d.w.z. dat het geen deelen heeft.
2°. Iets is ondeelbaar in zekeren zin, omdat het niet actueel verdeeld kan worden, ofschoon het wel deelen heeft, zooals het geval is bij minima naturalia".

„Vervolgens moet men eraan denken, dat de uitdrukking: het continuum is tot in het oneindige deelbaar, niet aldus verstaan moet worden, dat het continuum actueel een oneindig aantal deelen zou hebben en evenmin dat het deze potentieel zou hebben in dier voege, dat dit oneindig aantal door deeling te voorschijn gebracht kan worden op de een of andere manier: doch de heele kwestie moet anders gesteld worden, n.l. uit het continuum kunnen nooit zóóveel deelen gerealiseerd worden (door deeling), dat er niet meerdere overblijven: want een realisatie van alle deelen is niet te verkrijgen.

Daar immers alle quantiteit inhaerent is aan een natuurlijk lichaam, volgt uit het bestaan van minima naturalia, dat er in feite ook een minimum (der quantiteit) gevonden wordt.

Dit laatste moet echter aldus begrepen worden: er kan niet zoo'n kleine quantiteit bestaan, of ons intellect is in staat deze kleine quantiteit te beschouwen als deelbaar in twee deelen, en eventueel deze weer in twee deelen enz.

Bemerkt moet dan ook worden, dat correct gezegd wordt: dat het continuum tot in het oneindige deelbaar is, niet correct echter: dat het continuum tot in een oneindige hoeveelheid van deelen deelbaar is."

Het bovenstaande citaat vormt een fraai bewijs voor de door en door Aristotelische instelling van Sennert, op voortreffelijke wijze geeft hij

---

non tot partes posse detrahi, quin plures remaneant: Nec enim hic realis divisio admittenda est. Nam cum omnis quantitas inhaereat alicui corpori naturali, dentúrque corpora naturalia minima, etiam actu minimum reperietur. Sed ita hoc intelligendum est: non posse dari quantitatem tam parvam, quin intellectus noster eam in duas partes divisibilem concipere possit, et rursus quamlibet harum in duas, et sic porro semper ad minores descendendo.

Illud etiam observandum, recte dici, continuum in infinitum dividi posse: in infinita dividi, non recte dici.

Nam si dicimus in infinita, indicamus, continuum actu in infinitas partes dividi posse, quod verum non est, en even verder:

Atque hactenus ostensum est continuum non componi ex indivisibilibus, atque inde in infinitum esse divisibile, etsi nunquam actu in infinitum dividatur, cum res naturales determinatos suae magnitudinis et parvitatis terminos obtineant.

(*Opera* I, blz. 15).

de wijsgeerige beginselen, waaraan de minima-naturalialeer haar ontstaan dankte.

In de latere uitgaven van *Epitome Scientiae Naturalis* blijft Sennert de Aristotelische beginselen trouw, hij legt er echter den nadruk op, dat het onderscheid tusschen physische en mathematische deelbaarheid ook aan Democritus bekend was, zoodat deze laatste zijn atomen slechts physisch en niet mathematisch ondeelbaar achtte en Sennert meent, dat Aristoteles zelf het bedoelde onderscheid niet altijd consequent voor oogen gehouden heeft bij zijn bestrijding van Democritus.

Zoo zijn er meer opmerkingen in de latere uitgaven, welke van een groote waardeering voor Democritus getuigen, doch om Sennert's houding volledig te begrijpen, kunnen wij niets beters doen dan eenige fragmenten lezen uit het derde hoofdstuk van zijn *Hypomnemata Physica*.

Hypomnemata Physica

Na in zijn voorwoord gewaarschuwd te hebben niet slaafs Aristoteles te volgen, doch ook de natuur zelf te onderzoeken, behandelt Sennert in het eerste hoofdstuk de principen van de natuurlijke dingen, stof en vorm, in het tweede de occulte qualiteiten en hij komt dan in het derde te spreken over de atomen.

Hypomnemata is uitgegeven in 1636, dat wil dus zeggen, nadat in Parijs de atomistiek weer openlijk verkondigd werd, wat heel wat rumoer veroorzaakt had. De strijd tusschen voor- en tegenstanders was uitermate verbitterd. Sennert blijkt daar goed mee op de hoogte en hij probeert tusschen de regels door aan te toonen, dat deze heele strijd eigenlijk onzinnig is, omdat de standpunten heelemaal niet zoo ver uiteen liggen.

Doch laten wij hem zelf aan het woord.

Hij begint met de loftrompet te steken over den zoo verguisden Democritus, en hij doet zulks op gezag van vele historici en wijsgeeren en niet het minst van Aristoteles zelf, „die hem in natuurfilosofische kwesties hooger schatte dan alle andere filosofen" [1]).

Vervolgens leidt Sennert het atomisme van Democritus aldus bij den lezer in:

---

[1]) *Opera* I, blz. 150 col. 1, E.

„Onder de meeningen, welke aan Democritus zoowel als aan Empedocles en veel andere zeer hoogstaande oude filosofen, worden toegeschreven is ook deze, dat de atomen de princiepen van de natuurlijke dingen vormen, uit welker binding de overige lichamen ontstaan zijn. En deze sententie is zeer oud, zij wordt reeds toegeschreven aan een zekeren Phoenicier Monachus, die vóór den ondergang van Troje geleefd zou hebben; ja het was zelfs een algemeen aanvaarde sententie van de filosofen vóór Aristoteles, zooals blijkt uit het begin van het 9e boek van *Worden en Vergaan*. Als eerste week Aristoteles van deze sententie af en stelde vast, dat die kleinste lichamen niet slechts in de verbinding vereenigd, doch ook door een wederzijdsche inwerking zoodanig veranderd werden, dat zij ophielden dat te zijn, wat zij vóór de reactie waren en in de gevormde stof als homoiomerieën (van die stof) overgingen, zoodat zelfs gezegd werd dat het kleinste deel niet langer vuur, lucht, water of aarde, doch „verbinding" is.
Ofschoon de leer over de atomen en de ondeelbare lichamen in het algemeen weerzinwekkend wordt voorgesteld; *schijnt zij toch, indien juist verklaard, niet absurd.*" (Cursiveering van ons).
„En de argumenten, welke ten voordeele van deze sententie worden aangevoerd, zijn niet licht en onbelangrijk, doch wegen zwaar en kunnen niet gemakkelijk weerlegd worden, zoodat zelfs Aristoteles bekende, dat hij niet kon beloven ze met zekerheid te weerleggen, en het slechts probeeren zou. En ongetwijfeld wist hij, dat hij deze sententie niet afdoende kon afwijzen en daar hij het toch doen moest, maakte hij bijna geen gebruik van physische argumenten, doch slechts van mathematische en andere, vreemd aan de physica" [1]).
„De leer over de atomen schijnt echter op de volgende wijze verklaard te moeten worden. In de dingen der natuur is het, omdat zij onderhevig zijn aan een eeuwigdurende wisseling van ontstaan en vergaan, noodzakelijk, dat er bepaalde enkelvoudige lichamen van geheel eigen aard zijn, waaruit de samengestelde lichamen ontstaan en waarin deze laatste omgekeerd weer uiteenvallen.
Daar nu Democritus zag, dat de natuurlijk lichamen, noch uit niets, noch uit mathematische punten ontstonden, stelde hij noodzakelijkerwijze vast, dat deze uit kleine lichaampjes samengesteld werden.

---

[1]) *Opera* I, blz. 150 col. 2.

„Waarbij opgemerkt dient te worden, dat Democritus zich niet afvroeg of er een op zich zelf staande mathematische grootheid bestond, doch of er natuurlijke kleinste corpuscula waren, waaruit, indien er veel samengaan, een bepaald soort natuurlijk lichaam ontstaat.
Het is daarom, dat deze minima van de natuur, atomen, ondeelbare corpuscula, ondeelbare lichamen genoemd worden [1]).
Deze namen danken zij daaraan, dat zij in de natuurprocessen niet verder gedeeld kunnen worden en omgekeerd de bouwsteenen vormen voor alle natuurlijke lichamen. Zij zijn echter zoo klein, dat zij aan de zintuigelijke waarneming ontsnappen" [2]).
Vervolgens citeert Sennert Plato, waar deze constateert, dat wij alleen een aggregaat van atomen kunnen zien en geen afzonderlijke. Zoo zijn de stofdeeltjes in de lucht geen atomen, maar reeds samengestelde lichamen.
„Vele zeer geleerde filosofen kennen atomen, om niet te spreken van Empedocles, Democritus en Epicurus, wier leer, wellicht niet goed begrepen, verdacht is.
Overal bij filosofen en medici, zoowel in de oudheid als in den lateren tijd wordt gewag gemaakt hetzij van kleinste corpuscula hetzij van atomen, zoodat ik verbaasd ben, dat die leer over de atomen als een nieuwtje beschouwd wordt" [3]).
Buiten degenen, die Sennert al aangehaald heeft, vermeldt hij anderen maar niet „omdat zij wellicht vanwege hun minachting voor de oude (Aristotelistische) filosofie of vanwege hun studie van nieuwigheden, verdacht zouden kunnen zijn" [4]). En als een onverdacht getuige citeert Sennert dan zeer uitvoerig Franciscus Aquilonius, een aanhanger der minima-naturalialeer.
Het is zonneklaar, dat het er Sennert om te doen is op de overeenkomstige elementen van de minima-naturalialeer en het atomisme te wijzen. Sennert gaat verder:
„Maar wat zouden wij allerlei autoriteiten noodig hebben wanneer de zaak zelf zoo evident is? Want indien wij de empirie, in Democritus

---

[1]) Appellantur ita haec corpora minima naturae, atomi, atoma corpuscula, σώματα ἀδιάρετα, corpora indivisibilia.
[2]) *Opera* I, blz. 150 col. 2, A.
[3]) *Opera* I, blz. 151 col. 1, A.
[4]) *Opera* I, blz. 151 col. 1, A.

door Aristoteles juist zoo geprezen, cunsulteeren dan vinden wij, dat het ontstaan en vergaan der natuurdingen geschiedt door de atomen, overal bestaan in de natuur voorbeelden van het samen- en uit elkaar gaan der atomen.

Daar er echter niet één soort atomen bestaat, maar verschillende overeenkomstig de verscheidenheid der natuurlijke lichamen, moeten wij de atomen van de enkelvoudige lichamen, welke elementen genoemd worden en die van de samengestelde lichamen afzonderlijk bespreken" [1].

Sennert schijnt zich niet bewust te zijn, dat het door ons gecursiveerde in flagranten strijd is met de atomistische opvattingen van Democritus. De heele wijze van formuleering past wel voortreffelijk in het kader der minima-naturalialeer.

Achtereenvolgens passeeren nu de vuur-, lucht-, water- en aardeatomen de revue.

Sennert's beschouwingen over den resp. aard dezer atomen sluiten nauw aan bij die van Scaliger, die trouwens verschillende malen geciteerd wordt.

Speciaal het vuur en het verwarmingsproces heeft zijn bijzondere aandacht, en ook hierin stemt Sennert met Scaliger overeen.

Na de bespreking van de atomen der elementen komen die der verbindingen aan de orde.

„De ouden leeren ons niet alleen, dat de atomen der elementen overal in diffundeeren en in andere lichamen binnendringen, maar zij leeren ons ook, dat uit deze atomen de verbindingen bestaan, tegelijk stellen zij vast, dat de atomen onveranderlijk zijn en altijd hun eigen natuur bewaren, hoe zij ook verbonden zijn" [2].

Zonder kritiek geeft Sennert het zuivere atomistische standpunt weer, al schijnt het „simul tamen" er op te wijzen, dat hij het onveranderlijk zijn in strijd acht met het: een verbinding aangaan.

Zijn eigen standpunt hieromtrent vernemen wij later.

---

[1]) *Opera* I, blz. 151 col. 2, B. „Cùm verò atomorum non sit unum genus, sed pro corporum naturalium varietate varia; eas et secundùm simplicia corpora, quae elementa dicuntur, et secundùm composita, considerare libet.

[2]) Neque solùm atomos illas primas elementorum variè se passim diffundere, et in alia corpora penetrare, sed ex iisdem etiam mista constare Antiqui docuerunt, simul tamen immutabilia esse statuerunt, et suam naturam, quocunque modo misceantur, servare. (*Opera* I, blz. 153 col. 2, E).

Bijzondere aandacht verdient de alinea, waarin de tweede soort atomen besproken worden, het zijn de atomen der verbindingen, in de moderne natuurwetenschappelijke terminologie moleculen der verbindingen genoemd.

„Er is nog een ander soort atomen behalve de elementaire, de atomen van deze tweede soort kunnen eventueel „prima mista" genoemd worden, hierin worden als gelijksoortige dingen de andere samengestelde lichamen opgelost" [1].

Sennert zegt hier een ongewoon belangrijk ding en wel, dat een verding gesplitst kan worden in *atomen der verbinding*, zooals een element gesplitst kan worden in *elementaire* atomen.

De atomen hebben denzelfden zijnsvorm als het geheel, dat zij opbouwen [2]. Daarop wijst ook „hierin worden als gelijksoortige dingen de andere samengestelde lichamen opgelost".

„De chemische werkmethoden bewijzen het bestaan der atomen", aldus gaat Sennert voort. „Als uit water damp opstijgt, dan beteekent zulks niet een verandering van water in lucht, doch een verdeeling in kleinste atomen, welke wanneer zij zich weer vereenigen opnieuw water vormen" [3].

Sennert trekt uit den gedachtengang van Scaliger de volledige consequentie.

Om te beslissen waarbij Sennert's opvattingen zich het best aansluiten zijn de laatste alinea's van het caput *Over de atomen* van beteekenis. Het heet daar: „De atomen hebben van nature hun eigen wetmatigheid, en ongetwijfeld zijn de vuuratomen subtieler dan de aardeatomen, ofschoon dit door ons niet gezien kan worden.

Het is zoo in de natuur geregeld, dat de zijnsvormen slechts in een bepaalde hoegrootheid voorkomen en zooals zij hun natuurlijke grenzen niet overschrijden, kunnen zij ook slechts in een bepaalde hoegrootheid bewaard blijven.

Dit heeft Fransc. Aquilonius ook opgemerkt, die deze kwestie aan het voorbeeld van licht uitlegt, terwijl hij schrijft:

---

[1]) Sunt enim secundò alterius, praeter elementares, generis atomi, (quas si quis prima mista appellare velit, suo sensu utatur) in quae, ut similaria, alia corpora composita resolvuntur. *Opera* I, blz. 154 col. 1, C.

[2]) verg. ook *Opera* I, blz. 155 col. 2, B.

[3]) *Opera* I, blz. 154 col. 1.

„Het moge zijn dat er geen minimum van hoegrootheid is, toch is er een minimum naturale van licht, d.w.z. zoo fijn licht, dat afgezien van vernietiging, het licht niet fijner verdeeld kan worden.
Op gelijke wijze zijn er ook van de lichamen minima naturalia, welke indien zij verder verdeeld worden hun vorm en wezen verliezen" [1]).
Aquilonius constateert niets anders dan dat de quantiteit als mathematische grootheid deelbaar blijft, als physische grootheid echter niet en Sennert sluit zich daarbij aan.
Caput II van hetzelfde hoofdstuk is aan de „mistio" gewijd.
Het belang van dit caput drukt Sennert aldus uit: „Daar de leer over de verbinding hoogst noodzakelijk is om de wording van alle natuurlijke dingen te leeren kennen en zij zoo goed als het fundament van de physica vormt, is het van de grootste beteekenis, dat deze juist wordt uitgelegd. En om dit goed te kunnen doen, moet men zich er rekenschap van geven, dat de naam „mistio" niet altijd in dezelfde beteekenis gebruikt wordt" [2]). Na een kort overzicht van de verschillende beteekenissen van mistio, geeft Sennert de ons bekende indeeling van Scaliger [3]) in drie soorten en vraagt vervolgens: „Wat is nu eigenlijk mistio?"
„Aristoteles definieert: de mistio is de één-wording van de reageerende stoffen. Scaliger echter aldus: de mistio is de beweging van de minima naturalia tot wederzijdsch contact, zoodat een eenheid ontstaat en hij verklaart zijn bedoeling nader en ongetwijfeld juist: alles, wat is, is één niet alleen vanwege de continuïteit, doch ook wegens een actus, door welks toedoen de deelen één worden. Deze actus noemt hij de forma, zij bewerkstelligt, dat de deelen welke krachtens hun natuur en geschiktheid samen kunnen gaan, ook werkelijk samen gaan. En terecht sluit hij dat, wat niet formeel één is, zooals een hoop korrels, uit" [4]).
Dit alles wordt nog verder uitgewerkt aan de hand van Scaliger, waarna Sennerts eigen conclusie volgt: „Doch deze uiteenzettingen heffen niet alle moeilijkheden op, zij verklaren niet voldoende de natuur van de mistio, want er blijven twee problemen over, die, indien

---

[1]) *Opera* I, blz. 155 col. 2, E; 156 col. 1, A.
[2]) *Opera* I, blz. 156 col. 1, C.
[3]) verg. blz. 102.
[4]) *Opera* I, blz. 156 col. 1, B.

zij goed opgelost worden, veel licht brengen in de physische en medische wetenschap. Want ofschoon onzerzijds geheel en al toegegeven wordt, dat niets werkelijk een mistio is, tenzij datgene, wat werkelijk formeel één is, vraag ik toch ten eerste: of het noodzakelijk is, dat de reageerende stoffen welke door de werking van één forma vereenigd en in één verbinding samengebracht zijn, hun eigen formae verliezen, of dat zij in de verbinding onder één enkelen vorm hun eigen vorm kunnen behouden.

En vervolgens vraag ik mij af of alleen elementen een verbinding kunnen aangaan, of dus elke ontleding in minima, welke vanwege de reactie plaats heeft, altijd tot de elementen zelf doorgaat, of dat men ook van andere lichamen, van hooger orde dan de elementen, mag zeggen, dat zij een verbinding kunnen aangaan" [1]).

De eerste vraag van Sennert is de aloude vraag naar het behoud van de formae der elementen in een verbinding.

Het is natuurlijk niet van belang ontbloot, hoe Sennert er zelf op antwoordt, doch het vormt geen nieuwe element in de discussie.

De tweede vraag daarentegen is van veel verder strekkende beteekenis. Het is Sennert ernst geweest met zijn prima mista, oftewel samengestelde atomen. Hij wil ze ook bij de chemische reactie een functie toekennen.

Bespreken wij echter eerst het antwoord op de eerste vraag.

Omtrent de kwestie of de forma der elementen in de verbinding als zoodanig bewaard blijven zijn twee opinies, aldus Sennert. De meeste filosofen houden, „dat de generatio en corruptio bestaan in de σύγκρισις en διάκρισις, het samen- en uit elkaar gaan der kleinste lichamen, waarbij de stoffen, welke de verbinding aangaan, hun forma geheel en al bewaren" [2]).

Sennert beroept zich hierbij mede op Scaliger!

„De andere opinie is die van Aristoteles, deze achtte de σύγκρισις en διάκρισις niet voldoende, doch wat hij er precies zelf van dacht, heeft hij op een dergelijke wijze naar voren gebracht, dat daarover door alle eeuwen strijd is geweest onder de interpretatoren" [3]).

Na de verschillende sententies der interpretatoren opgenoemd en ten

---

[1]) *Opera* I, blz. 156 col. 2, D.
[2]) *Opera* I, blz. 156 col. 2, E.
[3]) *Opera* I, blz. 157 col. 1, C.

deele verworpen te hebben, geeft Sennert zijn eigen meening, die er zoo'n beetje tusschen in staat: „En ofschoon uit meerdere een nieuwe eenheid ontstaat, is het toch niet noodig, dat de enkelvoudige bestanddeelen ten onder gaan, wat echter weer niet zeggen wil, dat er slechts een aggregaat gevormd wordt, daar door den hoogeren vorm (van de verbinding) de enkelvoudige bestanddeelen samengebonden worden. Deze leer der ouden, n.l. dat de elementen en enkelvoudige stoffen hun eigen natuur ongerept bewaren in de samengestelde stoffen, is de sleutel tot de geheele natuurwetenschap" [1]).

Sennert deelt dus het standpunt van die peripatetici, welke houden dat de formae der elementen onveranderd blijven, dit standpunt nadert dat der atomisten, waarvan het echter daarin verschilt, dat een „forma superior", „een hoogere vorm" voor de verbinding geeischt wordt, de verbinding is derhalve toch meer dan een aggregaat.

In zijn geheel onderstreepen doet Sennert het standpunt der atomisten dus geenszins, hetgeen nog door het volgende citaat bevestigd wordt: „De voornaamste reden, dat velen de waarheid in deze controverse niet vermogen te zien, komt daarvandaan, dat zij de eenige ware en hoofdoorzaak der verbinding niet kennen en meenen, dat slechts uit den wederzijdschen strijd der elementen en in de wederzijdsche actie op elkaar, de soorten der natuurlijke lichamen te voorschijn komen. Om de woorden van Aristoteles zelf te gebruiken: Zij kennen slechts potenties en krachten aan de lichamen toe, waarmede deze alleen maar instrumenteel kunnen werken, en daarbij verwaarloozen zij die oorzaak, welke door de soort bepaald wordt" [2]).

„De voornaamste oorzaak is de specifieke zijnsvorm van elk ding" [3]) citeert Sennert nog van Aristoteles.

De tweede vraag, die in Sennert opkwam bij het lezen van Scaliger's betoog, was: kunnen ook andere corpuscula dan de atomen der elementen een verbinding aangaan?

„Wat nu deze kwestie betreft, zeer vele interpretatoren van Aristoteles meenen vanwege de hypothese, dat uit den wederzijdschen strijd der elementen alle verbindingen ontstaan, dat slechts de elementen een

---

[1]) *Opera* I, blz. 157 col. 2, C.

[2]) *Opera* I, blz. 158 col. 2, D.

[3]) *Opera* I, blz. 158 col. 2, E. Expressè enim statuit, qualitates elementorum saltem instrumenta esse; principalem caussam formam cuiusque rei specificam.

verbinding aangaan en dat er geen verbinding is, waaraan niet eerst een oplossen in de elementen is voorafgegaan.
Dat dit echter niet altijd noodzakelijk is, bemerkt ieder gemakkelijk, die nauwkeurig waarneemt wat dagelijks in de natuur geschiedt" [1]. Als voorbeeld kiest Sennert het oplossen van metalen (volgens hem immers geen elementen) en verschillende physiologische processen. Daarbij blijkt dat sommige lichamen, waaruit andere ontstaan, „ofschoon zij minima genoemd worden, geen minima in absoluten zin zijn, doch minima in hun soort, dat zijn zulke, waarin de uit hen samengestelde lichamen ontleed worden, welke derhalve niet in de elementen, maar in die minima, waaruit zij in eerste instantie opgebouwd zijn, uiteenvallen" [2].
„In het algemeen heeft er slechts hoogst zelden ontleding in de elementen plaats. Zoo blijkt wanneer dampen (bij destillatie) in den ontvanger worden opgevangen, dat het uiteenvallen heeft plaats gehad in corpuscula van de eigen soort en niet in de elementen" [3].
De groote beteekenis van Sennert's corpuscula-theorie is gelegen in de onderscheiding tusschen atomen der elementen en „prima mista", atomen van de tweede soort.
Niettegenstaande het woord atoom, overigens voortdurend in afwisseling met minima naturalia gebruikt, is het duidelijk dat Sennert's opvatting ten nauwste aansluit bij de minima-naturalialeer.
In het atomisme van Democritus met zijn qualiteitslooze atomen kan geen sprake zijn van minima sui generis, minima der eigen soort en evenmin van een forma der verbinding.

De Chymicorum cum Aristotelicis et Galenicis consensu ac dissensu Liber

Het derde van Sennert te bespreken werk *Over de punten van overeenkomst en verschil tusschen de Chemici en de aanhangers van Aristoteles en Galenus* zal zakelijk weinig nieuws brengen.
Historisch heeft het werk echter groote beteekenis, omdat het reeds

---

1) *Opera* I, blz. 160 col. 1, E.
2) *Opera* I, blz. 160 col. 2, C. Ideóque etiam corpora illa, ex quibus haec fiunt, etsi minima dicuntur, tamen absolutè talia non sunt, sed sui generis minima, id est, talia in quae corpora illa, cùm resolvuntur, abeunt, atque ita non in elementa, sed in ea, è quibus proximè constant.
3) *Opera* I, blz. 161 col. 1, A.

in 1619 verschenen is, d.w.z. vóór de officieele herleving van het wijsgeerig atomisme in Parijs.

Caput 12 *(De generatione et mistione)* geeft in kort bestek vrijwel het zelfde als 16 jaar later in *Hypomnemata Physica* uitvoerig door Sennert behandeld is.

Enkele karakteristieke passages zullen wij laten volgen, zij kunnen wellicht dienst doen Sennert's opvattingen nog iets te verduidelijken. Aaangaande de „mistio" schreef hij:

„Indien ik dan (om Scaliger's woorden te gebruiken) tracht weer te geven wat mij in dezen nevel voor ons menschen juist toeschijnt, dan moet ik bekennen, dat ik door de sententie van Scaliger overtuigd ben, wanneer hij de mistio definieert als *de beweging van minima tot wederzijdsch kontakt, zoodat een eenheid ontstaat.*

En in eigenlijken zin is slechts van mistio sprake, wanneer deze eenheid niet alleen in een continuiteit, maar ook in een eenheid van forma bestaat" [1]).

„Op welke wijze echter deze éénwording van minima plaats heeft, *of de formae der reageerende stoffen daarbij ongerept bewaard blijven* of wellicht totaal vernietigd worden, het is zoo moeilijk in deze volslagen duisternis te zien, dat zelfs geleerde mannen, waaronder Scaliger, niet gemakkelijk kunnen zeggen, welke sententie zij moeten prefereeren" [2]). Sennert verklaart zich vervolgens ook hier voor een „forma superior" der verbinding. Wat er precies met de forma der elementen gebeurt, laat hij liever aan anderen ter discussie over.

In groote trekken komt Sennert's beschouwing over de mistio dus overeen met wat hij na 16 jaar in Hypomnemata schreef [3]), met deze eene uitzondering, dat hij nu nog onvoorwaardelijk Scaliger's standpunt aanvaardt, terwijl hij later niet totaal bevredigd is met Scaliger's antwoord. Dit feit demonstreert nog eens te meer, hoe Sennert's gedachtengang zich geheel uit die van Scaliger ontwikkeld heeft.

Overigens ontbreekt ook in *de Chymicorum* de lofrede op Democritus niet, deze moge wat korter uitgevallen zijn, zij is niet minder overtuigd. De paar volgende zinswendingen typeeren zeer goed Sennert's houding tegenover Democritus.

---

[1]) *Opera* I, blz. 999 col. 1, C.
[2]) *Opera* I, blz. 999 col. 1, D.
[3]) verg. blz. 113.

Na de bespreking van de mistio, waarbij hij zijn instemming met Scaligers' definitie betuigt, schrijft Sennert:

„Welnu de opinie over de mistio, welke wij boven gaven, is zonder eenigen twijfel de opinie van zeer oude filosofen, en ook die van Democritus zelf, welke vaststelde, dat alle dingen uit atomen worden samengesteld en dat de generatio niets anders is dan σύγκρισις en διάκρισις. Het is immers niet waarschijnlijk, dat deze voortreffelijke kenner der natuur en van de wereld, zooals Hippokrates hem noemt, die — zooals Plinius mededeelt — op zijn reizen de geleerden van Perzië, Arabië, Ethiopië en Egypte consulteerde, zulke dwaze dingen over de atomen beweerd heeft, als hem gewoonlijk worden toegeschreven" [1]).

Sennert tracht Democritus' opvatting met de zijne te identificeeren, hoewel er toch evidente verschillen zijn. Van deze laatste moet hij zich ook wel rekenschap geven, zij het echter met kennelijken tegenzin. „Toch ontstaan de natuurlijke dingen niet uit de toevallige samenwerking der atomen (indien Democritus er zoo over denkt), doch door een beheerschende forma superior" [2]).

Dát Democritus er zoo over denkt, gelooft hij intusschen maar half, het is echter duidelijk Sennert's bedoeling zulks te suggereeren. In dit eene opzicht is Sennert dus volop eclecticus, voor het overige is hij een aanhanger der minima-naturalialeer, het behoeft geen verder betoog, na wat wij van hem gezien hebben.

Sennert heeft niet nagelaten de leer van Scaliger verder uit te werken; van bijzonder belang is het onderscheid tusschen elementaire atomen en „prima mista", Sennert blijft hiermee geheel binnen het raam der Aristotelische wijsbegeerte, het zoo juist aangegeven onderscheid vloeit immers logisch voort uit het wezen der minima-naturalialeer: voor iedere stof eigen specifieke deeltjes. Daarom mogen wij hem als een vertegenwoordiger der minima-naturalialeer beschouwen, in zekeren zin den laatsten, want terzelfder tijd, 1e helft der 17e eeuw, vindt de herleving van het wijsgeerig atomisme plaats, dat in korten tijd de overhand verkrijgt in de kringen der wijsgeeren, terwijl de belangstelling der natuurwetenschapsbeoefenaren al zeer spoedig geheel gericht is op de physische en chemische problemen en niet meer op de

---

1) *Opera* I, blz. 999 col. 2, B.

2) *Opera* I, blz. 1000 col. 2, A.

wijsgeerige. Voor de geschiedenis der natuurwetenschap en de atoomtheorie zijn in de tweede helft der 17e eeuw dan ook niet meer de beide wijsgeerige, doch de corpusculaire theorieën van belang.
Deze laatste bouwen natuurlijk ook voort op de resultaten der beide wijsgeerige theorieën en onze belangstelling gaat uiteraard in het bijzonder uit naar datgene, wat de corpusculairtheorie van de tweede helft der 17e eeuw dankt aan het atomisme eenerzijds en de minima-naturalialeer anderzijds.
Dit na te sporen beteekent een onderzoek in te stellen naar de beinvloeding van Boyle door Sennert, Gassendi en Descartes, de eerste als vertegenwoordiger der minima-naturalialeer, de beide laatsten als vernieuwers van het wijsgeerig atomisme. Doch alvorens daartoe over te gaan, is het noodzakelijk eerst de hernieuwing van het wijsgeerig atomisme te bespreken, de wezenlijke kenmerken van de stelsels van Gassendi en Descartes naar voren te brengen en deze te vergelijken met de minima-naturalialeer van die dagen.

Beoordeeling van Sennert's corpusculair theorie

Het is met opzet, dat wij reeds eenige malen de theorie van Sennert over de kleinste stofdeeltjes met het woord: *corpusculairtheorie* betitelden. Dit woord toch heeft een meer neutralen klank, het zegt niets omtrent den inhoud der theorie, iets wat de woorden: minima-naturalialeer en atomisme wel doen.
In Sennert ontmoeten wij eigenlijk voor het eerst een ontwerper van een theorie, welke zonder rekening te houden met wijsgeerige consequenties er in de eerste plaats op gericht is een voor de hand liggende zuiver natuurwetenschappelijke verklaring te geven van bepaalde verschijnselen met behulp van eigenschappen der kleinste deeltjes van de stof, heel neutraal *corpuscula* [1]) geheeten.
Dientengevolge wordt een dergelijke theorie een *corpusculairtheorie* genoemd, zij zegt niets aangaande den aard der corpuscula, welke er een rol in spelen.
Nu is het ongetwijfeld niet voor tegenspraak vatbaar, dat Sennert's corpuscula, al worden zij dan ook atomen genoemd, verdacht veel weg hebben van de minima naturalia van Scaliger, er is slechts één

---

[1]) *corpusculum* verkleinwoord van *corpus: lichaam.*

verschilpunt, dat bovendien pas in latere publicaties van Sennert naar voren treedt: de corpuscula blijven bij de chemische verbinding onveranderd. Wel komt deze onveranderlijkheid nog niet tot volledige gelding, omdat Sennert toch een zijnsvorm der verbinding aanneemt, welke de corpuscula tot een eenheid formeert, zoodat hij ook in dit punt nog volledig aan de zijde van Aristoteles staat.

Van den anderen kant is het echter evenzeer waar, dat Sennert juist op de onveranderlijkheid der corpuscula sterk den nadruk legt en de reden is niet ver te zoeken: hij ziet daarin een kans om de diepe kloof tusschen Aristoteles en Democritus te overbruggen, ook de atomen waren immers onveranderlijk.

Gretig aanvaardt Sennert deze gelijkenis en hij wacht zich er wel voor wijsgeerig dieper op een en ander in te gaan, want dan zou menig wezenlijk verschilpunt tusschen Aristoteles en Democritus aan het licht treden, punten waar beider theorieën moeilijk in overeenstemming te brengen zouden zijn en daar — zooals wij zagen — juist dit Sennert's onuitgesproken en ook vaak uitgesproken bedoeling vormt, is hij zoo verstandig er verder maar geen aandacht te besteden: het verschil zou dan teveel aan den dag moeten treden.

HOOFDSTUK IV

HERLEVING VAN HET WIJSGEERIG ATOMISME

1 - VERTEGENWOORDIGERS IN VOORAFGAANDE EEUWEN

Hoewel het wijsgeerig atomisme in de eeuwen tusschen de 4e v. Chr. en de 17e n. Chr. van weinig beteekenis is geweest, zijn er in deze eeuwen wel enkele vertegenwoordigers aan te wijzen.
In hoofdstuk I kwamen reeds Epicurus en T. Lucretius Carus ter sprake.
Aparte vermelding verdienen nog Heraclides Ponticus en Asklepiades van Bithynie, twee schrijvers uit de Hellenistische periode.
Uit het weinige [1]), dat van hun leer bekend is, krijgt men den indruk, dat wij te doen hebben met een versmelting der minima-naturalia-theorieën met het wijsgeering atomisme.
In de opvatting van deze schrijvers zijn de kleinste deeltjes n.l. niet onveranderlijk, zij zijn deelbaar en kunnen op elkaar inwerken.
De historici beschouwen Heraclides Ponticus en Asklepiades van Bithynië dan ook niet als vertegenwoordigers van het zuivere wijsgeerig atomisme, wat echter wel het geval is met Willem van Conches (11e eeuw), Constantinus Africanus (11e eeuw), Hugo van St. Victor (begin 12e eeuw) en Adelard van Bath (begin 12e eeuw).
Deze worden zonder eenige reserve tot de atomisten gerekend [2]).
De bewijzen, hiervoor aangehaald, hebben ons echter niet zonder meer kunnen overtuigen. Een uitspraak van Willem van Conches als: „Alle lichamen bestaan uit elementen. Een element is — zooals de filosofen

---

[1]) verg. Lasswitz I, blz. 212.
[2]) verg. Lasswitz I, blz. 74; Ueberweg II, blz. 141.

definieeren — het meest eenvoudige en kleinste deeltje van een lichaam, het eenvoudigste wat de qualiteit, het kleinste wat de quantiteit betreft" [1]), is allerminst overtuigend voor een zuiveren atomistischen gedachtengang, het doet evenzeer aan de minima-naturalialeer denken, temeer daar Willem van Conches als de echte elementen de qualitatief verschillende minima van aarde, vuur, lucht en water beschouwt [2]).
De beïnvloeding door de minima-naturalialeer is vooral daarom zeer goed mogelijk, omdat Willem van Conches via Constantinus Africanus met de Arabische wijsbegeerte bekend was.
Het ontbreekt ons echter aan voldoende gegevens over de leer van de bovengenoemde filosofen, om een grondige analyse te maken van den preciesen aard hunner kleinste deeltjes theorie, wij volstaan derhalve met er den nadruk op te leggen, dat de in de litteratuur vermelde citaten geenszins bewijzend zijn. Zij toonen alleen aan, dat in de gedachtengang van deze schrijvers uit de 11e en 12e eeuw kleinste deeltjes een rol spelen.
Van groot belang voor de historie der natuurwetenschap zijn deze schrijvers echter niet geweest, zij vormden meer de voorboden van den naderenden invloed der Arabische wijsbegeerte en wetenschap, waardoor de physica ook in het Westen weer een meer eervolle plaats kreeg toegewezen.
In de volgende eeuwen vinden wij slechts enkele overtuigde aanhangers van het atomisme, niettegenstaande de vanaf de dertiende eeuw dateerende herleving der physica. De meest bekende hiervan is Nicolaas d'Autrecourt [3]) (14e eeuw).
De reden, dat het atomisme van zoo geringen invloed bleef, moet aan twee oorzaken worden toegeschreven.
De eerste is de erfelijke belasting van Democritus' systeem met een anti-christelijk materialisme, waardoor het in het officieele universitaire

---

[1]) Elementum vero, ut definiunt philosophi, est simpla et minima alicuius corporis particula: simpla ad qualitatem, minima ad quantitatem. Migne. *Patrologiae Latinae*, 90 blz. 1132. Het werk van Willem van Conches: *Elementorum Philosophiae libri quatuor* staat op naam van Beda en is dan ook in diens werken afgedrukt. *Patr. Lat.* 90 blz. 1127—1178.

[2]) Cum ergo simplae et minimae particulae sint elementa, quae sint frigidae et siccae, dicuntur terra; quae frigidae et humidae, aqua; quae calidae et humidae, aer; quae calidae et siccae, ignis. *Patr. Lat.* 90 blz. 1133.

[3]) Zie J. Lappe: *Nicolaus von Autrecourt.*

programma wel behandeld, doch niet verdedigd werd, als tweede reden komt daar bij — en dit is er een, welke vaak veronachtzaamd wordt — dat de Aristotelische minima-naturalialeer in de Middeleeuwen minstens even goed aan de heerschende behoefte aan physische verklaringsmogelijkheden voldeed; voor de middeleeuwsche denkers bestond er geen aanleiding in physisch opzicht het wijsgeerig atomisme te prefereeren zooals wij in Hoofdstuk V hopen te kunnen aantoonen. De gronden voor de herleving van het atomisme zijn dan ook van geheel anderen aard, n.l. van *metaphysischen* en *kentheoretischen* [1]. De metaphysische kwam voort uit de misvatting der forma-leer van Aristoteles, welke wij boven met *substantificatie* aangeduid hebben [2]. Den kentheoretischen zullen wij straks door een der vernieuwers van het atomisme en wel Descartes uiteengezet vinden.

2 - WEGBEREIDERS

De eigenlijke herleving van het wijsgeerig atomisme dateert vanaf de 2e helft der 17e eeuw.
Vlak voor dien tijd zijn er echter enkele figuren aan te wijzen, die zeker niet mogen gelden als vertegenwoordigers van het atomistische systeem, doch die wel in zekeren zin als wegbereiders kunnen gekenschetst worden.

Giordano Bruno

Een dergelijke figuur is de renaissance-filosoof Giordano Bruno (1548—1600) met zijn minimaleer.
Hiervan voor den niet-georiënteerden lezer een uiteenzetting te geven, zou de grenzen van dit werk verre overschrijden. Bruno's physische atoomleer vormt een onderdeel van zijn algemeene wijsgeerige minimaleer, welke op haar beurt tot de essentie van het geheele wijsgeerige systeem van den Italiaanschen filosoof behoort. Nu is Bruno een zeer oorspronkelijk denker met alle aantrekkelijkheid, doch ook alle nadeelen van dien. Eenigermate een begrip geven van zijn atoomleer zou een diepgaande analyse van het zeer persoonlijke systeem van dezen renaissance-filosoof noodzakelijk maken en zóó belangrijk is Bruno weer niet dat deze excursie gerechtvaardigd zou zijn.

---

[1]) Zie hierover P. Hoenen: *Phil. der anorg. nat.*, blz. 44—57.
[2]) verg. blz. 62.

Onder verwijzing naar Lasswitz' verhandeling [1]) volstaan wij dus met enkele karakteristica, welke van direct belang zijn. Bruno maakt geen onderscheid tusschen mathematische en physische deelbaarheid. Een lijn is dus volgens hem niet tot in het oneindige deelbaar. Vervolgens: alle soorten van dingen hebben elk eigen minima, doch deze vertoonen niet de specifieke eigenschappen van de dingen, welke zij opbouwen. Bruno's minima zijn ook niet absoluut, doch relatief. Zoo is een letter voor den grammaticus een minimum, voor den meetkundige echter niet. Het ruimtelijk mathematische minimum is rond, het vormt tegelijk het physische minimum en wordt als zoodanig atoom genoemd. De atomen staan tegenover de leege ruimte, welke niets anders is dan de alles doordringende wereldgeest.

Beoordeeling

De geheele opzet van Bruno's minimaleer verschilt zoowel van de Aristotelische als ook van het wijsgeerig atomisme.
Van de Aristotelische daarin, dat de minima niet de specifieke eigenschappen van het geheel hebben, terwijl Bruno ook geen verschil maakt tusschen physische en mathematische deelbaarheid.
Dit laatste punt vormt tevens ook een onderscheid met het wijsgeerig atomisme, waarbij nog gevoegd kan worden, dat volgens de opvatting van Bruno alle soorten van dingen hun eigen relatieve minima hebben, terwijl ook een mechanische verklaring van physische verschijnselen ontbreekt. Doch niettegenstaande dit verschil en de geheel andere opzet van Bruno's minimaleer doet speciaal de physische uitwerking toch sterk aan Democritus' atomisme denken.
Daarom lijkt het ons juist Bruno onder de wegbereiders van het atomisme te rangschikken, al mag men zijn beteekenis niet overdrijven [2]).

Eilard Lubin, Claude de Berigard en J. C. Magnenus

Als verdere wegbereiders mogen vermeld worden Eilard Lubin (1565—1631) een philoloog, die zich voornamelijk bezig hield met een weerlegging van de peripatetische argumenten tegen het wijsgeerig

[1]) Lasswitz I, blz. 359—401.
[2]) verg. blz. 143.

atomisme [1]), voorts Claude de Berigard (1578—1663), vertegenwoordiger van een qualitatieve atomistiek in den geest van Anaxagoras, en J. C. Magnenus. Deze laatste geeft in zijn *Democritus reviviscens* een merkwaardige mengeling van Aristotelische en atomistische gedachten. De atomen zijn in absoluten zin ondeelbaar, doch kunnen wel van zijnsvorm veranderen.
Magnenus moet tot de atomisten gerekend worden èn omdat hij zich op Democritus beroept èn omdat hij de minima-naturalialeer, met name die van Sennert uitdrukkelijk afwijst [2]).

Sebastiaan Basso en van Goorle

Belangrijker dan bovengenoemden zijn de Franschman Sebastiaan Basso, eveneens uit het begin der 17e eeuw en de Nederlander van Goorle. Met van Goorle (1591—1612) opent de rij der eigenlijke atomisten der 17e eeuw. Tot volle rijpheid is de atomistische gedachtengang bij hem echter niet gekomen.
Zijn *Exercitationes Philosophiae*, verschenen in 1620, vormen een eigenaardige mengeling van Aristotelische, nominalistische en atomistische begrippen.
Dit is volkomen begrijpelijk, wanneer wij bedenken, dat van Goorle geen directe voorgangers had en daarenboven dit werk op twintigjarigen leeftijd als student in Leiden schreef. Kort daarna is hij gestorven. Niettegenstaande van Goorle zich beslist heeft uitgesproken voor het wijsgeerig atomisme, lijkt het ons zeer aannemelijk, dat hij sterk onder invloed van Scaliger gestaan heeft en meer daardoor dan door zijn atomisme tot opvattingen gekomen is, die hem een blijvende plaats in de geschiedenis der natuurwetenschappen verschaft hebben. Wij doelen daarbij op zijn uitspraak, dat water niet in lucht transmuteerbaar is en dat er derhalve groot verschil is tusschen lucht en waterdamp.
Het onderzoek naar van Goorle's afhankelijkheid in deze van Scaliger, reeds aangestipt bij de bespreking van dezen laatsten, kan echter doelmatiger in Hoofdstuk V plaats vinden.
Van Basso's leven is weinig bekend. Hij schreef een *Philosophia naturalis*, waarin — zooals de ondertitel aangeeft — *„de weggestooten*

[1]) Lasswitz I, blz. 401—411.
[2]) Lasswitz I, blz. 498—512.

filosofie der ouden in eere hersteld wordt en de dwalingen van Aristoteles op soliede gronden afgewezen worden".

Basso's atomisme is een mengeling der stelsels van Democritus en Anaxagoras [1].

Bijzonderen nadruk legt Basso op de mogelijkheid, dat uit de atomen z.g. partikeltjes der 2e orde (particulae secundae) [2]) gevormd worden, en uit deze weer partikeltjes der derde orde.

Deze partikeltjes hebben een zekere stabiltieit, al kunnen zij in elkaar overgaan door verandering van samenstelling.

De idee van partikeltjes van hoogere orde is van groote beteekenis voor de ontwikkeling van het wijsgeerig atomisme. Bij de bespreking van Boyle hebben wij nog gelegenheid daar nader op in te gaan.

3 - GASSENDI

Meer dan wie ook heeft Gassendi (1592—1665) bijgedragen tot de herleving van het wijsgeerige atomisme en dit om meer dan een reden.

Allereerst is Gassendi's leer in hoofdzaak een trouwe copie van Epicurus' atomisme, terwijl de boven besproken schrijvers steeds een min of meer afwijkend stelsel huldigden. Door de verzorging van een tekst-kritische uitgave van het 10e boek van Diogenes Laertius, den biograaf uit den Romeinschen tijd, die in dit boek Epicurus' leven en leer schetste, stelde Gassendi zijn tijdgenooten in kennis met de oudste nog bestaande bron van het wijsgeerig atomisme.

Zijn *Animadversiones in decimum librum Diogenis Laertii* bevat behalve den Griekschen tekst een Latijnsche vertaling en zeer veel aanteekeningen.

In deze aanteekeningen — en dit is de tweede reden waarom Gassendi veel tot de herleving van het atomisme heeft bijgedragen — heeft hij alle moeite gedaan Epicurus' systeem van de materialistische tendens te ontdoen. Het was juist de enge verbinding van het wijsgeerig atomisme met een materialistische levensopvatting, welke reeds de afkeer opwekte van de Grieken [3]), de Kerkvaders [4]) tegen het atomisme

---

[1]) *Philosophia Naturalis*, blz. 12.
[2]) *Philosophia Naturalis*, blz. 12.
[3]) verg. blz. 33.
[4]) verg. blz. 55.

stelling deed nemen, het in de Middeleeuwen steeds als een uitermate verdacht systeem brandmerkte en welke ook de 16e en 17e eeuw nog zeer wantrouwend deed staan.

Door de bemoeïingen van Gassendi (die Katholiek priester was) werd, zooals Lasswitz het uitdrukt, het atomisme in korten tijd „salonfähig". Hoewel de verschilpunten van Gassendi met Epicurus dus voortkomen uit diens anti-materialistische zuiveringsactie, zijn er daaronder toch enkele, die een consequentie op physisch gebied met zich mee brengen. Zoo zijn in Gassendi's opvatting de atomen niet eeuwig — zij zijn door God geschapen — en dit heeft tengevolge, dat ook de beweging — welke volgens de atomisten van eeuwigheid de atomen toekwam als een innerlijke eigenschap — niet eeuwig is. Deze beweging is dus ook geen eeuwige valbeweging of iets dergelijks [1]), maar zij is een kracht door God aan de atomen gegeven om zich te bewegen, en zich onder elkaar te verbinden [2]). Ook Epicurus' sententie van een oneindig aantal atomen accepteert Gassendi niet [2]).

Over het algemeen treffen wij echter zonder meer de bekende thesen van Democritus aan. De atomen zijn star, dus ondeelbaar en onveranderlijk [3]), zij zijn qualitatief volkomen aan elkaar gelijk, en verschillen alleen in grootte, figuur en zwaarte. (Volgens Gassendi zou de zwaarte niet door Democritus zelf, doch eerst door Epicurus als een oorspronkelijke atoomeigenschap opgevat zijn [4])).

De atomen bewegen in de leege ruimte, deze is de noodzakelijke voorwaarde voor elke beweging [5]).

De qualiteiten, welke aan stoffelijke dingen waargenomen worden, brengt Gassendi terug tot grootte, figuur en beweging der atomen [6]).

Er is één punt in den uitleg door Gassendi van Epicurus' systeem, dat bijzondere beteekenis zal krijgen in de ontwikkeling van het atomisme na Gassendi en daarom de aandacht verdient. Op het verwijt van den kerkvader Lactantius, dat van geen der natuurlijke dingen zaden noodig zouden zijn, omdat toch alles uit atomen gevormd werd, antwoordt Gassendi o.a. „Uit de atomen vormen zich eerst bepaalde

---

1) verg. blz. 30.
2) *An.* I, blz. 127 col. b.
3) *An.* I, blz. 100 e.v.
4) *An.* I, blz. 110 e.v.
5) *An.* I, blz. 96 col. c.
6) *An.* I, blz. 121 e.v.

moleculen, welke onder elkaar verschillen en de zaden zijn der verschillende dingen" [1]).

Elders zegt hij daaromtrent: „Zooals de letters de elementen van het schrift zijn en uit deze letters eerst de lettergrepen, en daarna achtereenvolgens de woorden, de volzinnen en de redevoeringen gevormd worden, zóó zijn ook de atomen de elementen van alle dingen. Uit de atomen worden eerst de allerkleinste moleculae samengevoegd, vervolgens de iets grootere, de nog grootere, de fijnste en grofste lichamen en tenslotte de allergrootste" [2]).

Gassendi gebruikt hier dus evenals Sennert de begrippen *atoom* en *molecuul*, doch terwijl de inhoud, welken de laatste aan deze begrippen geeft, sterk doet denken aan den modernen begripsinhoud, is dit bij Gassendi veel minder het geval, hij werkt er niet mee zooals wij dit Sennert zagen doen. Boyle zal de formuleering van Gassendi overnemen, doch er den begripsinhoud, welken Sennert gaf, mee verbinden [3]).

Doch voor wij onze aandacht aan Boyle kunnen schenken eischt Gassendi's tijdgenoot Descartes deze op.

Beiden hebben terzelfdertijd op zeer *verschillende* wijze bijgedragen tot de herleving van het atomisme. Terwijl Gassendi's systeem vrijwel geen spoor van originaliteit bezit, is dat van Descartes geheel oorspronkelijk van opzet en uitwerking.

4 - DESCARTES

Descartes' (1596—1650) beteekenis in de historie van de wijsbegeerte en de wetenschap strekt zich veel verder uit dan een bijdrage tot de herleving van het wijsgeerig atomisme. Universeel geleerde als de Fransche filosoof was, bestreek zijn werkzaamheid een zeer ruim wetenschappelijk gebied. Nu was dit als zoodanig niets ongewoons in zijn tijd, de wijsgeeren waren gewoonlijk ook de ijverigste beoefe-

---

1) Heinc ex Atomis conformari primùm moleculas quasdam inter se diversas, quae sint semina rerum diversarum; ac deinde res quasque ex seminibus suis ita texi, atque constitui, ut neque sint, neque esse possint ex aliis. *An.* I, blz. 108 col. a.

2) Nam ut literae sunt Elementa scripturae, et ex ipsis syllabae primùm, tùm dictiones, periodi, orationes, ac libri constant; ita sunt Atomi elementa rerum, ex quibus tenuissimae prinùm concretiunculae, aut moleculae contexuntur; ac deinde maiores, maiorésque, corporáque exilia, et grandia, ac denique grandissima". *An.* I, blz. 123 col. b.

naren der verschillende wetenschappen. Het belangrijke van een figuur als Descartes zit dan ook minder in zijn universaliteit, dan wel in het feit, dat op meer dan één terrein met hem een nieuw tijdperk aanvangt.

Natuurlijk moet dit laatste goed verstaan worden, tijdperken in de historie beginnen of eindigen niet abrupt met één persoon, zoomin in de wereldhistorie in het algemeen, als in de geschiedenis der wetenschap in het bijzonder.

Toch kan er een genoegzame reden bestaan een bepaald tijdperk in de historie, terwille van de overzichtelijkheid, met één persoon te laten beginnen. Dit wil dan niet zeggen, dat het nieuwe tijdperk waarmee de naam van dezen persoon onafscheidelijk verbonden wordt, zich reeds niet te voren aangekondigd heeft, dat er geen tendenties in een nieuwe richting in het onmiddellijke verleden aanwezig waren, doch het moet zoo verstaan worden, dat de kenmerken van het nieuwe tijdperk, tevoren nog vaag en verborgen, bij één figuur vrij plotseling tot volle openbaarheid en ontplooiïng komen.

Zulk een figuur is zonder eenigen twijfel Descartes, zoowel op het gebied der zuivere wijsbegeerte als op dat der natuurwetenschappen. Hoewel het laatste voor ons het belangrijkste is, moet voor een goed begrip een korte karakteristiek van Descartes' wijsgeerigen arbeid voorafgaan.

Wijsgeerige beteekenis van Descartes

Het Christendom had na zijn verschijnen in sterke mate zijn stempel gedrukt op de beoefening der wijsbegeerte, zoo zelfs dat in de eerste tien eeuwen filisofie en theologie noch principieel, noch feitelijk van elkaar gescheiden waren [1]).

In de Middeleeuwen veranderde dit langzamerhand, de wijsbegeerte groeide uit tot een afzonderlijke wetenschap met eigen principen en methoden, doch het verband tusschen theologie en filosofie bleef zeer nauw, wijsgeerige kwesties werden immer getrokken binnen de sfeer der theologie, practisch werd de filosofie steeds tezamen met de theologie beoefend. Deze traditioneele band is door Descartes verbroken. Bij hem is de filosofie een volkomen onafhankelijke wetenschap ge-

---

[1]) verg. blz. 55.

worden, en daarmee ging een geheel nieuwe opzet van zijn wijsgeerigen arbeid gepaard, waarin de sporen van de Middeleeuwsche methoden nauwelijks meer zijn terug te vinden [1]).

Het was dan ook de uitgesproken bedoeling van Descartes een nieuw wijsgeerig systeem te construeeren, want zooals hij zelf getuigt schonken de oude stelsels, waarmee hij in zijn studietijd kennis gemaakt had, hem geen bevrediging. „Daar ik geen mensch kon vinden, wiens inzichten mij de moeite waard leken, om mij er bij aan te sluiten en ze boven andere te verkiezen, was ik in zekere mate *gedwongen,* mijn levensvisie op te bouwen door nog slechts bij mijzelf te rade te gaan" [2]).

„Ik besloot geen andere wetenschap meer te zoeken, dan die ik in mijzelf of in het groote boek der natuur vinden kon" [3]).

Descartes gaat dus bouwen aan een eigen systeem en kiest daarbij de stelling, dat alleen datgene waar is, wat klaar en helder doorschouwd kan worden, tot uitgangspunt [4]). Verder voorziet hij zich nog van een middel om uit te maken, wat helder en klaar voor hem is en wat niet; en zoo'n middel meent hij gevonden te hebben in een methodischen twijfel.

Daarmee uitgerust gaat Descartes bij zich zelf na, of hij eigenlijk wel zoo zeker is van de tallooze dingen, waarvan hij meent iets te weten. Hij begint derhalve aan alles systematisch te twijfelen, echter niet om te blijven twijfelen zooals vele sceptici, doch alleen om te onderzoeken of er iets te vinden is, waaraan nu werkelijk met geen mogelijkheid te twijfelen valt, omdat het klaar en helder ingezien wordt. En als resultaat van zijn overpeinzingen komt hij dan tot de beroemde uitspraak: „Cogito, ergo sum" (Ik denk, dus ik besta). Deze zekerheid biedt weerstand aan elken twijfel en het wordt de grondpijler van zijn nieuwe filosofie; daarop steunend beschouwt Descartes vervolgens opnieuw alles, waaraan hij zoo straks methodisch getwijfeld had.

---

[1]) verg. Sassen: *Geschiedenis der nieuwere wijsbegeerte tot Kant,* blz. 137.

[2]) *Discours de la Méthode. Oeuvres* VI, blz. 16.

[3]) *Discours. Oeuvres* VI, blz. 9.

[4]) Le premier (precepte) estoit de ne recevoir jamais aucune chose pour vraye, que je ne la connusse evidement estre telle: c'est a dire, d'eviter soigneusement la Precipitation, et la Prevention; et de ne comprendre rien de plus en mes jugements, que ce qui se presenteroit si clairement et si distinctement a mon esprit, que je n'eusse aucune occasion de le mettre en doute. *Discours. Oeuvres* VI, blz. 18.

Wij zullen hem hierin niet volgen, doch slechts één belangrijk resultaat vermelden. Uit den eersten regel van het denken: „niets als waar aan te nemen, dan wat volkomen zeker en klaar als waar ingezien wordt", trekt hij een fundamenteele conclusie op het gebied der stoffelijke wereld.

Het eenige, wat Descartes hier klaar inziet, is de extensie, d.w.z. de ruimtelijke verhoudingen, welke het object zijn der mathematica [1]. Derhalve — en dit is de groote sprong van Descartes — is het eenige, wat werkelijk is aan de stof, de extensie, de uitgebreidheid. Stof en uitgebreidheid zijn hetzelfde, identiek.

En volkomen consequent trekt Descartes dan de conclusie, dat de mathematica als de leer der uitgebreidheid de eenige wetenschap is, welke iets over de stof en haar eigenschappen kan leeren. Als ideaal zweeft hem daarbij een geheel nieuwe algemeene wetenschap voor den geest, een filosofie op mathematischen grondslag. Deze wetenschap moet in de plaats komen van de gebruikelijke speculatieve filosofie [2]. Descartes zelf is verrukt over de resultaten van zijn nieuwe wetenschap, welke hij op bijna elk gebied bevestigd vindt. „Zoo kwam ik, naar het mij toeschijnt, tot de kennis van den hemel, de sterren, de aarde en op de aarde tot de kennis van het water, de lucht, het vuur, de mineralen en andere soortgelijke dingen, welke het allergewoonste en eenvoudigste en derhalve ook het gemakkelijkste te herkennen zijn" [3].

Volgens de principepen van zijn nieuwe wetenschap — Descartes twijfelt er niet aan — liet zich alles verklaren. Wel deden zich soms moeilijkheden voor omdat vele verschijnselen op meer dan één wijze uit zijn algemeene theorie verklaard konden worden. Het was dan zaak na te gaan, welke van de theoretische mogelijkheden zich in de natuur feitelijk gerealiseerd hadden.

Descartes' methode is in hoofdzaak deductief, d.w.z. hij gaat uit van een algemeene visie op de natuur, doorschouwt hoe het heelal in zijn

---

[1]) Non tamen forte omnes tales omnino existunt, quales illas sensu comprehendo, quoniam ista sensuum comprehensio in multis valde obscura est et confusa; sed saltem illa omnia in iis sunt, quae clare et distincte intelligo, id est omnia, generaliter spectata, quae in purae Matheseos objecto comprehenduntur. *Meditationes. Oeuvres* VII, blz. 80.

[2]) *Discours. Oeuvres* VI, blz. 61.

[3]) *Discours. Oeuvres* VI, blz. 64.

algemeenheid geconstrueerd is en komt zoo tot de kennis der afzonderlijke verschijnselen.
Descartes heeft niet alleen zijn resultaten overschat — het blijkt voldoende uit het bovenstaande citaat — doch ook de mathematische methode zelf in dien zin, dat hij meende, dat hiermede de geheele stoffelijke natuur doorzichtig zou zijn geworden; stof is nu eenmaal, Descartes ten spijt, meer dan uitgebreidheid. Doch — en dit zag hij juist — de mathematische verhoudingen zijn van zeer groot belang voor de kennis der natuur.
Zelf heeft Descartes er ook actief toe bijgedragen de mathematica en haar methoden verder uit te bouwen (analytische meetkunde) en daardoor meer geschikt te maken voor de toepassing op physische verschijnselen, zijn arbeid is de grondslag geworden voor de mathematische methode in de natuurwetenschap, daaraan dankt zij haar belangrijkheid.

Descartes' corpusculairtheorie

Descartes wordt in het algemeen — en wij sloten ons daarbij aan — in een adem genoemd met de hernieuwers van het wijsgeerig atomisme. Gewoonlijk maakt men daar dan de restrictie bij, dat Descartes' opvatting zeer belangrijk afweek van het traditioneele atomisme. Vanwege deze afwijking spreekt de historicus bij Descartes van corpusculairtheorie en niet van atomisme. Hiermee bedoelt hij aan te geven, dat Descartes weliswaar geen atomen in Democritus' zin kende, maar toch zijn natuurwetenschappelijke theorieën grondvestte op het aannemen van kleine deeltjes, welke voortdurend bewegen.
Dat Descartes nooit tot het zuivere wijsgeerige atomisme kon komen, volgt al onmiddellijk uit zijn opvatting omtrent het wezen der stof. Wanneer stof en uitgebreidheid identiek zijn, brengt dit als consequentie mee, dat de stof evenals de uitgebreidheid immer deelbaar blijft. En dit is in flagrante tegenspraak met Democritus' atomisme, het systeem van dezen Griekschen wijsgeer nam immers juist zijn uitgangspunt in de stelling, dat de stof niet tot in het oneindige deelbaar was, de atomen waren ondeelbaar.
En het tweede groote punt van den Griek: het bestaan van een vacuum d.w.z. een ruimtelijke uitgebreidheid, welke niet geheel met stof gevuld is, vormt voor Descartes niets minder dan een contradictio in terminis.

Stof en uitgebreidheid zijn voor hem immers identiek, uitgebreidhed zonder stof is dus met zich zelf in tegenspraak. Het zijn waarachtig geen kleinigheden waarin de Grieksche en Fransche filosoof verschillen.

Hoe is het nu toch mogelijk, dat Descartes onder de hernieuwers van het atomisme gerekend kan worden krachtens zijn corpusculairtheorie? Een nadere uitwerking van deze theorie zal het ons leeren. Wanneer stof en uitgebreidheid identiek zijn, wanneer de geheele ruimte derhalve continu met stof gevuld is, doen zich vragen voor als: waarin onderscheiden zich de verschillende lichamen dan? Hoe zijn zij van elkaar gescheiden? En het is Descartes zelf, die antwoordt:

„Ik versta onder een lichaam of een deel der materie al datgene, wat gelijktijdig beweegt" [1]. Wanneer een hoeveelheid stof dus gelijktijdig beweegt, vormt die hoeveelheid stof een eenheid, een bepaald lichaam, onderscheiden van andere lichamen, welke andere bewegingen uitvoeren.

Aan dit lichaam kunnen dan natuurlijk weer deelen onderscheiden worden, naarmate die deelen elk voor zich een eigen beweging hebben. Daar zij echter alle tezamen ook deel hebben aan de eene beweging van het lichaam, waarvan zij deel uitmaken, behooren zij ook tot dat lichaam. De beweging speelt dus in den gedachtengang van Descartes een zeer groote rol, zij is het eenige, waardoor de verschillende stoffen zich kunnen onderscheiden en met een verbluffende virtuositeit werkt Descartes dit alles tot in de kleinste bijzonderheden, zoowel voor de hemellichamen als voor de elementen op aarde, uit.

Hij had dit op vele wijze kunnen doen, doch juist in zijn tijd vierden in de wijsbegeerte en natuurwetenschap die theorieën hoogtij, welke bij hun verklaring uitgingen van het aannemen van kleine deeltjes in de stoffelijke natuur. Eenerzijds waren daar nog steeds de aanhangers van Aristoteles met hun minimatheorieën, anderzijds doken overal de hernieuwers van het oude atomisme op met alle schakeeringen daartusschen.

De stelsels van de beide Grieksche wijsgeeren, hoezeer ook verschillend, kwamen overeen in het aannemen van kleinste stofdeeltjes.

En nu mocht het Descartes' bedoeling zijn, een nieuw wijsgeerig

---

[1]) Ubi per *unum corpus*, sive *unam partem materiae*, intelligo id omne quod simul transfertur. *Princ.* II, 25. *Oeuvres* VIII, blz. 53.

systeem te grondvesten, hij was verstandig genoeg, datgene wat hem in de oude stelsels juist voorkwam, over te nemen en in zijn eigen systeem in te vlechten. Daartoe heeft hij corpuscula noodig, welke kunnen bewegen in een medium, hetwelk andere eigenschappen heeft dan de corpuscula zelf.

Gaan wij dan zeer in het kort na, hoe Descartes er in slaagt zijn aanvankelijk uniforme materie — alleen onderscheiden door verschil in beweging — op dusdanige wijze te differentieeren als voor een corpusculairtheorie noodig is. Hij wijdt hieraan het derde deel van zijn uit vier deelen bestaande hoofdwerk „*Principia Philosophiae*".

Bij den aanvang der wereld was, aldus Descartes, alle materie in deeltjes van gelijke grootte verdeeld. Deze deeltjes waren in voortdurende beweging en vulden daarbij de ruimte geheel. Dit is alleen mogelijk wanneer de beweging cirkelvormig en de oorspronkelijke vorm van de materiedeeltjes niet bolvormig is, want bolletjes laten uiteraard altijd eenige „leege" tusschenruimte over. Door de oorspronkelijke beweging werden sommige deeltjes op den duur echter toch bolvormig afgeslepen, doch omdat de daardoor ontstane tusschenruimte zich dan tegelijkertijd met het „slijpsel" vulde, vormde dit geen bezwaar.

Descartes heeft nu door deze veronderstelling reeds twee soorten materie, n.l.: de zeer fijne afgeslepen stof, z.g. splinterstof, welke de „fijnste" materie vormt, waaraan, naar hij beweerde, de grootste snelheid toekomt en daarnaast de overblijvende bolvormige deeltjes, minder fijn dan de splinterstof en met iets geringere snelheid. Daarbij komt nog een derde soort van grovere deeltjes, ontstaan uit de niet afgeslepen oorspronkelijke materiedeeltjes, welke zich tot grootere deelen vereenigd hebben [1]).

Deze derde soort materie beweegt zich het langzaamst.

Door dit onderscheid der materiesoorten, zelf overigens van weinig beteekenis voor de ontwikkeling der natuurwetenschap, ziet Descartes echter kans langs een achterdeurtje enkele belangrijke begrippen in te voeren, die voor de natuurwetenschap wel van verstrekkende beteekenis zijn geweest. Een van deze is het massabegrip. Wanneer een stof alleen maar uitgebreidheid is, valt het moeilijk in te zien, hoe dan een begrip „massa" gehanteerd moet worden. Dit zou toch een

---

[1]) *Princ.* III, 48—52. *Oeuvres* VIII, blz. 103—105.

stofqualiteit zijn, welke niet identiek is met uitgebreidheid. Immers twee lichamen van dezelfde uitgebreidheid kunnen zeer verschillende massa vertoonen.

Nu speelde de massa in Descartes' mechanica een groote rol, vandaar, dat er hem veel aan gelegen moest zijn, aannemelijk te maken, hoe het mogelijk was, dat de eene stof een grootere massa kon hebben dan een andere. Daarbij komt hem het boven vermelde onderscheid van de materie in drie soorten op gelukkige wijze te hulp.

Ieder lichaam bevat de drie materiesoorten, waarvan de derde (de minst fijne dus) de massa draagt. De massa van een lichaam hangt derhalve af van dat gedeelte van zijn volume, hetwelk door de materie van de derde soort wordt ingenomen [1]).

De moeilijkheden zijn daarmee natuurlijk nog niet opgelost, de vraag moet n.l. gesteld worden, hoe komt de materie der derde soort aan deze qualiteit van traagheid? Descartes gaat hier wel op in, doch zijn beschouwingen zijn voor ons van geen belang.

Een tweede belangrijk begrip is het vacuumbegrip. Een absoluut vacuum kon Descartes — zooals wij zagen — onmogelijk aanvaarden, hij tracht echter wel een relatief vacuum aannemelijk te maken. De geheele ruimte is continu met materie gevuld, doch de ruimte, welke alleen gevuld is met materie der eerste en tweede soort kan als „leeg" beschouwd worden voor de lichamen, welke mede uit de derde materiesoort bestaan. (En dit zijn alle aardsche stoffen).

Zoo komt Descartes tot een corpusculairtheorie, die voor vele physische eigenschappen een gelukkige verklaring wist te geven.

„Onder warmte en koude is niet anders dan een versnelde, resp. vertraagde beweging der materiedeeltjes te verstaan" [2]) en elders:

„De beweging der deeltjes, wordt dan warmte genoemd, wanneer zij grooter is dan gewoonlijk en op het gevoel werkt. Want het begrip „warmte" is aan de zintuigelijke gewaarwording ontleend" [3]).

---

[1]) *Princ.* III, 121. *Oeuvres* VIII, blz. 170.

[2]) Atque notum est ex dictis, per calorum nihil hic aluid quam accelerationem motus in istis particulis et per frigus ejusdem imminutionem debere intelligi. *Princ.* IV, 46. *Oeuvres* VIII, blz. 231.

[3]) Haec autem particularum terrestrium agitatio, sive orta sit à lumine, sive ab alia quavis causa, calor vocatur; praesertim cum est major solito et movet sensum; caloris enim denominatio ad sensum tactus refertur. *Princ.* IV, 29. *Oeuvres* VIII, blz. 218.

Bij verwarming zetten de lichamen uit, want de daarmee gepaard gaande beweging kan niet plaats vinden in de nauwe ruimte, welke de deeltjes innemen, wanneer zij in rust naast elkaar aansluiten [1]).
„Lichamen, verdeeld in veel kleine deeltjes, welke voortdurend in verschillende richtingen bewegen, zijn vloeibaar; die echter, waarvan alle deeltjes naast elkaar in rust zijn, vast" [2]).
Belangrijker dan deze, in zich zelf overigens vruchtbare opvattingen is, dat Descartes een poging gedaan heeft de wetten, welke de bewegingen en de botsingen der deeltjes beheerschen, ook mathematisch vast te leggen. Zoo voerde hij ook o.a. het begrip hoeveelheid van beweging in. Het gebruik der mathematische methoden is niet toevallig, het vloeit logisch voort uit de opvatting, welke Descartes van de verhouding van mathematica, natuurwetenschap en wijsbegeerte had.
Descartes komt de verdienste toe, dat hij er zulk een bijzonderen nadruk op gelegd heeft, ook in de verklaringen der corpusculairtheorie de mathematica te hulp te roepen, zooals hij dit overigens ook op andere gebieden der natuurwetenschap bepleit heeft. Juist Descartes' principieele instelling is van groote beteekenis geweest, niet zoozeer zijn eigen mathematische uitwerking der beweging en botsing, want deze was minder geslaagd. Zijn inzichten in de mechanica stonden ver bij die van zijn tijdgenoot Galilei ten achter. Whewell drukt de verhouding tusschen beiden heel praegnant aldus uit: „Of the mechanical truths which are easely attainable in the beginning of the seventeenth century, Galileo took hold of as a many and Descartes of as few, as was well possible for a man of genius" [3]).
Galilei zelf heeft echter zijn mechanische inzichten niet toegepast in corpusculairtheoretischen zin [4]). Dit bleef onder den stimuleerenden invloed van Descartes aan het nageslacht voorbehouden.

Verhouding van Descartes tot Democritus en Aristoteles

Hoe verschillend de uitgangspunten van Democritus en Descartes ook mogen zijn, het verwondert ons na het voorafgaande niet meer Des-

---

[1]) *Princ.* IV, 31. *Oeuvres* VIII, blz. 218.
[2]) „Unde licet colligere, corpora divisa in multas exiguas particulas, motibus à se mutuò diversis agitatas, esse fluida; ea verò, quorum omnes particulae juxta se mutuò quiescunt, esse dura. *Princ.* II, 54. *Oeuvres* VIII, blz. 71.
[3]) W. Whewell: *History of the Inductive Sciences* II, blz. 52.
[4]) verg. Lasswitz II, blz. 109.

cartes onder de hernieuwers der atoomtheorie gerangschikt te zien. Democritus' atomisme kon dan pas een werkelijk vruchtbare hypothese voor de natuurwetsenchap worden, wanneer men er in zou slagen, de bewegingen en botsingen der atomen ook mathematisch vast te leggen.

Descartes zelf zag dit zeer goed in, zooals blijkt uit de passage, waarin hij na de uiteenzetting zijner eigen corpusculairtheorie de verhouding van deze tot Democritus' atomisme schetst. Hij bespreekt allereerst de kwestie, waarom dit systeem zooveel weerstand ondervonden heeft. „Nog nooit heeft iemand Democritus' atoomtheorie verworpen, omdat daarin bepaalde zóó kleine deeltjes werden aangenomen, dat zij aan de zintuigelijke waarneming ontsnappen, en evenmin omdat aan deze deeltjes verschillende grootten, figuren en bewegingen werden toegeschreven, want niemand kan aan het bestaan van dergelijke deeltjes twijfelen, zooals zooeven aangetoond is. Maar het atomisme is verworpen, ten eerste omdat het veronderstelde, dat die deeltjes ondeelbaar waren, waarom ook ik het verwerp; vervolgens omdat het een vacuum rondom die deeltjes fingeerde, een vacuum, waarvan ik bewezen heb, dat het nooit kan bestaan; ten derde omdat Democritus zwaarte aan de atomen zelf toeschreef, welke eigenschap, naar mijn meening niet aan een lichaam, op zich zelf beschouwd, mag toegekend worden, doch slechts in zooverre het door plaats of beweging van andere lichamen afhankelijk is; en tenslotte omdat hij niet aangetoond heeft, op welke wijze de afzonderlijke dingen slechts uit de samenwerking der corpuscula voortkomen. En al heeft hij dit van sommige dingen misschien wel gedaan, de door hem opgegeven redenen toonden geen onderling verband, tenminste voor zoover men kan oordeelen uit datgene van zijn leer, wat aan het nageslacht doorgegeven is" [1]).

---

[1]) Verum nemo unquam illam rejecit, propterea quòd in ea considerarentur quaedam corpora tam minuta, ut sensum effugerent, quae varias magnitudines, figuras et motus habere dicerentur; quia nemo potest dubitare, quin multa revera talia sint, ut modo ostensum est. Sed rejecta est, primò quia illa corpuscula indivisibilia supponebat, quo nomine etiam ego illam rejicio: deinde, quia vacuum circa ipsa esse fingebat, quod ego nullum dari posse demonstro: tertiò, quia gravitatem iisdem tribuebat, quam ego nullam in ullo corpore cùm solum spectatur, sed tantùm quatenus ab aliorum corporum situ et motu dependet, atque ad illa refertur, intelligo; ac denique quia non ostendebat, quo pacto res singulae ex solo corpuscolorum concursu orirentur, vel si de aliquibus id ostenderet, non omnes ejus rationes inter se cohaerebunt; saltem quantum judicare licet ex iis, qua de ipsius opinionibus memoriae prodita sunt. *Princ.* IV, 202. *Oeuvres* VIII, blz. 325.

Dit citaat is belangrijk. Het bewijst, dat Descartes wijsgeerig allerminst tot de atomisten gerekend mag worden en tevens dat hij bij dezen een nadere physische uitwerking, toegepast op de concrete dingen miste. Tot slot van onze bespreking van Descartes, rest ons nog de vraag, welke zijn verhouding was tot de minima-naturalialeer. Ook daarmee moet Descartes' corpusculairtheorie een belangrijk onderscheid vertoonen als consequentie van de vereenzelviging van stof en uitgebreidheid. Deze is van zeer groote beteekenis. Descartes kon daardoor nooit tot *minima naturalia* komen. Onder *minima naturalia* worden immers die soort kleine deeltjes verstaan, welke specifiek zijn voor iedere stof. Nu kenmerkten Descartes' corpuscula zich alleen door verschil in grootte en snelheid en met deze opvatting van den opbouw der materie moest hij in zijn praktische uitwerking wel zeer dicht bij Democritus komen te staan.

Descartes wordt een der groote promotors van het strenge mechanicisme, niet het minst vanwege de kentheoretische gronden, welke hij voor de juistheid der mechanistische beschouwingswijze aanvoerde. Immers zijn stelling „niets als waar aan te nemen, tenzij wat klaar en helder doorschouwd kan worden" had tot de consequentie geleid, dat door Descartes als eenige realiteit in de physische wereld werd erkend: de uitgebreidheid en wat uit deze volgt: deeling, beweging en figuur.

Nu is het waar, dat Descartes in de uitwerking van zijn systeem nooit tot deeltjes van preciese constante gelijkheid kon komen; noch van minima naturalia, noch van atomen in eigenlijken zin kon er sprake zijn, de aanhangers der corpusculairtheorie na Descartes zullen dan ook — hoezeer zij zijn kentheoretischen grondslag voor het mechanicisme ook waardeerden — hem niet volgen in zijn corpusculairtheorie. Daarin werden al onmiddellijk na Descartes de gegevens van de minima-naturalialeer en/of van het atomisme weer ingesmokkeld. Doch dit neemt niet weg, dat de kentheorie van Descartes mede een der voornaamste redenen werd, waarom men in de 17e eeuw tot het wijsgeerig atomisme terugkeerde, zoo werd Descartes niet alleen een promotor van het mechanicisme, doch zijns ondanks ook van het atomisme.

HOOFDSTUK V

VERSMELTING VAN DE VERSCHILLENDE WIJSGEERIGE THEORIEËN OVER KLEINSTE STOFDEELTJES

1 - CONFRONTATIE

Om een goed beeld te krijgen van — en een juiste waardeering voor — wat er nu precies gebeurd is in de 17e eeuw — de eeuw, waarvan men gemeenlijk pleegt te zeggen, dat eerst toen eigenlijk de natuurwetenschap een aanvang nam — is het nuttig de historie een oogenblik te laten rusten, teneinde de tegen het midden der 17e eeuw bestaande wijsgeerige theorieën over de kleinste deeltjes der stof met elkaar te vergelijken en tevens een onderzoek in te stellen naar de mérites van elk dezer theorieën voor de latere natuurwetenschap.

De minima-naturalialeer

De theorie, welke het meeste verband hield met de voorafgaande eeuwen, was de Aristotelische minima-naturalialeer. In kiem reeds voorhanden bij Aristoteles zelf, had deze leer bij de Grieksche commentatoren van den Stagiriet in de Hellenistische periode iets meer relief gekregen; onder den invloed der Arabieren — met name van Averroës — had zij een belangrijke uitbreiding ondergaan; door de peripatetici-van-het-Westen overgenomen, werd zij door Scaliger aan Sennert doorgegeven, welke laatste de minima-naturalialeer in een vorm goot, die voor haar verdere ontwikkeling van de grootste beteekenis zou worden.

Kort de wezenlijke trekken van de minima-naturalialeer samenvattend, kunnen wij zeggen:

Van iedere stof, hetzij element of verbinding bestaat een natuurlijk minimum, d.w.z. een kleinste deeltje van denzelfden specifieken aard

als de stof zelf, waarvan dit het kleinste deeltje is. Van één stof zijn deze minima onderling gelijk, terwijl zij een discontinu verschil vertoonen met de minima van andere stoffen.
De minima-naturalia zijn geen absolute minima, wat dus met zich meebrengt, dat deze minima wel verder kunnen verdeeld worden, doch niet zonder daarbij van aard te veranderen.
Van wezenlijk belang is ook, dat minima naturalia van verschillende stoffen, b.v. van elementen, zich kunnen vereenigen tot een nieuw geheel, met een eigen specifieken zijnsvorm.
Het totaal der eigenschappen van het nieuw ontstane geheel is niet zonder meer de som der eigenschappen der samenstellende deelen, daar deze deelen door hun éénwording een innerlijke verandering ondergaan, gelijk wij aan de hand van Aristoteles uiteengezet hebben.
Deze mogelijkheid van *innerlijke verandering* der kleinste deeltjes, vormt wel het hoofdmoment der minima-naturalialeer, welke daarmee haar Aristotelische afkomst duidelijk manifesteert, het is tevens het meest kenmerkende verschil met het

Wijsgeerig atomisme

De atomen immers zijn daarin principieel *onveranderlijk*, zij kunnen zich dus nooit samenvoegen tot een werkelijke nieuwe eenheid.
Verder kende het atomisme geen specifieke atomen, welke onderling gelijk zijn, het stelde integendeel als fundamenteele eisch, dat alle grootten en figuren met onderlingen continuen overgang bij de atomen moeten voorkomen.
Alle verandering komt neer op een variatie in de onderlinge verhouding der atomen. De eenige werkelijke verandering is dus de plaatselijke verschuiving en beweging der atomen, alle qualitatieve verschillen moeten derhalve herleid kunnen worden tot quantitatieve betrekkingen: beweging, uitwendige figuur en configuratie der atomen.
De onveranderlijkheid der atomen was — zooals wij op blz. 25 zagen — het wijsgeerig *uitgangspunt* van het atomisme, de beweging der atomen daarentegen slechts een *postulaat*, noodig om de waargenomen veranderingen te kunnen verklaren.
Het laatste zal echter historisch het belangrijkste worden en daardoor kon ook Descartes' corpusculairtheorie niettegenstaande een zoo verschillend wijsgeerig uitgangspunt van nu af aan hand in hand gaan

met het wijsgeerig atomisme; beide theorieën zijn streng mechanistisch, zij trachten alles met plaatselijke bewegingen en ruimtelijke verhoudingen te verklaren. Deze trek van het mechanicisme eischt de veronderstelde plaatselijke bewegingen en ruimtelijke verhoudingen ook mathematisch te beschrijven, daarin ligt de kracht van het mechanicisme.

Juist in het feit, dat de mathematische beschrijving van bewegingen voor de hand lag en ook betrekkelijk gemakkelijk door te voeren was, vond het mechanicisme een groote stimulans voor de mathematisch-quantitatieve behandeling van haar problemen, een stimulans, welke uitermate vruchtbaar voor de latere natuurwetenschap zou worden, nadat eenmaal de mathematische moeilijkheden overwonnen waren.

Van den anderen kant bood echter ook de minima-naturalialeer met haar voor één stof onderling gelijke en van die van andere stoffen discontinu verschillende minima mogelijkheden op quantitatief gebied, zooals de ontwikkeling der latere atoomtheorie bewijst.

Beide theorieën zullen ieder haar eigen verdiensten blijken te hebben voor een beschouwingswijze, welke quantitatieve verhoudingen verbindt met qualitatieve verschijnselen, de eerste stap tot de moderne „exacte" wetenschappen.

Het wezenlijke onderscheid

Wanneer het er nu echter om gaat het wezenlijke onderscheid tusschen het wijsgeerig atomisme en Descartes' corpusculairtheorie eenerzijds en de minima-naturalialeer anderzijds aan te geven, dan ligt dit in het al of niet accepteeren der innerlijke verandering.

Het streven naar quantitatieve betrekkingen moge bij de minima-naturalialeer aanvankelijk minder op den voorgrond treden dan bij de beide anders systemen: *een kenmerkend onderscheid vormt het niet.*

Historische misvatting

In verband met het voorafgaande moeten wij nog een opmerking maken, die voor de lezers van dit werk wel volslagen overbodig moet lijken. Voor de natuurwetenschap is de groote beteekenis van de herleving van het wijsgeerig atomisme niet gelegen in het poneeren van kleinste stofdeeltjes en de daaruit volgende physische verklaringsmogelijkheden.

Deze historische misvatting — men treft ze bij vrijwel alle historieschrijvers der 19e eeuw aan — vindt haar verklaring in het vrijwel volkomen onbekend zijn met het bestaan der minima-naturalialeer. Misschien is dit niet geheel juist uitgedrukt, volkomen onbekend was de historicus er niet mee, want er waren teveel schrijvers, waarbij ze aangetroffen werd, maar men wist er geen raad mee en beschouwde dientengevolge de minima-naturalialeer maar als een soort infiltratie van atomistische gedachten in het Aristotelische systeem.

Kenmerkend is in dit opzicht, wat een historicus van formaat als K. Lasswitz, de grootste autoriteit op het gebied van de geschiedenis der atoomtheorie, schrijft naar aanleiding van Sennert.

„Die Zusammenordnung des aristotelischen Begriffs von Materie und Form mit der endlichen Teilbarkeit der Materie charakterisiert die Theorie Sennerts als ein lediglich praktischen Zwecken dienende, rein physikalische Atomistik" [1]).

Aan dit citaat ligt kennelijk de overtuiging ten grondslag, dat „der aristotelische Begriff von Materie und Form" zich niet rijmen laat met „der endlichen Teilbarkeit der Materie", terwijl uit de *verbinding* van deze beiden juist de minima-naturalialeer te voorschijn is gekomen èn bij Aristoteles èn bij vrijwel *al* zijn navolgers in later eeuwen.

Een ander specimen van deze onbekendheid geeft Jaeger, overigens een uitstekend historicus, in zijn *Historische Studiën*.

Deze schrijft naar aanleiding van het feit, dat hij bij den Aristoteliker Anselmus de Boodt (1550—1632), Vlaamsch medicus en beoefenaar der natuurwetenschappen, *minima* vermeld vindt:

„Maar van wien heeft de Boodt in het jaar 1609 deze veronderstellingen, welke de allergrootste analogie met die van zijn landsman David van Goorle vertoonen?

„Zooals in het artikel over van Goorle aangetoond is, heeft David van Goorle zijn *Exercitationes philosophicae* in 1611 geschreven, het is dus wel zeer onwaarschijnlijk, dat de Boodt in 1609 — en eigenlijk reeds in 1604, in welk jaar hij de *Historia* al onder handen had — met van Goorle's denkbeelden is bekend geweest, te meer daar deze, zooals wij zagen, geheel geïsoleerd op een Friesch dorpje verblijf

---

[1]) Lasswitz I, blz. 448.

hield. Veeleer moeten wij de onderstelling maken, dat de corpusculaire denkbeelden, die in den aanvang der 17e eeuw als het ware in de lucht zaten (E. Lubin, 1596; J. Baudin, 1605), aan de Boodt bekend zijn geworden uit de werken van Giordano Bruno (1548—1600); juist de door de Boodt gebezigde uitdrukking, „minima" voor atomen, kan als een steun voor deze onderstelling gelden, aangezien deze uitdrukking bij Bruno doorloopend voorkomt. Zulk een invloed van de geschriften van den Italiaanschen martelaar, wiens hoofdwerkzaamheid in Italië juist viel in den tijd, dat de Boodt in Padua en Venetië studeerde, zou inderdaad geheel in overeenstemming zijn met zijn uitgesproken neiging tot de Italiaansche wetenschappelijke litteratuur" [1]).

Commentaar is eigenlijk overbodig. Het is vanzelfsprekend, dat wij bij een Aristoteliker, of deze nu in het begin der 17e eeuw of in de eerste eeuwen na Chr. leefde, *minima* vermeld vinden, integendeel wij zouden verbaasd zijn, wanneer wij ze niet tegenkwamen. En juist in het Italië der 16e eeuw bloeide de minima-naturalialeer. (Latijnsche Averroisten, Scaliger).

Hoe het verwaarloozen der minima-naturalialeer tot onjuiste gevolgtrekkingen voert, moge nog uit de volgende voorbeelden blijken.

Lasswitz meent als de bijzondere verdienste van Giordano Bruno te moeten vermelden: „den Atombegriff klar und widerspruchslos festgestellt zu haben. So lange das Atom nur als letztes der Teilung gilt, bleibt es immer fraglich, ob man auf ein solches kommen müsse; erst die Einsicht, dasz es ein Erfordernis der Erkenntnis ist, ein *Erstes der Zusammensetzung* zu haben, macht den Atombegriff zu einem notwendigen. Und dies lehrt Bruno; es muss ein ursprüngliches Ganzes geben, mit welchem die Betrachtung anfängt; dies ist das Atom.

Er erkennt weiter die *Relativität* des Atombegriffs.

Die Grösze der ursprünglichen Ganzen als Elemente der Zusammensetzung ist willkürlich und richtet sich nach den Umständen. Nur soweit braucht die Teilung fortgesetzt zu werden, bis die Elemente für den erforderlichen Aufbau gewonnen sind.

In der Astronomie können die Himmelskörper als Atome gelten. Es kommt überall auf die Ordnung der Gröszen an, mit denen man es

---

[1]) F. M. Jaeger: *Historische Studiën*, blz. 118.

zu thun hat, und die Entscheidung über die Grenzen des Minimums liegt im Gegenstand der Untersuchung" [1]).

Inderdaad de stap van laatste element der deeling tot eerste bouwsteen is voor de natuurwetenschap van de allergrootste beteekenis, doch deze stap is reeds door Averroës gezet [2]), terwijl er kort voor het optreden van Giordano Bruno door Scaliger nog eens bijzonderen nadruk op gelegd werd [3]). Ook de relatieve wijze, waarop Bruno het minimum ziet, was in de kringen der minima-naturalia-aanhangers een zeer gewone, evenmin als bij het voorgaande kunnen wij ook op dit punt van iets nieuws spreken, door Bruno in discussie gebracht.

Een ander, even leerrijk voorbeeld van fundamenteele historische misvattingen bieden de beschouwingen over van Goorle.

Deze schreef in zijn *Exercitationes* 13:

„In de atomen is ook de reden van het verdampen en condenseeren gegeven". „Want de stoffen verdampen, wanneer de atomen zich van elkaar losmaken en de lucht er tusschen dringt. Zoo zijn in waterdamp de kleinste waterdeeltjes uit elkaar gegaan, terwijl de tusschenruimte door lucht is opgevuld. Bij condensatie wordt de lucht uitgedreven en komen de deeltjes weer dichter bij elkaar. Derhalve dwalen zij, die meenen, dat ook de lucht verdund kan worden. Alleen van aarde en water, en de daaruit gevormde stoffen mag men zeggen, dat zij ijl of minder ijl kunnen zijn, zooals boven blijkt" [4]).

Nu mag men van Goorle terecht als de eerste vertegenwoordiger van het herleefde atomisme beschouwen, doch daarom zijn uitspraken als boven nog geen nieuw geluid, vrijwel hetzelfde vinden wij immers

---

[1]) Lasswitz I, blz. 382.

[2]) verg. blz. 92.

[3]) verg. blz. 95.

[4]) „Ex his atomis ratio quoque danda est rarefactionis et condensationis. Hae enim quomodo fierent, nondum vidi explicationem. Sane corpus non potest extendi, non potest quoque contrahi, nisi corporum penetratio quoque admittatur. Nam quum atomi sunt minima corpora quae propter indivisibilitatem minora fieri nequeunt, necesse est, ut, si totum corpus contrahatur, multae atomi se invicem penetrent. At nos multo manifestiores caussas damus rarefactionis et condensationis. Nempe corpora rarefiunt, quando hae atomi a se invicem segregantur et intermedius intercedit aër. Ita in fumo, sunt minimae partes aquae a se invicem separatae, interjecto inter illas aëre. Quando vero condensantur, aër hic expellitur et partes fiunt propiores. Ut ita errent, qui aëra rarum dicant. Sola terra et aqua, et corpora ex iis mixta, rara aut densa dici possunt, sicut in superioribus est disputatum. *Exerc.* 13, blz. 248, 249.

ruim vijftig jaar tevoren reeds bij Scaliger[1]), met wiens gedachten van Goorle bekend is geweest[2]).
Dit wordt b.v. door Jaeger over het hoofd gezien bij zijn poging de juiste plaats in de historie van David van Goorle vast te stellen[3]).
Het is vanzelfsprekend, dat het niet bekend zijn met het bestaan — of het veronachtzamen — der minima-naturalialeer tot scheeve historische voorstellingen leidt. Het lijkt dan, of aan de vertegenwoordigers van het herleefde atomisme alle eer toekomt voor een bepaalde opvatting, welke echter reeds lang in den kring der minima-naturalia-aanhangers leefde. Om bij van Goorle te blijven, deze is behalve als hernieuwer van het wijsgeerig atomisme in de historie der natuurwetenschappen vooral bekend, omdat hij als een der eersten duidelijk gezegd heeft, dat lucht en waterdamp twee geheel verschillende zaken zijn.
„Het is geen lucht, welke wij uit het water zien opstijgen en tegen den glaswand als druppels condenseeren, doch damp. Deze bestaat uit de allerkleinste waterdeeltjes, welke door de kracht der warmte uit elkaar gebracht zijn en door de kracht van de koude weer kunnen condenseeren" [4]).
Het is waarschijnlijk, dat van Goorle ook hierin van Scaliger afhankelijk is, in ieder geval zijn er bij Scaliger passages aan te wijzen, waarin het onderscheid tusschen „waterdamp" (fumus) en „lucht" (aer) gesuggereerd wordt.
Zoo sluit Basso in zijn beschouwing, waarin ook hij, onafhankelijk van van Goorle, den nadruk legt op dit onderscheid[5]), uitdrukkelijk aan bij Scaliger. Dit is temeer opmerkenswaard, omdat Basso vrijwel altijd Scaliger, dien hij zeer vaak citeert, bestrijdt.
Wij willen geenszins van Goorle de verdienste ontzeggen, dat hij als eerste het onderscheid tusschen „waterdamp" en „lucht" klaar geformuleerd heeft, onze bedoeling was slechts er den nadruk op te leggen, dat er in het verleden de noodige aanknoopingspunten te vinden waren,

---

[1]) verg. blz. 103. Merkwaardig is alleen, dat van Goorle zelf van meening is iets nieuws te verkondigen.
„Hae enim quomodo fierent, nondum vidi explicationem". *Exerc.* 13, blz. 248.
[2]) In tegenstelling met zijn gewoonte niemand aan te halen, noemt van Goorle, Scaliger in zijn *Exercitationes* éénmaal (blz. 323).
[3]) *Historische studiën*, blz. 54, 55.
[4]) *Exerc.* 16, blz. 156.
[5]) *Philosophia naturalis*, Art. 10, blz. 65 en Art. 9, blz. 63.

iets wat de historieschrijvers niet vermelden.
Van Goorle's opvatting, dat de damp van water bestond uit van elkaar gegane waterdeeltjes biedt ons de gelegenheid in te gaan op een kwestie, die van groot belang is voor een goed inzicht in Boyle's corpusculairtheorie, welke ons spoedig gaat bezighouden. Deze kwestie is n.l.: hoe moeten wij die kleinste waterdeeltjes opvatten?
Bij Scaliger of Sennert is dat zonder meer duidelijk, „de kleinste waterdeeltjes" zijn minima naturalia van denzelfden aard als het water zelf, waterdamp is dus „ijl water". Iedere stof heeft zijn specifieke minima naturalia, en derhalve ook zijn specifieken damp.
Het strenge atomisme echter kent geen specifieke „kleinste deeltjes", de atomen zijn qualiteitsloos. De „kleinste waterdeeltjes" kunnen derhalve geen atomen zijn, want dan zou waterdamp gelijk zijn aan iederen anderen damp, daar de specifieke eigenschappen van het water en van iedere stof berusten op het „samenspel" der atomen en niet op den eigen aard van de atomen zelf.
Bij van Goorle komt deze moeilijkheid niet volledig tot uiting. Volgens hem kan weliswaar „niemand er aan twijfelen dat de kleinste deeltjes van een damp ondeelbare atomen zijn" [1]), doch als van Goorle ons nader inlicht over de natuur van zijn atomen, dan blijken zij eenigszins minima-karakter te hebben, zij zijn soortelijk onderscheiden [2]). Ook dit vormt een aanwijzing voor zijn afhankelijkheid van Scaliger. Toch is van Goorle geen aanhanger van de minima-naturalialeer zooals Sennert; de Nederlander verwerpt uitdrukkelijk de forma van een verbinding, wat Sennert juist niet deed.
Bij een orthodox atomist als Gassendi zijn de atomen niet specifiek verschillend en daar hebben wij de bovenvermelde moeilijkheid dan ook in vollen omvang. Dat werd reeds in de dagen van Gassendi zelf ingezien, want vlak na het verschijnen van diens *Animadversiones* schreef de Aristoteliker Morinus een kleine verhandeling, waarin hij, volgens de aankondiging in het voorwoord, heel het trotsche gebouw

---

[1]) Quis enim non putaret tenissimas illas vaporis partes esse indivisibiles? *Exerc.* 13, blz. 236.

[2]) Quod autem indivisibiles partes sint re verâ entia, evidenter ex eo constare potest, quod genus et species de iis possint praedicari. Ita enim minima guttula aquae dicitur aqua, et minima particula arenae dicitur arena. At de quo genus et species verè praedicantur, ei quoque necesse est essentiam generis et speciei integram in se habere. *Exerc.*, blz. 237.

der filosofie van Epicurus zal doen wankelen door aan te toonen, dat de beide grondpijlers: atomen en leege ruimte, voos zijn.

Het werkje van Morinus heeft niet zooveel om het lijf, doch het is interessant te vernemen, op welke wijze Morinus de atoomleer bestrijdt: „Indien men veronderstelt (zooals Gassendus deed), dat de natuur een verbinding in zijn kleinste deeltjes oplost, dan zullen dit zonder twijfel de kleinste deeltjes van de elementen zijn, waarom is het nu noodig buiten deze minima nog de atomen van Epicurus aan te nemen"? [1]).

Het springende punt in de discussie is dus juist de bovenvermelde moeilijkheid. Morinus is van meening, dat de natuur niet verder splitst dan in minima naturalia, nu zijn ofwel Gassendi's atomen identiek met deze minima naturalia ofwel zij zijn louter verzinsel. Het eerste kan niet, want de minima der verschillende stoffen zijn specifiek verschillend [2]).

Een leerling van Gassendi, Bernerius heeft diens leer tegen Morinus' aanval verdedigd en hij wijst daarbij op een tekst van Gassendi [3]), waarin deze zegt, dat in den damp van water geen echte atomen voorkomen, doch „zaden", welke, ofschoon onzichtbaar, toch water zijn, zoodat slechts het samengaan van meerdere zaden noodig is om heele kleine druppels te vormen.

Onwillekeurig heeft Morinus hier de zwakke zijde van de leer van het wijsgeerig atomisme bloot gelegd. De aanhangers beriepen zich zoo graag op de ervaring, als een betere leermeester dan Aristoteles, en nu was het juist de ervaring, welke voor minima naturalia pleitte en niet voor atomen. De atomisten waren zoodoende genoodzaakt behalve de *atomen* ook *atoomcomplexen* aan te nemen en aan deze laatsten specifieke eigenschappen toe te kennen.

---

[1]) Si supponatur Naturam resolvere mixtum vel concretum aliquod in particulas quantùm potest minimas, hae procul dubio erunt minimae elementorum particulae ab ipsa Natura exsolubiles: alioquin negandum erit Naturam posse resolvere elementa in minimas particulas elementares, cùm tamen vapor nihil aliud sit quàm Aqua in partes minimas resoluta. Quid ergo Epicuri atomis hîc opus est?
Dissertatio Jo. Bapt. Morini, blz. 9.

[2]) *Dissertatio*, blz. 9, 10.

[3]) Hoc profecto modo semina vaporis, tametsi seorsum insensilia sint, aqua tamen sunt, quatenus sola plurium coalitione indigent ut ex ipsis primum minutissimae guttulae formentur; ac deinde ex minutulis majusculae, ex majusculis pluviae, ex pluviis torrentes. An. I, blz. 212 col. a.

Het merkwaardige feit deed zich nu voor, dat, terwijl in de theoretische beschouwingswijze der atomisten de *atomen* hoofdzaak en de *atoomcomplexen* slechts loutere toevalligheden waren, deze laatsten voor de practijk hoofdzaak werden.
De atoomcomplexen toch bleken de bouwsteenen der natuur te zijn, daar zat iets gedwongens in, want waaraan ontleenden de atoomcomplexen de groote stabiliteit, waardoor alleen zij en niet de atomen bij de physische en chemische processen van belang waren? Geleidelijk aan zullen in de corpusculairtheorieën der volgende eeuwen de atomen zelf tegenover de atoomcomplexen in belangrijkheid achteruit gesteld worden, om tenslotte geheel te verdwijnen. Den eersten stap in deze richting deed Boyle, den laatsten Dalton, zooals de volgende hoofdstukken zullen leeren.

2 - BOYLE

Inleiding

Een zeer bijzondere plaats neemt de Engelsche natuuronderzoeker Boyle in de geschiedenis der natuurwetenschap in.
Natuuronderzoeker, dat is de qualificatie, welke Boyle het beste kenmerkt en welke hem onderscheidt van alle tot nu toe besproken figuren. Deze immers waren in de eerste plaats wijsgeeren, theologen, medici, litteratoren en wat al meer, terwijl Boyle vóór alles natuuronderzoeker was. Dit wil niet zeggen — en dit is de groote fout van vele historici zoo b.v. Kopp [1]) — dat er vóór Boyle geen eerlijke zoekers naar de kennis der natuur waren, doch bij hen ontbrak nog het methodisch streven naar een onafhankelijke natuurwetenschap.
Een verwijt kan men hen daarvan allerminst maken. Op zich zelf beschouwd mag het streven van den mensch naar kennis zeker niet beperkt blijven tot wat wij dan tegenwoordig natuurwetenschap noemen; het werd echter op een bepaald historisch moment onmogelijk voor één mensch de geheele wetenschap te overzien, laat staan actief te beoefenen en vooruit te brengen.
Dit historisch moment was ten tijde van Boyle aangebroken. De natuurwetenschap was sterk vooruitgegaan, nieuwe ontdekkingen en experimenten waren bekend geworden, en dit alles vroeg om een zelf-

---

[1]) *Geschichte der Chemie* I, blz. 683. „In Boyle sehen wir den ersten Chemiker, dessen Bemühungen in der Chemie zunächst nur in dem edlen Triebe, die Natur zu erforschen, angestellt sind."

standige natuurwetenschap met eigen leerstellingen en hypothesen om het nieuwe materiaal te kunnen verwerken. Daaraan heeft Boyle al zijn energie besteed. Hij heeft de natuurwetenschappelijke studie losgemaakt van de verschillende wijsgeerige systemen van zijn tijd en dat waren er vele. Deze bestreden elkaar onophoudelijk, experimenten werden uitgedacht niet zoozeer om daardoor het natuurwetenschappelijk inzicht vooruit te brengen, doch veeleer om een ander wijsgeerig systeem te ondermijnen.

Dat Boyle *geheel* aan deze tendens ontkomen is, zouden wij niet graag willen beweren, doch wel, dat hij er eerlijk naar gestreefd heeft de natuurwetenschap om haar zelfswil te beoefenen en wanneer hij dan toch tegen de diverse systemen en met name tegen Aristoteles' leer der zijnsvormen scherp stelling neemt, dan bemerkt de onbevooroordeelde lezer duidelijk, dat het er Boyle slechts om te doen is, de natuurwetenschap los te maken van de verschillende wijsgeerige stelsels. Daarin ligt Boyle's bijzondere verdienste.

Om zeer begrijpelijke redenen, waarop wij elders nader ingaan is Boyle's eigen natuurwetenschappelijk inzicht het meest verwant met het wijsgeerig atomisme, waarbij hij echter voor geen der beide hoofdrichtingen (Descartes of Gassendi) partij kiest [1]).

Hij wil in het algemeen wel voor een aanhanger der corpusculairtheorie doorgaan [1]), doch hij heeft er bezwaar tegen zonder meer atomist genoemd te worden [2]).

Tegen de verdenking, dat hij een bewonderaar van de alchemie of een Aristoteliker zou zijn, vindt Boyle elke waarschuwing overbodig.

Vooral tegen de aanhangers van Aristoteles immers keert hij zich bijzonder fel, Boyle waarschuwt den lezer daarbij echter, dat hij het niet zoozeer tegen Aristoteles zelf heeft. Na een tirade tegen de Aristotelische filosofie in het voorwoord van zijn werk over het *Ontstaan der formae en qualiteiten* volgt: „ofschoon ik desniettemin niet zoo begrepen wil worden, dat ik de geheele Peripathetische filosofie in discrediet zou willen brengen, laat staan dat ik Aristoteles zelf zou verachten, wiens geschriften ik niet kan doorvorschen zonder zijn Inter-

---

[1]) *Origo Formarum et Qualitatum*, Genevae 1688.
Authoris discursus prooemialis ad lectorem, blz. 8.

[2]) *Chemista Scepticus*, Genevae 1680, blz. 127; *Works* I, blz. 360. Voor wijze van citeeren vergelijk blz. 151.

pretatoren te wantrouwen, die mij onder zijn naam zooveel onzin voorzetten.

Want Aristoteles beschouw ik als een van die oude wijsgeeren, waardoor het Griekenland ten tijde van Alexander beroemd gebleven is, al zou ik graag een meer subtiel oordeel over physische aangelegenheden bij hem gezien hebben. Daarom wil ik hier eens en voor altijd er voor waarschuwen, dat elken keer als ik in dit tractaat of in een ander, mijn afschuw voor Aristoteles heel in het algemeen te kennen geef, dit zoo moet verstaan worden, dat ik daarbij doel op zijn physica (het speculatieve deel hiervan inbegrepen) al kan zelfs dit werk van Aristoteles zijn nut hebben voor geleerden en voor de studie aan de universiteiten, mits het met de noodige voorzichtigheid en beperking bestudeerd worde" [1]).

Boyle bindt zich aan geen systeem, wijst ook geen enkel geheel af, doch speurt in elk stelsel naar waardevolle elementen.

In een tijd, dat de minima-naturalialeer haar hoogtepunt bereikt had, dat het hernieuwde atomisme aanspoorde tot mathematische uitwerking der problemen, terwijl bovenal door het werk van Descartes en Galilei de mathematica rijp was voor deze taak, en tegelijk nieuwe experimenteele methoden zich ontwikkelden, in zoo'n tijd is een figuur als Boyle uitermate belangrijk.

Wij zullen diens eigen systeem niet uitvoerig bespreken, en zeker niet de tallooze toepassingen en verklaringen op physisch en chemisch gebied vermelden. De geïnteresseerde lezer vindt een goed overzicht daarvan in het hoofdstuk door Lasswitz aan Boyle gewijd [2]).

Wij beperken ons tot een betrekkelijk korte samenvatting van Boyle's corpusculairtheorie en hopen aan de hand daarvan duidelijk te kunnen maken, dat Boyle de groote verdienste toekomt de meest waardevolle elementen van Sennert's minima-naturalialeer te hebben verbonden met de stoutmoedige concepties der atomisten en enkele anderen.

Met name noemt hij Lucretius, Verulam, Basso, Descartes, en diens leerlingen, verder Gassendi, de beide de Boodt's, Magnenus, Pembelius, van Helmont, wier gedachten en argumenten hij, volgens zijn zeggen, niet gaarne zou gemist hebben, en in dit verband krijgt Gassendi nog eens een aparte vermelding [3]).

---

[1]) *Origo, discursus*, blz. 11; *Works* II, blz. 456.

[2]) Lasswitz II, blz. 261—293.

[3]) *Origo, discursus*, blz. 11; *Works* II, blz. 456.

Na deze opsomming moge de bewering vreemd lijken, dat Boyle ook iets van Aristoteles overgenomen zou hebben, temeer daar Boyle als de speciale verdienste der bovengenoemde auteurs meent te moeten aangeven, dat zij alle Aristoteles ex professo bestreden hebben (en ook om deze reden door hem tezamen genoemd worden), doch onze bevreemding zal verdwijnen, wanneer wij ons rekenschap geven van Boyle's afhankelijkheid van Sennert, welke bij een vergelijking van beider corpusculairtheorie helder aan den dag treedt.
Vooraf geven wij echter nog eenige notities omtrent de persoon van den Engelschen geleerde [1].
Boyle werd geboren te Lismore in Ierland als zoon van den Earl van Cork. Zijn opvoeding kreeg hij in Eton en Genève. Na reeds vrij jong verschillende reizen naar Italië en Frankrijk gemaakt te hebben, vestigde hij zich in Oxford, later in Londen, waar hij een der oprichters van de *Royal Society* werd. Zijn financieele onafhankelijkheid stelde hem in staat zich geheel aan wetenschappelijk werk te wijden.

Boyle's corpusculairtheorie

Deze vindt men verspreid in het geheele oeuvre van den Engelschen geleerde, in het bijzonder echter in zijn beide hoofdwerken: *The Sceptical Chemist*, 1861, en: *Origin of Forms and Qualities*, 1666.
Beiden zijn ook in het Latijn uitgegeven, onder de titels: *Chemista Scepticus vel Dubia et Paradoxa Chymico-Physica* en *Origo Formarum et Qualitatum iuxta philosophiam corpuscularem* [2].
Onder stof of *materie* verstaat Boyle „substantiam extensam, divisibilem et impenetrabilem", een zelfstandigheid met uitgebreidheid, welke deelbaar en ondoordringbaar is. Hij meent het daarin met de meeste filosofen eens te zijn, doch schijnt zich intusschen niet bewust, dat zijn materiebegrip zich niet volledig dekt met dat van Aristoteles.
„Daar de materie uit zich zelve slechts één is, moet de variëteit, welke

---

[1]) Ontleend aan: *The life of the honourable Robert Boyle*, Works V, blz. 69.
[2]) Wij hadden de beschikking over de Latijnsche editie: *Opera Varia*, Genevae (1680—1688), waarin de voornaamste werken van Boyle zijn opgenomen. (De Latijnsche eiditie wordt verderop geciteerd onder de titel van het betreffende werk, afgekort als *Or.* en *Chem. Scept.*).
Voor den oorspronkelijken Engelschen tekst stond ons de editie van 1744 ten dienste, welke verzorgd is door Thomas Birch onder de titel: *The Works of the honourable Robert Boyle*, 5 vol. (verderop geciteerd als: „*Works*").

zich bij de verschillende lichamen openbaart, van iets anders dan van de materie stammen en dit andere is de beweging (motus)."

Boyle is het echter niet eens met de oude atomisten, die van meening waren, dat de beweging met de materie samen ontstaan en derhalve even eeuwig als deze was, en wel omdat de beweging niet behoort tot de essentie der materie, die evengoed materie is, wanneer zij in rust als wanneer zij in beweging is [1]).

De beweging is echter het „agens primarium".

Eerst door beweging, welke de deeling der algemeene materie bewerkstelligt, krijgen de *grootte* en de *figuur* hun beteekenis.

Boyle formuleert dit aldus: „Uit de veronderstelling, (welke overigens evident is) dat de *locale beweging* bij haar aangrijpen van de verschillende deelen der algemeene materie, niet overal in dezelfde richting zal werken, volgt dat door de locale beweging de algemeene materie in die verschillende deelen verdeeld moet worden en elk dezer deelen zal dan, omdat het een afzonderlijk bestaan krijgt, noodzakelijkerwijs een bepaalde *figuur* en *grootte* moeten bezitten [2]).

Ofschoon de grootte en de figuur derhalve als eigenschappen in beteekenis achterstaan bij de beweging, kunnen deze drie toch wel tezamen als de meest essentieele eigenschappen der gedeelde materie, d.w.z. van de kleinste partikeltjes der algemeene materie, beschouwd worden, met dien verstande, dat in plaats van de beweging evengoed de rust genomen kan worden [3]).

Wij bespeuren in de wijze, waarop Boyle de beweging als eigenschap der materie waardeert, duidelijk den invloed van Descartes, hij staat dezen hierin nader dan Gassendi en Epicurus, zelf merkt hij dienaangaande op, dat Epicurus drie essentieele eigenschappen aan zijn deeltjes toekende en wel de grootte, figuur en het gewicht, doch — zoo zegt Boyle — de eerste twee zijn van de derde afhankelijk, omdat het gewicht een bewegingsprinciep is [4]).

Na de beweging, de grootte en de figuur zijn verder als belangrijke eigenschappen der materie de *ordo* en de *situs* te beschouwen.

Deze eigenschappen spelen echter eerst een rol, wanneer er van meer

---

[1]) *Or.*, blz. 2; *Works* II, blz. 461.

[2]) *Introductio ad Historiam Qualitatum Particularium*. Genevae 1680, blz. 8.

[3]) *Or.*, blz. 3; *Works* II, blz. 461.

[4]) *Chym. Scept.*, blz. 127; *Works* I, blz. 361.

dan een partikeltje sprake is, want in dat geval heeft elk partikeltje een bepaalde *ligging* (situs) ten opzichte van de andere (recht, scheef of horizontaal), terwijl als er meer partikeltjes naast elkaar zijn, de wijze waarop zij elkaar opvolgen de *stand* (ordo) genoemd kan worden.

Boyle licht dit, naar het voorbeeld van Democritus en Aristoteles, met letters toe: a en n verschillen in figuur; a : n en n : a in ordo, Z en N in ligging.

De wederzijdsche ligging en stand wordt samengevat onder de naam: *textuur*. De textuur van een lichaam heeft dus betrekking op de onderlinge stand en ligging der partikeltjes, waaruit het betreffende lichaam is opgebouwd [1]).

De gewone zinnelijke qualiteiten vinden hun verklaring in de figuur, beweging en textuur [2]).

Al met al verschilt Boyle's materiebegrip, zooals wij het tot nu toe ontwikkelden, weinig van dat van de wijsgeerige atomisten, met dien verstande, dat er een duidelijke invloed van Descartes te bemerken is. Had Boyle het bij deze versmelting van Descartes' en Gassendi's theorieën gelaten, dan zou zijn werk niet zoo ongemeen vruchtbaar geweest zijn. Hij zou waarschijnlijk wel een eervolle plaats innemen in de historie der natuurkunde in engeren zin (gaswetten), doch voor de historie der scheikunde zou hij even weinig beteekenen als Descartes of Gassendi. Want het wijsgeerig atomisme, ook in den vorm van Descartes, biedt als zoodanig geen mogelijkheid een behoorlijke theoretische basis te geven aan de vele ervaringsgegevens der chemici.

Nu waren ook de traditioneele elementenleer van Aristoteles en de drie principialeer van Paracelsus ten tijde van Boyle niet meer in staat het nieuwe feitenmateriaal te verwerken door er een redelijke verklaring van te geven.

In zijn *Sceptical Chemist* levert Boyle een geduchte en meerendeels treffend juiste kritiek op deze beide systemen. Voor ieder onbevooroordeeld onderzoeker moet Boyle wel overtuigend aangetoond hebben, dat noch de drie principia van Paracelsus: *kwik, zwavel* en *zout*, noch de vier elementen van Aristoteles de eigenlijke analyseproducten waren. Hij wijst er voortdurend op, dat de verkregen producten even-

---

[1]) *Or.*, blz. 12; *Works* II, blz. 465.

[2]) *Or.*, blz. 12, 15; *Works* II, blz. 465, 467.

goed verbindingen zijn als het uitgangsmateriaal, hetwelk geanalyseerd wordt.

„Ofschoon zij (de verkregen analyseproducten) homogene stoffen schijnen, hebben zij toch niet de zuiverheid en de enkelvoudigheid, die voor een element vereischt worden" [1]).

Het z.g. „zout", dat bij de analyse van de eene stof verkregen wordt, is heel iets anders dan het „zout", dat bij de analyse van een andere stof resulteert, hoewel beiden toch eigenlijk hetzelfde element zouden moeten zijn. Dit geldt evenzeer voor zwavel en alle andere principen en elementen [2]).

Daarenboven wijst Boyle er nadrukkelijk op, dat de analyse met behulp van geëigende oplosmiddelen (menstrua) heel wat betere resultaten geeft dan de droge destillatie door het vuur. Zoo worden goud en zilver door het vuur niet gescheiden, wel echter door salpeterzuur [3]).

Doch niettegenstaande deze kritiek meent Boyle toch het onderscheid tusschen elementen en verbindingen te moeten handhaven. Zijn elementendefinitie verschilt in wezen heel weinig van die zijner voorgangers.

„Onder elementen versta ik hetzelfde als de chemici, die het duidelijkste spreken n.l.: zekere primitieve en enkelvoudige of wel volkomen ongemengde stoffen, welke niet samengesteld zijn uit andere stoffen, en evenmin uit elkaar en die de ingrediënten vormen, waaruit al die zoogenaamde volkomen gemengde stoffen onmiddellijk zijn opgebouwd en waarin zij uiteindelijk worden opgelost" [4]).

Nu waren ten tijde van Boyle de experimenteele methoden reeds zoo ver gevorderd, dat zeer duidelijk vaststond, dat de oude „elementen" niet meer gehandhaafd konden worden, echter nog niet ver genoeg om nieuwe elementen aan te wijzen. Een behoorlijke identificatiemethode ontbrak. Boyle was zich dat terdege bewust. „Ik heb noch bij Aristoteles, noch bij eenigen anderen schrijver een ook maar eenigermate geschikt diagnosticon gevonden om de species in de natuur te determineeren" [5]).

---

[1]) *Chym. Scept.*, blz. 113; *Works* I, blz. 329.
[2]) *Chym. Scept.*, blz. 181 e.v.; *Works* I, blz. 336 e.v.
[3]) *Chym. Scept.*, blz. 23; *Works* I, blz. 305.
[4]) *Chym. Scept.*, blz. 119; *Works* I, blz. 356.
[5]) *Or.*, blz. 47; *Works* II, blz. 484.

Boyle is derhalve uitermate huiverig om aan te geven, welke stoffen elementen en welke verbindingen zijn, wij vermelden dit feit zonder er lang bij stil te staan, voor het probleem, dat ons bezighoudt, is het alleen van belang, dat Boyle in princiep het verschil tusschen elementen en verbindingen handhaaft.

Nu wezen wij er reeds op, dat het wijsgeerig atomisme geen mogelijkheid biedt tot een theoretische basis voor de chemie en wij doelden daarbij in de eerste plaats op de onmogelijkheid een bevredigende verklaring te geven van het verschil tusschen elementen en verbindingen, want het bestaan van elementen en verbindingen beteekent het bestaan van qualitatief verschillende stoffen. Men zal opmerken, dat het wijsgeerig atomisme toch volkomen in staat is een verklaring te geven van het bestaan van qualitatief verschillende stoffen, immers door variatie van het aantal en den vorm van de constitueerende atomen kunnen verschillende qualiteiten verklaard worden, doch daarmee was de *chemicus* nog niet tevreden. Destillatie zoowel van elementen als van verbindingen leerde hem, dat de stoffen ook in gasvormigen toestand qualiteitsverschillen bleven vertoonen. En aangezien hij terecht de meening was toegedaan, dat het specifieke van den gasvormigen toestand daarin gelegen was, dat de „kleinste deeltjes" van de stof uit elkaar gegaan waren, volgde hieruit onmiddellijk, dat het qualiteitsverschil der stoffen in de kleinste deeltjes zelf moest berusten en niet alleen in de onderlinge configuratie.

Deze kleine deeltjes konden dus onmogelijk de „atomen" van Democritus zijn.

Dat moet Boyle voor oogen gestaan hebben, toen hij de veronderstelling neerschreef, dat de kleinste partikeltjes der algemeene materie (dit waren dus echte atomen in wijsgeerigen zin) zich vereenigden tot z.g. *primaire concreties, welke niet gemakkelijk meer uiteen konden vallen in dezelfde partikeltjes, als waaruit zij samengesteld zijn* [1]).

De *primaire concreties* zijn dus corpuscula met bepaalde qualiteiten, zij zijn de eigenlijke bouwsteenen, waarmee de chemicus te maken

---

[1]) Proposition II. — Neither is it impossible that of these minute particles divers of the smallest and neighbouring ones were here and there associated into minute masses or clusters, and did by theire coalitions constitute great store of such little primary concretions or masses as were not easily dissipable into such particles as composed them. *Chym. Scept.*, blz. 14; *Works* I, blz. 300.

heeft. De samenstelling van deze bouwsteenen heeft voor hem geen enkel practisch belang, met zijn physische en chemische middelen kan hij ze toch niet splitsen.

„Het mag dan zijn, dat deze concreties niet absoluut, wat de natuur betreft, ondeelbaar zijn in de hen constitueerende kleinste deeltjes of wellicht in andere kleine fragmenten, zij worden echter zeer zelden actueel ontbonden of verbrijzeld, blijven daarentegen onder verschillende vorm en figuur ongeschonden in een groote variëteit der stoffen [1]). Zij hebben een permanente textuur" [2]).

Deze *primaire concreties* bieden Boyle de gelegenheid de elementen een verantwoorde plaats te geven in zijn corpusculairtheorie; hij beschouwt de (onveranderlijke) elementen namelijk als *primaire concreties* [3]). Deze zijn als het ware de zaden en de onmiddellijke principen van de verschillende soorten van de natuurlijke lichamen (dergelijke principen zijn aarde, water, zout enz.), afzonderlijk genomen zijn zij zintuigelijk niet waarneembaar, wel echter als zij met meerdere tezamen zijn [4]).

De *primaire concreties* vervullen dus precies dezelfde functie als de elementaire atomen van Sennert, alleen met het zuivere theoretische verschil, dat Boyle's *primae concretiones* in theorie nog verder gesplitst konden worden, Sennert's atomen der elementen echter niet. Als *elementa rerum* (elementen der dingen) kunnen de primaire concreties zich natuurlijk verbinden, zij vormen dan de *prima mista*.

Juist als bij Sennert mogen wij deze dus beschouwen als moleculen, Sennert dacht zijn *prima mista* opgebouwd uit de atomen der elementen, Boyle uit verschillende *primaire concreties*.

De *prima mista* geven op hun beurt weer verbindingen van de tweede orde, deze weer der derde orde enz.

In plaats van den term: *textuur*, welke wij Boyle zagen gebruiken om

---

[1]) ...and though not absolutely indivisible by nature into the prima naturalia, that composed it, or perhaps into other little fragments, yet, for the reasons freshly intimated, they very rarely happen to be actually dissolved or broken, but remain intire in great variety of sensible bodies, and under various forms or disguishes. *Works* II, blz. 471; *Or.*, blz. 21.

[2]) *Or.*, blz. 21; *Works* II, blz. 471.

[3]) *Introductio ad Historiam Qualitatum Particularium*, blz. 9.

[4]) And these are, as it were, the seeds or immediate principles of many sorts of natural bodies, as earth, water, salt, etc. and those singly insensible, become capable, when united, to affect the sense. *Works* II, blz. 471; *Or.*, blz. 21.

de structuur der *primae concretiones* aan te geven, bezigt hij voor zijn samengestelde stoffen bij voorkeur den term: *mixtuur*.
De *mixtuur* verschilt dus van de *textuur* daarin, dat de *mixtuur* altijd *heterogene* deeltjes samenbindt [1]).
Overigens gebruikt Boyle deze termen door elkaar, terwijl hij ook vaak voor beide eenvoudig *structuur* zegt.
Ja, hij heeft er zelfs geen bezwaar tegen den Aristotelischen term *forma* te handhaven, mits men daar dan maar geen *forma substantialis* onder verstaat [2]).
Want dat is het groote schrikbeeld voor Boyle.
„Het terugbrengen van de onbekende oorzaak van een verschijnsel tot de substantieele forma beteekent slechts iets onbekends met iets nog veel minder bekends verklaren" [3]). Substantieele forma is slechts een woord, niets meer en Boyle meent zelfs de reden te kunnen aangeven, dat het woordje „forma" zoo'n fundamenteele beteekenis kreeg in de physica.
„Omdat men overeengekomen is al de essentieele kenmerken, welke noodig zijn om een bepaalde stof te constitueeren, met één naam aan te geven, dachten de meeste schrijvers der physica, dat er nu ook maar één ding buiten de algemeene materie was, dat een stof van andere onderscheidde en het maakte tot dat, wat het is en dit noemden zij dan kortheidshalve: de forma en daar alle qualiteiten en andere accidenten van de stof op die forma moesten berusten, geloofden zij dat die forma waarlijk een zelfstandigheid was, een soort van ziel" [4]).
„Maar ik zou willen opmerken, dat wanneer ge b.v. iemand vraagt wat goud is, dan zal hij, als hij u geen stuk kan laten zien, het goud beschrijven als een stof, die erg zwaar is, goed gehamerd kan worden, smeltbaar en toch weer bestendig in het vuur is, verder een gele kleur heeft en wanneer ge hem een stuk koper voor een stuk goud zoudt willen aansmeren, zal hij dit weigeren en u vertellen, dat het koper wel dezelfde kleur heeft, maar dat het niet zoo zwaar is, niet zoo

---

[1]) *Introductio ad Historiam Qualitatum Particularium*, blz. 9.
[2]) *Chym. Scept.*, blz. 129; *Works* I, blz. 361.
[3]) *Or.*, blz. 44; *Works* II, blz. 482.
[4]) *Or.*, blz. 18; *Works* II, blz. 469.
Het gaat hier weer om de gewone moeilijkheid van de vernieuwers van het mechanicisme, verg. blz. 62 en blz. 123.

goed gehamerd kan worden en niet zoo goed als het goud aan het vuur of koningswater weerstand biedt.
En wanneer ge iemand vraagt, wat hij onder een robijn, salpeter of een paarl verstaat, dan zult ge dergelijke antwoorden krijgen, dat ge duidelijk bemerkt, dat wat men ook in theorie over substantieele formae moge denken, men in de praktijk slechts op een samengaan van accidenten steunt om de stoffen van elkaar te onderscheiden" [1]).
Deze citaten maken het duidelijk, dat Boyle's kritiek zich voornamelijk richt tegen die opvatting, welke de forma substantialis als een buiten de materie op zich zelf staand iets beschouwt, een opvatting, welke niet die van Aristoteles is, doch in de dagen van Boyle, zooals wij zagen, vrij algemeen verbreid was [2]).
Hij zelf zegt ervan, dat het de opinie was van „onze moderne Aristotelici". „Ik zeg: de moderne Aristotelici, omdat verschillende van de oudere en speciaal de Grieksche commentatoren van Aristoteles, de leer van hun meester over de formae heel anders en minder gek verklaard hebben dan zijn Latijnsche volgelingen sindsdien gedaan hebben. En expres noem ik ook Aristoteles zelf niet onder de groote voorvechters van de substantieele formae, omdat hij met uitzondering van een plaats of twee, waar hij nogal uitdrukkelijk de formae onder de zelfstandigheden schijnt te rekenen, toch in het algemeen zijn voorbeelden kiest uit de figuren van artificieele dingen (een standbeeld b.v.) en hij zeer weinig, en misschien wel nooit gebruik maakt van substantieele formae om de verschijnselen der natuur te verklaren" [3]).
Verwerpt Boyle dus ten eenen male het forma-substantialisbegrip in de boven geschetste opvatting, toch handhaaft hij in zekeren zin het begrip forma.

Boyle's formabegrip

„Wat men de substantieele forma noemt, moet veeleer beschouwd worden als de bijzondere toestand der materie of, wanneer ik het zoo noemen mag, een essentieele modificatie: een *modificatie*, omdat het inderdaad slechts een bepaalde manier van zijn van de materie is en een *essentieele*, omdat de samenwerkende qualiteiten, hoewel zij voor

1) *Or.*, blz. 18; *Works* II, blz. 469.
2) verg. blz. 62 en blz. 123.
3) *Or.*, blz. 31; *Works* II, blz. 476.

de materie slechts accidenten zijn, toch essentieel noodzakelijk zijn om een bepaalde stof te vormen" [1]).

Merkwaardig doet het aan deze formuleering bij Boyle te lezen, want zóó zou zij ook door Aristoteles neergeschreven kunnen zijn [2]).

Deze verstond immers onder forma substantialis de speciale wijze van zijn, waaronder de algemeene oerstof bij een bepaalde concrete stof voorkwam: *Substantialis* geeft niet aan, dat de forma op zichzelf bestaat, doch wel, dat het gaat over de forma van een op zichzelf bestaand ding; een *zelfstandigheid*, welke juist door die forma bepaald is. Dit in tegenstelling met *forma accidentalis*, welke niets over de zelfstandigheid in haar geheel zegt, doch slechts iets aangaande een qualiteit. Er is dus een zekere overeenstemming tusschen de opvattingen van Boyle en Aristoteles, wat niet wegneemt, dat er tevens verschilpunten zijn.

Lezen wij slechts, hoe Boyle elders zijn formabegrip fundeert.

„Omdat een samengaan der qualiteiten voldoende is om de materie te maken tot de stof, die zij is, als ook om de stof onder te brengen in deze of gene soort van stoffen en daar wij tevens gezien hebben, dat deze qualiteiten hun oorsprong vinden in de meer primaire en algemeene eigenschappen der materie, n.l. grootte, figuur, beweging of rust en de daaruit voortvloeiende textuur, zie ik niet in, waarom wij niet zouden mogen zeggen, dat de forma van een stof bestaat in het samengaan der mechanische eigenschappen der materie, inzooverre deze dan noodzakelijk zijn om een dergelijke stof te constitueeren. En hoewel ik dus kortheidshalve het woord „forma" handhaaf, moet men echter goed begrijpen, dat ik daar geen reëele zelfstandigheid, van de materie verschillend, onder versta, doch slechts de materie zelf van een natuurlijke stof, beschouwd volgens haar bijzonderen zijnstoestand. En dezen laatsten meen ik heel geschikt te

---

[1]) *Or.*, blz. 29; *Works* II, blz. 475.

[2]) En het *is* inderdaad neergeschreven door Thomas van Aquino: „esse in potentia et esse in actu non dicunt diversos modos accidentales, ex quorum diversitate alteratio proveniat, sed substantiales. Nam etiam substantia dividitur per potentiam et actum, sicut et quodlibet aliud genus". *Quaest. disp. de Potentia*, 9. 3 a 8 ad 12.
Hieruit blijkt tevens, zooals trouwens uit zooveel andere plaatsen van Thomas, dat Boyle zich ten onrechte alleen op de Grieksche commentatoren beroept, ook Thomas wijst de „substantificatie" der forma energiek af. verg. Hoenen: *Phil. der anorg. nat*, blz. 44.

kunnen noemen ofwel den specifieken toestand, ofwel dien toestand, waaraan de stof haar naam ontleent, ofwel de essentieele modificatie of om alles met één woord uit te drukken, den stempel, welke op de materie gedrukt is.

Het samengaan der accidenten (zooals boven aangegeven) is toereikend om alle functies te vervullen, welke voor een forma vereischt worden, omdat dit samengaan der accidenten een stof maakt tot wat zij is, haar doet behooren tot deze of gene bepaalde soort der stoffen en haar onderscheidt van alle andere mogelijke stofsoorten" [1]).

Boyle's mechanistische opvatting is evident, de eigenschappen der nieuw ontstane eenheid moeten geheel verklaard kunnen worden uit de eigenschappen der samenwerkende deelen.

Dit is *het* essentieele verschilpunt met Aristoteles' forma-leer, het verschilpunt is dus niet, dat de forma-substantialis een zelfstandig bestaand iets buiten de materie zou zijn.

Boyle's leer verschilt echter ook belangrijk van die van Gassendi en wel daarin, dat Boyle een zeer groote beteekenis toekent aan *het geheel* als zoodanig, aan de resulteerende totaliteit. Hij beschouwt de samengestelde stof als een wezenlijke eenheid.

Wij willen hier niet de wijsgeerige kwestie bespreken in hoeverre iets, dat volkomen verklaard kan worden uit de constitueerende deelen, terecht toch als een geheel beschouwd mag worden.

---

[1]) Wherefore since an aggregate or convention of qualities is enough to make the portion of matter it is found in what it is, and denominate it of this or that determinate sort of bodies; and since those qualities, as we have seen already, do themselves proceed from those more primary and catholic affections of matter, bulk, shape, motion or rest, and the texture thence resulting, why may we not say, that the form of a body being made up of those qualities united in one subject, doth likewise consist in such a convention of those newly named mechanical affections of matter, as is necessary to constitute a body of that determinated kind. And so, though I shall for brevity's sake retain the word *form*, yet I would be understood to mean by it, not a real substance distinct from matter, but only the matter itself of a natural body, considered with its peculiar manner of existence; which I think may not inconveniently be called either its specifical of its denominating state, or its essential modification, or if you would have me express it in one word, its stamp. For such a convention of accidents is sufficient to perform the offices, that are necessarily required in what men call a form, since it makes the body such as it is, making it appertain to this or that determinate species of bodies, and discriminating it from all other species of bodies whatsoever. *Works* II, blz. 470; *Or.*, blz. 20.

Ook Boyle gaat hier niet op in, poneert slechts de mogelijkheid. Op het argument, dat het verwerpen der substantieele formae tot de absurde conclusie zou voeren, dat alle stoffen dan slechts *entia per accidens* zouden zijn, antwoordt Boyle n.l.: „Volgens het begrip dat verschillende geleerden hebben van een *ens per accidens*, d w.z. iets, dat slechts bestaat uit zoodanige dingen *quae non ordinantur ad unum* (welke niet tot een eenheid samengebundeld zijn), meen ik te mogen zeggen, dat ofschoon ik geen substantieele formae accepteer, ik toch niet noodzakelijkerwijze moet concludeeren, dat derhalve alle natuurlijke stoffen *entia per accidens* zijn en wel omdat in de natuurlijke stoffen de verschillende samenwerkende dingen als daar zijn: materie, grootte, ligging en beweging *per se en intrinsiek gericht zijn* om een natuurlijke stof te constitueeren. Mocht dit antwoord niet volkomen bevredigen, dan wil ik er nog wel aan toevoegen, dat wat mij interesseert is, hoe de natuur de dingen gemaakt heeft en heelemaal niet hoe de logicus of metaphysicus ze noemt; volgens mijn oordeel is het heel wat beter woorden te veranderen, opdat zij beter overeenkomen met de natuur der dingen, dan de dingen een verkeerde natuur toe te schrijven om ze beter te doen overeenstemmen met woordvormen, die waarschijnlijk bedacht zijn, toen de dingen zelf nog niet gekend of goed begrepen werden, indien er al over nagedacht werd" [1]).
Boyle hechtte er derhalve groote waarde aan, een samengestelde stof als een eenheid te beschouwen en hij deed zulks blijkens het bovenstaand citaat niet bepaald uit „wijsgeerige" overtuiging [2]).
Door dit vasthouden aan de gedachte van het *ens per se* moest Boyle's struktuurbegrip uiteraard overeenkomen met Aristoteles' forma-leer en wel in het bijzonder, met de leer van den Aristoteliker, welke Boyle het naaste stond: S e n n e r t.
Aan diens formaleer wijdt Boyle dan ook een uitvoerige beschouwing [3]): „Sommige latere schrijvers, speciaal de zeer geleerde Sennert

---

[1]) *Or.*, blz. 35; *Works* II, blz. 487.

[2]) Het is mogelijk, dat Boyle toch wel afgeschrikt werd door de consequentie der mechanistische beschouwingswijze, welke ook den mensch als een *unum per accidens* beschouwde. Zoo is er in de 17e eeuw aan de Utrechtsche Universiteit groot tumult geweest, toen de Cartesiaan Regius inderdaad den mensch tot een *unum per accidens* verklaarde, waartegen de rector Voetius stelling nam. Zie Descartes *Oeuvres* III, blz. 460—463, blz. 492 e.v.

[3]) *Free Considerations about subordinate Forms, as they are wont to be maintained*

en volgens zijn getuigenis ook de bekende Peripatetiker Zabarella, hebben getracht een nieuwe hypothese te introduceeren. Deze leert dat in dieren en planten behalve de specifieke forma (zooals Sennert deze noemt) — de eenige forma waar men tot dan toe rekening mee gehouden had — ook andere formae resideeren en wel in bepaalde deelen der dieren en planten. Deze formae zijn echter ondergeschikt aan de overheerschende forma van het geheel, zoodat zij slechts de titel van *gesubordineerde formae* verwerven.

Zoolang de specifieke forma aanwezig is, bevinden de gesubordineerde formae zich als het ware in den toestand van materie tegenover de specifieke forma. Op het moment echter, dat deze laatste vernietigd wordt, treden de gesubordineerde formae in haar rechten en oefenen zij met betrekking tot de deelen, waar zij bij hooren de functie van specifieke formae uit. Zoo zijn er in een hond of in een paard, behalve de sensitieve ziel, welke de forma van het geheele dier is, tevens de afzonderlijke formae van vleesch, bloed en beenderen. Sterft het dier, dan wordt het lichaam niet ontleed, doch door de gesubordineerde formae blijft het vleesch: vleesch, het been: been; het eerste korter, het tweede langer" [1]).

Deze leer is gunstig ontvangen en van groot gewicht geacht, weet Boyle ons te vertellen [2]), hij vindt het derhalve gewenscht er een en ander over te zeggen en hij zal tevreden zijn, wanneer hij kan aantoonen, dat de leer der gesubordineerde formae wetenschappelijk verklaard kan worden in overeenstemming met de beginselen der corpusculairtheorie, in ieder geval meent hij te kunnen aantoonen, dat zij er niet mee in strijd is.

Boyle somt eerst zijn bezwaren op tegen de leer, zooals hij haar bij Sennert vindt, en deze bezwaren zijn uiteraard gericht tegen de opvatting van de formae als buiten de materie op zich zelf bestaande dingen. Verder kan Boyle zich blijkbaar wel met Sennert's opvatting vereenigen, het gaat meer om een verschil in nuance. Boyle drukt het aldus uit: „De activiteit, welke Sennert toekent aan het samenwerken der ge-

by divers Learned Moderns. Works II, blz. 526. *Liberae considerationes de subordinatis Formis, uti à Neotericorum plurimis iisque impendio eruditis asseruntur. Or.*, blz. 66.

[1]) *Or.*, blz. 66; *Works* II, blz. 526.

[2]) Deze leer is intusschen niet van Zabarella of Sennert, zooals Boyle doet voorkomen, doch vóór Thomas algemeen gangbaar.

subordineerde formae om de specifieke forma bij te staan, beschouwen wij slechts als de resulteerende activiteit van verschillende stoffen, welke, omdat zij met elkaar geassocieerd zijn, ertoe gebracht worden in vele gevallen vereenigd te werken en elkaars werkingen te modificeeren. En dat, wat Sennert toeschrijft aan de overheersching der specifieke forma, schrijf ik toe aan de structuur en wel speciaal aan den samenhang der deelen van een samengesteld lichaam"[1]).

Boyle komt dan ook tot de stelling: „Goed verstaan kunnen wij in sommige stoffen gesubordineerde formae aannemen"[2]).

„Wat ik met *goed verstaan* bedoel, moge duidelijk zijn uit verschillende passages van deze bespreking, waar ik zorgvuldig die interpretaties uitsloot, waarmee ik mij niet kon vereenigen".

In zijn verdere uitwerking der zoo juist gegeven stelling brengt Boyle nog eens met bijzonderen nadruk naar voren, dat een samengesteld ding een *ens per se* is, derhalve een wezenlijke en geen toevallige eenheid vormt, en dit niettegenstaande zijn overtuiging dat de eigenschappen van het samengestelde geheel uit de samenwerking van die der deelen moeten kunnen verklaard worden. In het laatste sluit Boyle bij Descartes en Gassendi aan, in het eerste bij Sennert en Scaliger.

Boyle's corpusculairtheorie draagt dan ook een merkwaardig tweeledig karakter. Wanneer wij haar toetsen aan de punten, welke wij op blz. 47 hebben aangegeven als het wezenlijke onderscheid tusschen de minima-naturalialeer en het wijsgeerig atomisme, dan moeten wij vaststellen, dat Boyle zoowel wat de eerste groep der verschilpunten

---

[1]) So that those actions; which Sennertus and others attribute to the conspiring of subordinate forms to assist the specifick and presiding form, we take to be but the resultant actions of several bodies, which being associated together, are thereby reduced in many cases to act jointly, and mutually modify each other's actions; and that wich he ascribes to the dominion of the specifik form, I attribute to the structure, and especially to the connexion of the parts of the compounded body. *Works* II, blz. 531; *Or.*, blz. 75.

[2]) We may yet in a sound sense admit, that in some bodies there may be subordinate forms. What I mean by *a sound sense* in this proposition may be clearly collected from several passages of the past and remaining parts of this discourse, where we carefully exclude those senses, in which we do not allow the received doctrine of subordinate forms. Wherefore having met with a couple of plausible objections, started since the death of Sennertus, against the admitting them at all, we shall here briefly examine them, not only to make them appear not to be cogent, but because some of our answers may serve for reasons, why we admit the forms disputed of. *Works* II, blz. 538; *Or.*, blz. 87.

(al of niet specifiek karakter der kleinste deeltjes, continu of discontinu verschil) betreft, alsook wat de tweede groep (al of niet bestaan van de mogelijkheid van innerlijke verandering) aangaat, tusschen Aristoteles en Democritus in staat.
Immers theoretisch kent Boyle de „atomen" van Democritus, hoewel de corpuscula, waarmee hij practisch werkt minima-naturaliakarakter vertoonden. En terwijl hij eenerzijds herhaaldelijk en met kennelijke voorkeur in de termen der mechanistische denkwijze spreekt, nadert anderzijds Boyle's formabegrip zeer nauw dat van Aristoteles en toont ook de bijzondere nadruk, welken Boyle op het *ens per se* legt, dat hij de mogelijkheid, dat meerdere corpuscula zich tot één vereenigen, inderdaad aanwezig acht.
Zoo valt het dus niet gemakkelijk Boyle's corpusculairtheorie bij een van de twee onder te brengen; de Engelsche natuuronderzoeker slaat een middenweg in tusschen de minima-naturalialeer en het wijsgeerig atomisme.

Slotbeschouwing

Wanneer wij ons nu tot slot van deze beschouwing over Boyle verdiepen in de redenen, welke hem hiertoe gebracht hebben, dan zal het na wat wij gezien hebben, wel voor niemand aan eenigen twijfel onderhevig zijn, dat deze redenen niet van wijsgeerigen aard waren. Angstvallig immers ging Boyle iedere wijsgeerige discussie uit den weg.
Zijn theorie is veeleer gegroeid uit een practische behoefte voor de toenmalige physische en chemische kwesties een redelijke verklaring te geven. Met dit criterium voor oogen koos Boyle uit elk der voorhanden theorieën der kleinste deeltjes datgene uit, wat hem geschikt voorkwam en wees af, wat hem ongeschikt leek.
Den chemicus Boyle moest de ongedwongen verklaring, welke Sennert's theorie gaf van het bestaan van soortelijk verschillende stoffen en daarmee correspondeerende soortelijk verschillende kleinste deeltjes, wel uitermate aantrekkelijk toeschijnen.
De physicus in hem werd echter evenzeer bekoord door de consequente wijze, waarop Gassendi en Descartes tal van physische qualiteiten wisten terug te brengen tot beweging, vorm en grootte der corpuscula. Het wijsgeerig atomisme noodigt daarenboven uit tot exacte waar-

neming van het gedrag der stoffen om quantitatief verband te leggen tusschen de verschillende waargenomen qualiteiten en de er aan ten grondslag liggende *affections of matter*. Dit mist Boyle ten eenenmale in de minima-naturalialeer, want al mogen bij Averroës en verschillende Middeleeuwers tendenties in deze richting geweest zijn, bij Sennert ontbraken deze geheel.

In het wijsgeerig atomisme bestond echter geen mogelijkheid een goede verklaring te geven van het bestaan van stoffen *of its own kind*. Zoo is het dus te begrijpen, dat Boyle in zijn corpusculairtheorie zich noch bij de minima-naturalialeer, noch bij het wijsgeerig atomisme geheel aansluit; doch daarmee is nog geen redelijke verklaring gegeven van zijn duidelijke en herhaalde malen uitgesproken voorkeur voor de ideeën van Descartes en Gassendi. Daartoe is het noodig, dat wij ons goed rekenschap geven van het feit, dat de Aristotelische minima-naturalialeer nauw verbonden was met de door Boyle op zuiver natuurwetenschappelijke gronden fel bestreden leer der vier elementen: *vuur, water, lucht en aarde*, en nog meer met het door hem zoo verfoeide en inderdaad voor iedere natuurwetenschappelijke verklaringsmogelijkheid funeste woordenspel, waartoe het zuiver wijsgeerige forma-begrip in de 17e eeuw verworden was.

Voor een beoefenaar der natuurwetenschap was de geheele opzet van het wijsgeerig atomisme derhalve aantrekkelijker, vandaar Boyle's voorkeur, doch hij was kritisch genoeg om het zoo beproefde grondbeginsel der minima-naturalialeer: voor elke stof eigen specifieke kleinste deeltjes, over te nemen en het in te vlechten in zijn corpusculairtheorie. De met het begrip minimum naturale onverbreekbaar verbonden idee van den *zijnsvorm* kreeg het iets gewijzigde aspect der *structuur* en paste zoo beter in den atomistischen gedachtengang.

Boyle heeft derhalve — dit is het resultaat van de analyse van zijn corpusculairtheorie — het wijsgeerig atomisme vereenigt met de minima-naturalialeer. Voor de ontwikkeling der natuurwetenschap is deze synthese uitermate vruchtbaar geweest — of zij ook wijsgeerig verantwoord was is een andere zaak, waarop wij in het laatste hoofdstuk nog even zullen terugkomen.

HOOFDSTUK VI

VAN CORPUSCULAIRTHEORIE TOT NATUURWETENSCHAPPELIJKE ATOOMTHEORIE

Dit hoofdstuk heeft allerminst de pretentie een volledig historisch overzicht te geven van den groei der natuurwetenschappelijke atoomtheorie in de laatste 250 jaar, het geeft slechts enkele lijnen, noodzakelijk om de continuïteit van het verleden met het heden, d.w.z. van de corpusculairtheorie van Boyle met de moderne theorie vast te leggen. Daarbij is Dalton de onmisbare schakel.
Hij toch geldt bij uitstek als de grondlegger van de moderne atoomtheorie, zijn systeem zullen wij dus het uitvoerigst analyseeren en daarbij speciale aandacht besteden aan èn wat Dalton met het verleden èn wat het heden met Dalton bindt.

1 - VAN BOYLE NAAR LAVOISIER EN DALTON

Tusschen Boyle, Lavoisier en Dalton ligt ruim een eeuw en wanneer wij het oog alleen gericht hebben op de ontwikkeling der *begrippen* in de natuurwetenschap, dan lijkt het of de tijd stil gestaan heeft.
De wijze immers, waarop Lavoisier zijn nieuwe chemische elementenleer introduceerde, schijnt uitgelokt door de scepsis van den Engelschen chemicus. En Dalton's specifieke atomen voor ieder element komen niet onverwacht na Boyle's opvattingen in dezen. Toch is deze stilstand van honderd jaar slechts schijnbaar, in de 18e eeuw is in alle stilte de groote ommekeer, welke het einde dezer en het begin der volgende eeuw kenmerkt, voorbereid.
Boyle had met groote scherpzinnigheid op de ontoereikendheid voor de chemie van de oude elementensystematiek gewezen, zijn beschouwingen waren echter meer negatief dan positief, omdat hij niet over voldoende ervaringsgegevens beschikte om een nieuwe op te bouwen, het mate-

riaal ontbrak nog. Slechts door moeizamen practischen arbeid kon dit verkregen worden, dat vergde tijd, vandaar dat het nog honderd jaar zou duren eer Lavoisier en Dalton op Boyle's begrippen konden voortbouwen.

Daarenboven was het nog langs een grooten omweg (over welker historische noodzakelijkheid wij niet zullen discussiëeren) n.l. de phlogistontheorie [1]), dat het materiaal voor de elementensystematiek van Lavoisier verkregen is.

A. L. Lavoisier (1743—1794) was zeker niet de eerste [2]), die nauwkeurige quantitatieve onderzoekingen deed omtrent de verbranding der stoffen en de daarmee samenhangende samenstelling van zuren en basen, de gegevens kwamen van vele kanten tegelijk, doch hij heeft beter dan wie ook het nieuwe feitenmateriaal benut om tegenover de phlogistontheorie de kiem te leggen van de moderne zienswijze in de chemie.

Pas nadat Lavoisier den weg gebaand had voor een met de ervaring kloppende verdeeling der stoffen in elementen en verbindingen, kreeg ook Boyle's corpusculairtheorie met haar onderscheid tusschen corpuscula der elementen en der verbindingen de kans zich verder te ontwikkelen.

Daarom moest in *chemisch* opzicht de eeuw tusschen Boyle en Lavoisier voor de corpusculairtheorie dus wel onvruchtbaar blijven, hoe algemeen zij in haar diverse varianten (Descartes, Gassendi, Boyle, minima-naturalialeer) ook geaccepteerd werd. Deze onvruchtbaarheid manifesteert zich duidelijk in de steeds toenemende virtuositeit, waarmede de chemische eigenschappen „verklaard" werden met behulp van allerlei speciale vormen en figuren der atomen [3]).

Een fraai voorbeeld daarvan biedt Lemery (1645—1715) in zijn in

---

[1]) De phlogistontheorie — het best uitgewerkt door G. E. Stahl (1660—1734) — leerde, dat alle metalen samengesteld waren uit metaalkalken (d.w.z. de oxyden) en een brandbare stof: *het phlogiston;* bij de verbranding der metalen zou het phlogiston uitgedreven worden. Deze theorie, in vele opzichten consequent doordacht, moest echter tenslotte wijken voor het experiment, dat aantoonde, dat de metalen bij verbranding zwaarder werden inplaats van lichter, wat uit de phlogistontheorie zou volgen.

[2]) verg. M. Speter: *Lavoisier und seine Vorläufer,* blz. 48 e.v.; A. N. Norman Meldrum: *The Eighteenth Century Revolution in Science,* blz. 45.

[3]) verg. H. Metzger: *Les doctrines chimiques en France du début du XVIIe à la fin du XVIIIe siècle.* Tome I, blz. 272 e.v.

de 18e eeuw algemeen verspreid leerboek *Cours de Chymie*. Lemery voorziet de corpuscula der zuren van scherpe punten, de corpuscula der basen daarentegen van poriën, welke een dusdanigen vorm hebben, dat de punten der zuren erin moeten afbreken [1]).

Terwijl dus de corpusculairtheorie in de handen der 18e eeuwsche chemici weinig vooruitgang vertoonde, maakten de *physica* en de *mathematica* in dezelfde eeuw een ontwikkeling door, welke van de grootste beteekenis zal blijken.

Reeds eerder hebben wij gewezen op het groote belang van een correcte mathematische uitwerking der botsingswetten voor de corpusculairtheorie. Galilei en Descartes deden de eerste pogingen, doch het bleef aan Huijgens (1629—1695) voorbehouden een mathematisch verantwoorde beschrijving van de onderlinge wisselwerking der atomen door botsing te geven [2]). Terzelfdertijd verraste Newton (1642—1726) de wereld met zijn gravitatietheorie, welke een algemeene aantrekking veronderstelde tusschen alle lichamen.

Newton heeft dus geen atomen, voorzien van haken en oogjes of met in elkaar passende figuren, noodig om den samenhang der atomen te verklaren. Juist uit dezen samenhang, besluit Newton „dat de deeltjes van een lichaam zich gezamenlijk wederzijds met een kracht aantrekken, welke bij de aanraking zelf zeer groot is, op geringen afstand de chemische werkingen veroorzaakt, op grooteren afstand echter geen merkbare werking vertoont" [3]).

De atomen trekken elkaar derhalve aan en kunnen aldus ook de grootere complexen vormen, welke sedert Boyle een zoo belangrijke factor waren geworden in de corpusculairtheorie.

---

[1]) N. Lemery: *Cours de Chymie*, blz. 17, 18.

[2]) verg. Lasswitz II, blz. 367—384.

De botsingswetten werden na Huijgens' dood gepubliceerd in *De motu corporum ex percussione*, 1703.

[3]) The Parts of all homogeneal hard Bodies which fully touch one another, stick together very strongly. And for explaining how this may be, some have invented hooked Atoms, which is begging the Question; and others tell us that Bodies are glued together by rest, that is by an occult Quality, or rather by nothing; and others, that they stick together by conspiring Motions, that is, by relative rest amongst themselves. I had rather infer from their Cohaesion, that their Particles attract one another by some Force, which in immediate Contact is exceeding strong, at small distances performs the chymical Operations above mention'd and reaches not far from the Particles with any sensible Effect. Newton: *Optics, Qu.* 31, bl. 364.

Er is veel over te doen geweest of Newton zich deze algemeene aantrekkingskracht inderdaad als een op afstand werkende gedacht heeft, of dat hij ze alleen mathematisch zoo geformuleerd heeft, wij zullen aan deze vraag zonder meer voorbijgaan. Voor ons is in dit verband slechts van beteekenis, dat in den gedachtengang van Newton de beweging der atomen niet beheerscht wordt door de botsing, doch door een algemeene aantrekkingskracht, welke onder verschillende omstandigheden kan overgaan in een afstootende, zooals Newton mathematisch afleidt [1]). Daarmee treedt de corpusculairtheorie in een geheel nieuw stadium [2]), van een streng mechanistische theorie, welke alleen rekent met volgens de wetten der mechanica verloopende botsingen, wordt zij een dynamische: aan de corpuscula worden algemeene — op afstand werkende — krachten toegeschreven, welke de beweging regelen [3]).
Zoo schiepen Huijgens en Newton de *physisch-mathematische* en Lavoisier de *chemische* voorwaarden, waardoor de corpusculairtheorie zich verder kon ontplooien en voor de natuurwetenschap der 19e eeuw van centrale beteekenis worden.

2 - J. DALTON (1766—1844)

Het is bij dezen Engelschen chemicus, dat wij voor het eerst de atoomtheorie in den vorm aantreffen, waarin ze — zij het dan met enkele niet onbelangrijke wijzigingen — gemeengoed is geworden van den chemicus en physicus der 20e eeuw.
Over de wijze waarop Dalton tot zijn theorie.o.a. neergelegd in *A New System of Chemical Philosophy* is gekomen, is nogal een en ander te doen geweest tusschen de geschiedschrijvers der vorige eeuw [4]). Een

---

[1]) Newton: *Optics, Qu.* 31, blz. 370.

[2]) verg. Lasswitz' hoofdstuk over Newton. Lasswitz II, blz. 555—580.

[3]) De gebruikelijke tegenstelling tusschen een mechanistische en dynamische theorie kan verwarrend werken. De dynamische theorie is evengoed een mechanistische, inzooverre als ook de dynamische theorie alle veranderingen door beweging tracht te verklaren, deze beweging wordt echter geheel beheerscht door op afstand werkende krachten, terwijl de streng mechanistische theorie alleen met plaatselijke beweging, door botsing veroorzaakt, rekening houdt. Men kan het ook zoo zeggen: het mechanicisme stelt de *beweging*, het dynamisme de *kracht* primair. verg. Nyss: *Cosmologie* I, blz. 69 en blz. 190.

[4]) Men raadplege H. E. Roscoe and A. Harden: *A new view of the origin of Daltons atomic Theory, a contribution to the chemical history.* London 1896 en de op dit

ding treedt uit deze discussie echter duidelijk naar voren: — en het is ook het eenigste, wat voor ons van belang is — Dalton heeft zich bij het opstellen van zijn atoomtheorie laten leiden door de corpusculaire inzichten van zijn voorgangers.

De invloed van Newton is evident, men leze slechts de beroemde passage [1]), waarmee Dalton in zijn *A New System* de atoomtheorie introduceert. Elk commentaar is daarbij overbodig.

„Drie toestanden der stoffen zijn het, welke meer speciaal de aandacht der wetenschappelijke chemici (philosophical chemist) getrokken hebben; en wel die, welke gekenmerkt worden door de termen *elastic fluids, liquids, and solids.*

„In het water zien wij een zeer bekend voorbeeld van een stof, welke onder bepaalde omstandigheden in staat is alle drie de toestanden te vertoonen. In stoom herkennen wij een volmaakt elastisch fluidum, in water een volmaakt vloeibare, en in ijs een volmaakt vaste stof.

„Deze waarnemingen hebben stilzwijgend geleid tot de conclusie, welke algemeen geaccepteerd schijnt, dat alle lichamen van merkbare grootte, hetzij vloeibaar of vast, opgebouwd zijn uit een groot aantal uiterst kleine partikeltjes of atomen der materie, samengebonden door een naargelang de omstandigheden meer of minder sterke aantrekkingskracht, welke, daar zij er naar streeft de scheiding der deeltjes te voorkomen, zeer gepast *attraktie der cohaesie* genoemd wordt; voorzoover deze kracht echter de deeltjes uit een dispersen toestand verzamelt (b.v. van stoom in water) wordt zij: *attraktie der aggregatie* genoemd of eenvoudiger affiniteit [2]).

„Welke namen men er ook aan geeft, deze beteekenen alle één en

---

werk gevolgde discussie tusschen de auteurs en H. Debus in het Zeitschrift für Physikalische Chemie B 20, blz. 359 (1896); B 22, blz. 241 (1897) en B 24, blz. 325 (1897).

[1]) *A new System of Chemical Philosophy, Chapter II. On the constitution of Bodies,* blz. 141 e.v.

[2]) These observations have tacitly led to the conclusion which seems universally adopted, that all bodies of sensible magnitude, wether liquid or solid, are constituted of a vast number of extremely small particles, or atoms of matter, bound together by a force of attraction, which is more or less powerfull according to circumstances, and which, as it endeavours to prevent their separation, is very properly called in that view, *attraction of cohesion;* but as it collects them from a dispersed state (as from steam into water) it is called, *attraction of aggregation,* or, more simply, affinity (blz. 141).

dezelfde kracht. Het is niet mijn plan deze conclusie, welke volkomen bevredigend blijkt, discussiabel te stellen, doch wel aan te toonen, dat wij er tot nu toe geen gebruik van gemaakt hebben en dat de consequentie van deze nalatigheid een zeer duister begrip van de chemische werking is geweest, wat met den dag erger wordt naarmate men er meer licht op wil laten vallen.

„De meeningen, waar ik meer in het bijzonder op doel, zijn die van Berthollet over de wetten der chemische affiniteit; zooals b.v. dat de chemische werking recht evenredig is met de massa en dat er in alle chemische verbindingen onmerkbare gradaties zijn in de verhouding van de constitueerende elementen [1]). De onvereenigbaarheid van deze meeningen zoowel met de redeneering als met de waarneming moet wel een ieder opvallen, die zich een juisten kijk op de verschijnselen verschaft heeft.

„Of de laatste deeltjes van een stof als b.v. water, alle zijn zooals water zelf, d.w.z. van dezelfde figuur, hetzelfde gewicht, is een kwestie van eenig belang. Naar wat bekend is hebben wij geen reden om een verscheidenheid in deze deeltjes aan te nemen: wanneer dit bij water het geval zou zijn, zou het evengoed bij de elementen, welke het water constitueeren, namelijk de waterstof en de zuurstof, moeten voorkomen.

„Nu is het moeilijk in te zien, dat de aggregaten van ongelijke deeltjes zoo volkomen aan elkaar gelijk zouden zijn. Want verondersteld, dat sommige waterpartikeltjes zwaarder zouden zijn dan andere en dat een bepaald deel der vloeistof bij een of andere gelegenheid hoofdzakelijk uit deze zwaardere deeltjes zou bestaan, dan mag men aannemen dat het specifiek gewicht daardoor beïnvloed zou worden, een omstandigheid, welke niet bekend is.

„Soortgelijke opmerkingen kunnen ook over andere stoffen gemaakt worden, derhalve mogen wij concludeeren dat *de laatste partikeltjes*

---

1) Tot goed begrip herinneren wij er onze lezers aan, dat vlak na Lavoisier tusschen Proust en Berthollet de beroemde strijd ontbrand is over de kwestie of een chemische verbinding een constante samenstelling heeft, een strijd die tenslotte is gewonnen door Proust, met wiens naam de wet: *iedere chemische verbinding heeft een constante samenstelling* verbonden blijft. Voor bijzonderheden zie H. Kopp: *Die Entwicklung der Chemie in der neueren Zeit*, blz. 225—245.
Het is mischien niet onaardig in dit verband op te merken, dat Berthollet's opvatting meer paste in den atomistischen gedachtengang, die een continu verloop van atoomverhoudingen toelaat, terwijl die van Proust meer bij de minima-naturalia-ideeën aansloot.

van alle homogene stoffen volkomen gelijk zijn in gewicht, figuur enz. „Met andere woorden: elk partikeltje van het water is gelijk aan elk ander partikeltje van het water, elk partikeltje waterstof gelijk aan elk ander partikeltje waterstof enz." [1]).

Tot zoover voorloopig Dalton. Het eerste deel van dit citaat is een dusdanig sprekend getuigenis van Dalton's afhankelijkheid van Newton, dat wij er zonder meer aan kunnen voorbijgaan.

Bij het tweede deel zullen wij echter langer moeten stilstaan. Dalton poneert daar immers de onderlinge gelijkheid van de kleinste deeltjes zoowel van een element als van een verbinding, dezelfde stelling derhalve, welke het uitgangspunt vormde van de minima-naturalialeer. Het is thans de plaats om de vraag uit de inleiding te herhalen: hoe is Dalton op de idee van specifiek kleinste deeltjes gekomen?

In het zoojuist weergegeven citaat is de vraag reeds grootendeels beantwoord, er blijkt immers uit, dat het voornamelijk physische overwegingen waren, (o.a. constantheid van het specifiek gewicht), welke Dalton van de waarheid zijner stelling overtuigden.

Doch de kwestie der continuïteit is hiermee nog niet afdoende opgelost, er kan een tweede vraag gesteld worden en wel: Beteekent het aannemen van de onderlinge gelijkheid der atomen een nieuw gezichtspunt of sluit Dalton zich hierin bij het voorgeslacht aan?

Voor het antwoord is natuurlijk allereerst van belang, of bij Dalton zelf ook aanwijzingen hieromtrent te vinden zijn. En dit is ongetwijfeld het geval.

Bij het doorlezen van het geheele eerste deel van *A New System of Chemical Philosophy* krijgt men den indruk, dat Dalton zelf als *het*

---

[1]) Wether the ultimate particles of a body, such as water, are all alike, that is, of the same figure, wheight, etc. is a question of some importance. From what is known, we have no reason to apprehend a diversity in these particulars: if it does exist in water, it must equally exist in the elements constituting water, namely, hydrogen and oxygen. Now, it is scarcely possible to conceive how the aggregates of dissimular particles should be so uniformly the same. If some of the particles of water were heavier than others — if a parcel of the liquid on any occasion were constituted principally of these heavier particles, it must be supposed to affect the specific gravity of the mass, a circumstance not known. Simular observations may be made on other substances; therefore, we may conclude that *the ultimate particles of all homogeneous bodies are perfectly alike in weight, figure,* etc. In other words, every particle of water is like every other particle of water; every particle of hydrogen is like every other particle of hydrogen, etc. (blz. 142, 143).

eenige nieuwe, belangrijke element in zijn atomistische opvattingen de regels beschouwt, welke hij heeft afgeleid om tot de bepaling van de relatieve atoomgewichten te komen, en deze indruk wordt nog versterkt door Dalton's positieve uitspraak: „Het is hét groote doel van dit werk, de beteekenis en het voordeel te toonen *van het bepalen der relatieve gewichten van de laatste partikeltjes, zoowel van de enkelvoudige als van de samengestelde stoffen, verder het bepalen van het aantal der elementaire partikeltjes, welke een samengesteld partikeltje constitueeren en tenslotte het bepalen van het aantal minder samengestelde partikeltjes, welke samengaan bij de formatie van een meer samengesteld partikeltje*" [1]).

Dat Dalton inderdaad zijn eigen werk op de juiste waarde geschat heeft, wordt geheel door de historie bevestigd.

Bezien wij slechts de situatie waarin de chemie verkeerde tegen het einde der 18e eeuw. Er bestond een corpusculairtheorie, welke reeds in het verleden tot goede resultaten gevoerd had, en ook voor de toekomst nog veel beloofde, doch die tijdelijk tot onvruchtbaarheid gedoemd was, omdat de grondslag voor de chemie, een *methode* om uit te maken, wat elementen en wat verbindingen waren, nog ontbrak.

Door Lavoisier en zijn tijdgenooten werd deze echter gevonden, en daarmee was tevens de tijd rijp voor een verderen uitbouw der corpusculairtheorie met gebruikmaking van Lavoisier's resultaten, dat beteekende: de quantitatieve verhoudingen der met elkaar reageerende elementen herleiden tot verhoudingen van het aantal zich verbindende kleinste deeltjes.

Dalton nam hier het initiatief, hetwelk vrijwel onmiddellijk door de chemici van zijn tijd is overgenomen, en het is met name Berzelius (1779—1848) geweest, die de quantitatieve verhoudingen in de atoomwereld met grooter experimenteele vaardigheid dan Dalton zelf heeft onderzocht en tot grondslag der chemie gemaakt.

Uit het voorafgaande is het derhalve duidelijk, dat het nieuwe van Dalton's atoomtheorie elders moet gezocht worden dan in het poneeren

---

1) Now it is one great object of this work, to show the importance and advantage of ascertaining *the relative weights of the ultimate particles, both of simple and compound bodies, the number of simple elementary particles which constitute one compound particle, and the number of less compound particles which enter into the formation of one more compound particle.* (blz. 213).

van de stelling, dat de kleinste deeltjes van iedere stof aan elkaar gelijk zijn. We verwachten ook eigenlijk niet anders, immers de idee van specifieke kleinste deeltjes leefde reeds van oudsher in de minima-naturalialeer en zij was door Boyle in zijn corpusculairtheorie als een erfenis van Sennert overgenomen. Ook de chemici der 18e eeuw bleven gedeeltelijk aan deze idee vasthouden.

Zoo beschouwt Boerhaave in zijn in de 18e eeuw veel gebruikt leerboek: *Elementa Chemiae* de kleinste deeltjes der stoffen als specifiek van elkaar verschillend, zonder dat hij daar den bijzonderen nadruk op legt [1]).

Tevens spreekt Boerhaave over atomen in den zin van Democritus, doch hij meent evenals Boyle, dat de chemie er practisch niet mee te maken heeft [2]).

In het algemeen missen wij echter bij de schrijvers der 18e eeuw de heldere uiteenzetting van Boyle, op welken laatsten Dalton voortgebouwd heeft, doch terwijl hij de idee van specifieke kleinste deeltjes van Boyle overnam, bracht hij tegelijk een vrij voor de hand liggende vereenvoudiging aan: de voor de practijk overbodige qualiteitslooze atomen, waaruit Boyle's *primae concretiones* in theorie nog zouden samengesteld zijn, werden geschrapt.

De kleinste deeltjes der elementen beschouwde Dalton als de laatste bouwsteenen der materie, hij betitelde ze als atomen, doch het waren niet langer meer de qualiteitslooze atomen van Democritus.

Niettegenstaande dit zoo fundamenteele verschilpunt tusschen de opvattingen der beide denkers, met wier namen het begrip atoom te allen tijde verbonden zal blijven, vertoonen hun systemen overigens toch een groote overeenkomst, zooals uit een verdere analyse van Dalton's atoomtheorie moge blijken.

Na de stelling, dat de atomen van één element onderling gelijk zijn vervolgt Dalton: „Behalve de aantrekkingskracht, welke in den een of anderen vorm universeel aan de ponderabele lichamen toekomt, vinden wij een andere kracht, eveneens universeel, n.l. een afstootende. Deze wordt nu algemeen — naar ik meen — terecht, toegeschreven aan de werking der warmte. Een atmosfeer van dit ijle fluidum omgeeft

---

[1]) Zie b.v. *Elementa Chemiae* I, blz. 555, waar de eigenschappen der kleinste deeltjes van water vergeleken worden met die van lucht.

[2]) *Elementa Chemiae* I, blz. 72, 73.

constant de atomen van alle lichamen en voorkomt aldus dat zij in onmiddellijk contact met elkaar komen" [1]).

De beweging der atomen wordt derhalve niet beheerscht door de mechanische botsingswetten, zooals bij de atomisten der 17e eeuw, doch door Newton's opvattingen. Merken wij intusschen op, hoe Newton's langs mathematischen weg gepostuleerde negatieve aantrekkingskracht bij Dalton een bepaalde physische interpretatie krijgt. Het is de elk atoom omgevende warmtesfeer, welke de afstooting veroorzaakt. Doch hoe belangwekkend deze beschouwing ook is, onze interesse gaat meer uit naar Dalton's opvatting van de chemische verbinding.

Dit thema heeft ons immers herhaaldelijk beziggehouden bij de bespreking der oude wijsgeerige theorieën. In hoofdstuk III wordt het door Dalton behandeld.

„Chemische analyse en synthese gaan niet verder dan tot de onderlinge scheiding en verbinding der partikeltjes. Geen nieuwe creatie of vernietiging der materie ligt binnen het bereik der chemische activiteit" [2]).

„Alle veranderingen, die wij kunnen bewerkstelligen bestaan in het scheiden der partikeltjes, welke in een toestand van cohaesie of combinatie zijn en in het verbinden van diegene, welke tevoren op een afstand waren" [3]).

Het samengaan der atomen in een verbinding stelde Dalton zich als een eenvoudige juxtapositio voor [3]).

Dit is precies dezelfde gedachtengang als van de wijsgeerige atomisten. Dalton zet derhalve geheel de traditie van Boyle voort, want ook deze voelde zich erfgenaam der atomisten met uitzondering van het eene belangrijke punt: *specifieke deeltjes van elke stof*.

Hierin staat Dalton eigenlijk dichter bij Aristoteles dan Boyle: de laatste immers accepteerde, zij het dan zuiver theoretisch, nog de atomen in den zin van Democritus, iets wat Dalton niet meer deed. Daartegenover is het forma-begrip, bij Boyle nog vaag aanwezig, bij Dalton geheel verdwenen.

Het typische verschil tusschen Boyle en Dalton is derhalve, dat de

---

[1]) *A New System*, blz. 143.
[2]) *A New System*, blz. 216.
[3]) *A New System*, blz. 216.

eerste de *beide* groepen van karakteristica der minima-naturalialeer *eenigszins* aanvaardt, de laatste echter de eene groep *geheel* en de andere (welke met de forma samenhangt) in het geheel niet (verg. blz. 47).

Juist omdat de specificiteit der kleinste deeltjes minder rechtstreeks met het forma-begrip samenhangt, kon Dalton deze handhaven, terwijl hij de forma verwierp.

En hiermede kunnen wij een deel van onze taak als beëindigd beschouwen, immers de vraag, welke wij in de inleiding stelden, is afdoende beantwoord:

Dalton's atoomtheorie vormt een voortzetting van de corpusculairtheorie der 18e eeuw, welke op haar beurt weer een versmelting is van de wijsgeerige theorieën der voorafgaande eeuwen.

Er rest ons thans nog de ontwikkeling, welke de atoomtheorie sedert Dalton doorgemaakt heeft, na te gaan. Daarbij zal blijken, dat deze ontwikkeling niet alleen vanuit natuurwetenschappelijk oogpunt ongewoon belangwekkend is, doch ook dat de wijsgeerig geïnteresseerde daarbij voor kwesties komt te staan, welke een verrassend nieuw licht werpen op de controverse van het wijsgeerig verleden van de atoomtheorie en dus ook van onze studie.

3 - DE ONTWIKKELING SEDERT DALTON

Kort na Dalton's publicaties verscheen in 1811 een studie van Avogadro (1776—1856), waarin deze er op wees, dat de kleinste deeltjes van een gas geen enkelvoudige atomen waren, doch moleculen, waarin zich twee of meerdere atomen vereenigd hadden. Het heeft echter tot de 2de helft der 19e eeuw geduurd eer de fundamenteele beteekenis van Avogadro's opvatting algemeen gezien werd [1].

Dalton's atoomtheorie, aangevuld met Avogadro's moleculebegrip bood de chemie een theoretischen grondslag, waarop in de 19e eeuw verder gewerkt en het steeds toenemende feitenmateriaal geordend kon worden.

Behalve de chemie heeft vooral de kinetische gastheorie rechtstreeks voortgebouwd op de corpusculairtheorie der vorige eeuwen. Wij

[1]) De hypothese van Avogadro gaf — zooals bekend — een oplossing voor de tegenstrijdigheid tusschen Dalton's atoomtheorie en Gay-Lussac's gaswet, voor bijzonderheden verg. H. Kopp: *Entwicklung*, blz. 349 e.v.; F. Jaeger: *Atomen eens en thans*, blz. 179.

hebben gezien, hoe het wijsgeerig atomisme groote waarde toekende aan de beweging der atomen, de vertegenwoordigers van deze theorie in de 17e eeuw hebben zich reeds alle moeite gegeven de beweging der atomen mathematisch te beschrijven, aanvankelijk met behulp der botsingswetten, later onder invloed van Newton door middel van de op afstand werkende krachten.

Dit laatste had tot begrijpelijk gevolg, dat de mathematici en physici [1]) de atomen als *extensieloos* gingen beschouwen, als een soort puntvormige krachtcentra (Ampère, Cauchy, Faraday), terwijl de chemici uiteraard de atomen wel extensie toeschreven.

De ontwikkeling der kinetische gastheorie deed echter ook in de physica de atomen en moleculen *met extensie* het pleit winnen, de oude botsingsmechanica werd weer in eere hersteld (Clausius); de atomen en moleculen werden opgevat als elastische bollen van bepaalde afmeting.

De resultaten der kinetische gastheorie, met name de verklaring der Brownsche beweging overtuigden ook de laatste tegenstanders tegen het begin der 20e eeuw (o.a. Ostwald) van het feitelijk bestaan in de stoffenwereld van discontinu gescheiden kleinste deeltjes: de moleculen, op hun beurt weer samengesteld uit discontinu onderscheiden atomen.

Wij moeten er van afzien, de verschillende wijsgeerige visies weer te geven, welke tegen het einde der 19e eeuw met de natuurwetenschappelijke atoomtheorie verbonden werden. In het algemeen kan men echter constateeren, dat de physicus der 19e eeuw er in principe van overtuigd was met behulp van de wetten der klassieke mechanica, toegepast op de bewegingen der moleculen en atomen, elken toestand der stof nauwkeurig te kunnen beschrijven en iedere toekomstige ontwikkeling te kunnen voorspellen [2]).

En met deze overtuiging hing ten nauwste een andere samen: De eigenschappen van een grooter geheel moesten in principe af te leiden zijn uit de eigenschappen der samenstellende deelen, in casu: de moleculen en atomen. Deze gedachtengang komt geheel overeen met die der wijsgeerige atomisten, zoowel uit den Griekschen tijd als uit de 17e eeuw, hetgeen vanzelfsprekend is, de natuurwetenschap der 19e

---

[1]) Grooten invloed had hierin de mathematicus-filosoof *G. Boscowich* (1711—1787).

[2]) L. de Broglie: *La theorie des Quanta et la nouvelle mechanique*, blz. 38.

eeuw was immers geheel gegroeid tegen den achtergrond der wijsgeerige atoomtheorie. Slechts in één belangrijk punt verschilde de 19e eeuwsche atoomtheorie van die der 17e eeuwsche:

De atomen waren voor ieder element verschillend.

Dit beginsel der minima-naturalialeer, overgegaan in Boyle's corpusculairtheorie, was blijven voortleven. Het kwam echter geenszins uit wijsgeerige overtuiging voort, dat dit minima-naturaliaprinciep haar plaats kreeg in de natuurwetenschappelijke atoomtheorie der 19e eeuw, daarvoor was deze laatste te zeer gegroeid uit het wijsgeerig atomisme, het was louter en alleen te danken aan de practische eischen der chemie en deze wogen zwaar, want de atoomtheorie was in de 19e eeuw reeds in voldoende mate een onderdeel van een zelfstandige natuurwetenschap geworden, dan dat zij op louter wijsgeerige gronden een beginsel af zou wijzen, waar zij overigens voortreffelijk mee kon werken.

Trouwens veel geweld behoefden de physici en chemici hun wetenschappelijk geweten niet aan te doen, wanneer zij de idee van specifiek verschillende atomen accepteerden, want al vanaf den aanvang der 19e eeuw leefde de overtuiging, dat de atomen van Dalton slechts een voorloopige oplossing vormden. Bekend is met name de suggestie van Prout (1816) [1]) om waterstof als het oerelement op te vatten, waaruit alle atomen opgebouwd waren. Zoo zou het dan toch mogelijk zijn de qualitatieve verschillen der atomen terug te brengen tot quantitatieve.

De steeds nauwkeuriger bepaling der atoomgewichten wees aanvankelijk echter geenszins in deze richting.

4 - DE ATOOMTHEORIE IN DE 20e EEUW

De ontwikkeling der atoomtheorie in de 20e eeuw is in menig opzicht binnen het kader van de ons in deze studie bezighoudende problemen nog belangrijker dan die der 19e eeuw.

De ontdekking der radioactiviteit en de daarmee verwante verschijnselen gaf niet alleen de experimenteele bevestiging van het inzicht, dat de atomen der chemische elementen samengesteld waren, zij verschafte tevens aanwijzingen omtrent den aard der bouwsteenen. Als eerste gegeven vond men — zooals bekend — dat elk atoom

---

[1]) Verg. Kopp: *Entwicklung*, blz. 379—382.

bestaat uit een electrisch positief geladen kern, van zeer geringen omvang in verhouding tot het geheele atoom, om welke kern evenzoovele electronen gegroepeerd waren als de waarde der positieve kernlading bedraagt. (Rutherford).

Het electron had reeds in de vorige eeuw als „electriciteitsatoom" beteekenis gekregen, het bleek nu uit de studie der radioactiviteit, dat het één van de elementaire deeltjes was, waaruit alle atomen en dus alle materie is opgebouwd. Het andere bestanddeel der atomen: de atoomkern, welke voor elk atoom verschillend is, vormt geen elementair deeltje, doch blijkt samengesteld en wel uit protonen (kernen van het lichtste element: de waterstof) en electronen.

De protonen en electronen zijn volgens de moderne opvatting dus de eigenlijke „atomen" der materie, echte elementaire deeltjes. Men heeft reden om aan te nemen, dat naast het proton en het electron ook neutronen en positronen van belang zijn bij den opbouw der chemische atomen [1]).

Bijzonder aantrekkelijk voor den chemicus was de mogelijkheid, welke het „samengestelde" atoom bood voor een theorie der chemische binding. (Kossel). Deze theorie verschafte ook eenig inzicht in de aloude kwestie of de elementen al dan niet veranderd in een chemische verbinding voorkomen. Volgens Kossel immers worden de atomen der elementen bij het aangaan van een verbinding inderdaad veranderd en wel in dien zin, dat het atoom een of meer van zijn om de kern heen gegroepeerde electronen verliest dan wel er een of meer bij krijgt [2]).

Het ontdekken van het feit, dat de chemische atomen samengesteld waren sloot nauw aan bij de verwachtingen der vorige eeuw, het behoefde als zoodanig dan ook noch in de physische, noch in de wijsgeerige opvattingen dezer eeuw een verandering te brengen.

Anders is het echter gesteld met de nadere uitwerking van de intraatomaire verhoudingen, de betrekkingen tusschen het atoom als

---

[1]) Grimsehl-Tomaschek: *Lehrbuch der Physik.* B. II, 2. *Materie und Aether,* 8. Aufl. (1938), blz. 3.

[2]) Het wezen van de oude *wijsgeerige* kwestie raakt de theorie van Kossel echter niet, want al leert zij, dat de elementen veranderd worden bij het aangaan van een verbinding, deze elementen zijn geen *absolute* elementen, doch slechts relatieve. Zij zijn immers zelf weer samengesteld.

geheel en de electronen en protonen als deelen. In de beschouwingswijze der 19e eeuw moest het gedrag van het atoom als geheel verklaard kunnen worden uit de eigenschappen der samenwerkende deelen.

De 20e eeuw bracht hierin echter een radicalen ommekeer, oriënteeren wij ons eerst in het algemeen omtrent de nieuwere opvattingen der physica. Het is niet gemakkelijk deze met woorden, welke immers begrippen aanduiden, weer te geven. In zekeren zin weigert de moderne physicus zelfs de gewone begrippen te gebruiken, omdat deze ontleend zijn aan de waarneming van verschijnselen in de macroscopische wereld. En het is hem gebleken, dat het in de physica niet zonder meer toelaatbaar is alles, wat in de macroscopische wereld geldig schijnt, te transponeeren in de microscopische wereld van het atoom.

De eenige „taal" waarvan de moderne physicus zich bedient, is een mathematische vaktaal, slechts door enkele ingewijden geheel te verstaan. Intusschen is ook hier de natuur sterker dan de leer, want afgezien van den stroom van populaire geschriften over de moderne physische opvattingen, hebben eenige promotors dezer opvattingen fundamenteele uiteenzettingen gegeven, welke voor een goed verstaan geen grondige kennis van het mathematische apparaat vereischen. Van dergelijke uiteenzettingen hebben wij in het volgende maar al te graag gebruik gemaakt [1]).

De ontoereikendheid der klassieke physica demonstreerde zich duidelijk bij een poging de veronderstelde electronenbeweging om de kern te beschrijven op soortgelijke wijze als de planetenbeweging van een zonnestelsel.

De klassieke mechanica gaat bij deze beschrijving uit van de mogelijkheid van een continue reeks van bewegingstoestanden, het bleek echter uit gegevens, aan de spectraalanalyse ontleend, dat in het atoom slechts enkele bewegingstoestanden stabiel waren. (Atoommodel van Bohr).

---

[1]) o.a. L. de Broglie: *Continu et Discontinu* en *La Theorie des Quanta et la Nouvelle Mécanique.*
Max Planck: *Das Weltbild der Neuen Physik.*
A. Haas: *Materiewellen und Quantenmechanik.*
W. Heisenberg, E. Schrödinger en P. A. M. Dirac: *Die moderne Atomtheorie.*
W. Heisenberg: *Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft.*

Dit beteekende aanvankelijk een formeele breuk met de klassieke mechanica, doch daarbij is het niet gebleven. De Broglie en Schrödinger eenerzijds en Heisenberg anderzijds zijn er in geslaagd een nieuwe mechanica te ontwerpen, welke èn de oude èn de nieuw ontdekte feiten in één systeem omvatte.

De Broglie en Schrödinger veronderstelden, dat er geen essentieel verschil bestond tusschen een stroom van zich voortbewegende materiedeeltjes en een zich uitbreidende electro-magnetische golf. Zij wilden daarmee aangeven, dat met een stroom van materiedeeltjes een golffunctie en met een electromagnetische golf een stroom van materiedeeltjes verbonden kan worden.

Experimenteel werd deze opvatting bevestigd: het z.g. photo-electrisch effect scheen te wijzen op zekere corpusculaire eigenschappen van het licht, en omgekeerd bleek een stroom electronen (derhalve materiedeeltjes) soortgelijke buigingsverschijnselen als het licht te vertoonen, hetgeen op een golfkarakter wees.

Het aantrekkelijke van de door de Broglie en Schrödinger veronderstelde relatie tusschen corpusculaire en golfverschijnselen treedt duidelijk op den voorgrond, wanneer wij bedenken, dat in de physica der 19e eeuw de electro-magnetische golftheorie slechts een deel der physische verschijnselen vermocht te beschrijven en de atoomtheorie een ander deel, doch zonder dat er eenig onderling verband tusschen beide theorieën scheen te bestaan.

Terwijl de Broglie en Schrödinger bij hun beschouwing uitgingen van het op de klassieke physica gebouwde atoommodel, welks electrobanen zij interpreteerden als energietoestanden van het atoom, koos Heisenberg een geheel anderen weg. Hij trachtte een mechanica te ontwerpen, welke i.p.v. de hypothetische electronenbanen slechts werkte met betrekkingen tusschen door directe waarneming toegankelijke physische grootheden als frequenties en intensiteiten van spectraallijnen [1]). Heisenberg's quantenmechanica bleek echter achteraf identiek met de golfmechanica van de Broglie en Schrödinger.

De resultaten der nieuwe mechanica zijn uitermate fraai, niet alleen wist zij voor de moeilijkheden, waarin de klassieke mechanica was

---

[1]) A. Haas: *Materiewellen und Quantenmechanik*, blz. 65.

blijven steken, een oplossing te geven, doch bovendien is zij erin geslaagd verschillende specifieke eigenschappen der chemische elementen in een algemeen verband te brengen, terwijl de klassieke physica slechts met het constateeren van feiten genoegen moest nemen [1]).

Hoe staat nu de nieuwe mechanica tegenover de oude?

In den gedachtengang der oude mechanica was het *theoretisch* mogelijk op ieder moment van een bewegend materiedeeltje nauwkeurig [2]) plaats en snelheid aan te geven, waaruit even nauwkeurig de baan van een deeltje berekend kon worden, wanneer althans het krachtveld, waarin dit deeltje bewoog, bekend was. Volgens de moderne theorie blijkt het echter principieel onmogelijk èn plaats èn snelheid nauwkeurig vast te stellen. Hoe precieser men een dezer grootheden bepaalt, des te onnauwkeuriger wordt noodzakelijkerwijs de bepaling der andere of zooals De Broglie [3]) het uitdrukt: de *dynamische* toestand en de plaats zijn slechts complementair te bepalen (de z.g. *Unsicherheitsrelation* van Heisenberg—Bohr).

De onmogelijkheid beide, door de klassieke mechanica vereischte, grootheden nauwkeurig te meten, heeft tot gevolg, dat ook het verloop van de beweging van een materiedeeltje niet precies berekend kan worden, echter wel met een zekere waarschijnlijkheid, daar de door de golfmechanica met ieder materiedeeltje verbonden golffunctie de beteekenis krijgt van een waarschijnlijkheidsfunctie, welker voortplanting de mogelijkheden van het verloop der beweging en de daarmee samenhangende waarschijnlijkheden weerspiegelt.

In bijzondere omstandigheden manifesteert de „waarschijnlijkheidsgolf", welke in het algemeen slechts mathematische beteekenis toekomt, zich ook physisch b.v. als een electro-magnetische lichtgolf [4]): een fraai specimen van de wijze waarop de vroeger streng gescheiden gebieden van corpusculair- en golftheorie in de golfmechanica met elkaar in verband gebracht worden.

Trouwens het is een wezenlijk kenmerk van de nieuwe mechanica,

---

[1]) H. A. Kramers: *Grundlagen der Quantentheorie. Einleitung*, blz. 3.

[2]) Slechts de *feitelijke onnauwkeurigheid* van iedere meting stelde een praktische grens.

[3]) L. de Broglie: *La theorie des Quanta*, blz. 65.

[4]) L. de Broglie: *Continu et Discontinu*, blz. 70—71.

dat zij de klassieke niet verwerpt, doch als een grensgeval handhaaft. De klassieke mechanica blijft haar geldigheid behouden, overal waar de principieele onnauwkeurigheid, door de *Unsicherheitsrelation* veroorzaakt, van geen beteekenis is in vergelijking met de proeffout [1]). In physisch opzicht beteekende de nieuwe mechanica dus geen breuk, doch een uitbreiding en bekroning der oude [2]).
Geheel anders staat het daarentegen met het wijsgeerig aspect, hier brak de 20e eeuw op zeer radicale wijze met het verleden, zooals reeds in het voorafgaande duidelijk zal zijn geworden. Een der grondwetten van de wijsgeerige opvattingen der 19e eeuw: de principieele mogelijkheid de toekomst van een physisch systeem te voorspellen, was komen te vervallen, en tegelijk daarmee de mogelijkheid om de eigenschappen van een geheel te kunnen verklaren uit de beweging der deelen.
Dit was juist een der punten, waar de 19e eeuwsche opvatting schipbreuk leed, de eigenschappen van een atoom (het geheel) konden niet verklaard worden uit de beweging der electronen om de kern (de deelen), integendeel de zaak lag juist andersom: de bekende quantenvoorwaarden voor de electronen zijn af te leiden uit bepaalde eigenschappen van het atoom als geheel [3]).
Het is de algemeene tendens van de nieuwe mechanica van het geheel als zoodanig uit te gaan en niet van de deelen afzonderlijk:
„Nach ihr (der neuen Mechanik) genügen rein lokale Beziehungen ebensowenig zu einer Formulierung der Bewegungsgesetze, wie etwa zum Verständnis der Bedeutung eines Gemäldes die microscopische Untersuchung aller seiner einzelnen Teile genügt. Vielmehr gelangt man nur dann zu einer brauchbaren Darstellung der Gesetzmässigkeit, wenn man das physikalische Gebilde als *Ganzes* betrachtet" [4]).

---

[1]) L. de Broglie: *Continu et Discontinu*, blz. 72.
[2]) Ook voor de veranderingen door Einstein's relativiteitstheorie veroorzaakt, geldt hetzelfde. Verg. M. Planck: *Das Weltbild der neuen Physik*, blz. 18 e.v.
[3]) En hiermede schijnt wel een antwoord gegeven te worden op de vraag, of de „elementen" onveranderd in een verbinding treden. (Verg. blz. 179, noot 2). Zij blijken inderdaad „veranderd" te zijn, dat volgt uit het feit, dat de eigenschappen van de samenstellende deelen („elementen") van het geheel („verbinding") afhankelijk zijn. Zie Hoenen: *Phil. der anorg. nat.*, blz. 408 e.v.).
[4]) M. Planck: *Das Weltbild der neuen Physik*, blz. 25.

Het is de moeite waard in het licht der jongste ontwikkeling van de atoomtheorie met de wijsgeerige consequenties daaraan verbonden nog eens de wijsgeerige theorieën van het verleden te beschouwen. Daaraan zij onder meer het laatste hoofdstuk gewijd.

HOOFDSTUK VII

KRITISCHE NABESCHOUWING

De conclusie, welke de studie van het wijsgeerig verleden der atoomtheorie onweerstaanbaar aan ons opdringt, kan geen andere zijn dan deze: de moderne natuurwetenschappelijke theorie is het resultaat van een eeuwenlangen ontwikkelingsgang, en de studie der moderne atoomtheorie zelf doet ons daar onmiddellijk aan toevoegen: een voorloopig resultaat. Want wie, al is het slechts terloops, een leerboek of artikel van een hedendaagsch physicus openslaat, wordt direct getroffen door den uitermate bescheiden toon, iets wat des te meer opvalt, wanneer men deze bescheidenheid vergelijkt met de zelfverzekerdheid van een Descartes of een negentiendeneeuwschen geleerde.

De moderne atoomtheorie is dan ook nog volop in ontwikkeling, iedere physicus heeft het gevoel, dat de toekomst groote verrassingen verborgen kan houden, omdat de huidige stand van zaken zeer onbevredigend genoemd moet worden.

Een van de grootste moeilijkheden, waar de moderne physicus mee te kampen heeft, ligt — zooals bekend — op het terrein der begripsvorming en derhalve in het gebied der wijsbegeerte, daar het hier gaat om zeer algemeene begrippen als: materie, tijd, ruimte, causaliteit e.a. De crisis in de begripsvorming vindt voor een deel haar oorzaak juist in de gegevens der moderne atoomtheorie, het ligt dus eenigszins voor de hand in het wijsgeerig verleden van deze theorie naar mogelijke aanleidingen te zoeken. En deze zijn niet moeilijk te vinden, wanneer wij althans een oogenblik stilstaan bij de verhouding tusschen wijsbegeerte en natuurwetenschap.

De wijsbegeerte heeft tot doel (het is, naar wij hopen, den lezer in de uiteenzettingen van de problemen der Grieksche wijsbegeerte duidelijk geworden): de *algemeene beginselen* te onderzoeken, waar-

door het den mensch mogelijk wordt de hem omringende wereld *in haar geheel* te begrijpen. Dat wil dus niet zeggen, dat de wijsbegeerte van alle afzonderlijke zaken een diepgaande kennis verschaft, doch wel, dat haar begrippen *algemeen* zijn en derhalve het *fundament* vormen voor alle menschelijke kennis op welk gebied dan ook.

De natuurwetenschap daarentegen heeft als speciale wetenschap slechts tot taak de *verschijnselen in de natuur* elk voor zich begrijpelijk te maken door onderlinge verbanden op te sporen en de daaraan ten grondslag liggende wetmatigheden te achterhalen.

Met deze betrekkelijk vage omschrijving is het verschil in doelstelling tusschen wijsbegeerte en natuurwetenschap zeker niet op zijn scherpst tot uitdrukking gebracht, dit laatste is echter niet goed mogelijk zonder daarbij de verschillende wijsgeerige opvattingen dienaangaande naar voren te brengen, iets wat wij liever willen vermijden. Het aangegeven onderscheid krijgt echter nog wel iets meer relief, wanneer wij ons een bepaald concreet voorbeeld voor oogen stellen en wel: de verandering in de stoffelijke wereld.

De Grieksche wijsgeeren hadden zich tot taak gesteld deze veranderlijkheid in haar algemeenheid begrijpelijk te maken. Aristoteles deed zulks, door de veronderstelling, dat alle stof in beginsel veranderlijk is, m.a.w. dat de veranderlijkheid tot de wezenseigenschappen der stof behoort en wel omdat elke stof samengesteld is uit een materieel en een vormgevend princiep. Democritus daarentegen ging er van uit, dat de stof als zoodanig noodzakelijkerwijze onveranderlijk moest zijn. (Het onveranderlijke zijnde van Parmenides!). Om nu toch de klaarblijkelijke verandering begrijpelijk te maken, nam hij zijn toevlucht tot de veronderstelling van onveranderlijke oerbestanddeelen: de atomen, door welker uiterlijke configuratie veranderingen mogelijk werden.

Deze beide theorieën over de mogelijkheid van verandering zijn zuiver wijsgeerige, zij hebben betrekking op de stoffelijke verandering als zoodanig en in haar algemeenheid.

De natuurwetenschap daarentegen beschouwt het juist als haar taak inzicht te verschaffen in de *detail*veranderingen der natuur, welke zij weliswaar in een algemeener verband tracht onder te brengen, doch zij richt zich allereerst tot het bijzondere verschijnsel als zoodanig

om dan geleidelijk, naarmate haar kennis voortschrijdt, tot het meer algemeene over te gaan. De chemie der vorige eeuw b.v. was reeds tevreden de eigenschappen van verbindingen terug te kunnen brengen tot de systematiek van het periodiek systeem, hetwelk zij als een feitelijk gegeven aanvaardde, thans is haar streven erop gericht duidelijk te maken, waarom deze systematiek zóó en zóó *moet* zijn, uitgaande van de eigenschappen van de een atoom samenstellende componenten. Het bijzondere wordt geleidelijk in steeds algemeener verband gebracht.

Om echter inzicht te verschaffen moet de natuurwetenschap noodzakelijkerwijs gebruik maken van algemeene begrippen, welke zij echter niet zelf afleidt, doch in het verleden aan de wijsbegeerte ontleend heeft: de algemeene begrippen zijn na de boedelscheiding van wijsbegeerte en natuurwetenschap als een wijsgeerige erfenis in de natuurwetenschap achter gebleven. Dit wil echter geenszins zeggen, dat de begrippen der natuurwetenschap zonder meer identiek zijn met de begrippen der wijsbegeerte. Het voorbeeld van de veranderlijkheid in de stoffelijke wereld kan ook hier onze bedoeling verduidelijken.

De bespiegelingen van de beide door ons besproken wijsgeeren over de verandering en de mogelijkheid ervan hadden bij alle verschil toch tot dit gemeenschappelijk resultaat geleid, dat elk samengesteld stoffelijk ding in zich zelf een principe van onveranderlijkheid en een principe van veranderlijkheid droeg. Bij Aristoteles vormde de *oerstof* het blijvende element bij elke verandering, bij Democritus waren het de onveranderlijke *atomen*.

Wij zien thans voorloopig van het inderdaad aanwezige wezenlijke verschil tusschen beider opvattingen af — het recht daartoe ontleenen wij aan de geschiedenis der natuurwetenschap, welke dit ook gedaan heeft (Boyle!) — en constateeren dan, dat de natuurwetenschap de wijsgeerige analyse heeft overgenomen, ook zij veronderstelde bij elke verandering iets, wat het hetzelfde bleef, doch tegelijk verengde zij het wijsgeerige begrip. Het „onveranderlijke" werd geïdentificeerd met het begrip massa.

Deze „begripsverenging" is het goed recht van den physicus, immers eerst daardoor wordt hij in staat gesteld de betrekkingen in de stoffenwereld metterdaad te verifieeren. Wanneer er iets onveranderlijks is,

moet dit onveranderlijke ook aantoonbaar zijn en de physicus kiest derhalve een eigenschap waarvan de onveranderlijkheid gedemonstreerd kan worden n.l. de *massa*.

Daar nu in de wetenschap het wijsgeerige atomisme overheerschte, hetwelk de laatste bestanddeelen der stof: de *atomen* tot onveranderlijk verklaarde, kon het bezwaarlijk anders of het begrip *stof* werd geïdentificeerd met het begrip *massa*. Verdwijning van de eigenschap *massa* beteekende voor den physicus vernietiging der *materie*, omdat beide begrippen voor hem identiek waren.

Zoo kon een crisis in de begripsvorming ontstaan, doch het was niet zoozeer het *wijsgeerig* begrip materie, dat ontoereikend bleek, het was de begripsverenging, welke zich wreekte. De fout van veel hedendaagsche filosofeerende physici is, dat zij deze begripsverenging over het hoofd zien en meenen, dat de begripsmoeilijkheden te wijten zijn aan de wijsgeerige begrippen zelf. Dientengevolge gaan zij er toe over, de wijsgeerige begrippen discussiabel te stellen, iets waartoe zij als physicus zeker niet geroepen zijn, zoolang als zij zich nog geen rekenschap gegeven hebben van de begripsverenging, welke in het verleden bewust of onbewust heeft plaats gevonden.

Hiermee willen wij geenszins op voorhand de mogelijkheid uitsluiten, dat de resultaten van de natuurwetenschap aanleiding zouden kunnen geven ook de wijsgeerige begrippen zelf te herzien, doch ook dan is dit nog geenszins de taak van den physicus, het blijft die van den wijsgeer, welke echter tevens physicus zal moeten zijn om de portée der physische resultaten te kunnen vatten.

Wanneer wij ons bepalen tot de begrippen: *materie* en *massa*, dan komt het ons voor, dat de begripsverenging, waarvan boven sprake was, in dit geval niet zoozeer door den physicus begaan is, als wel door den wijsgeer, in de persoon van Democritus.

Immers de latere natuurwetenschap heeft het begrip materie aan het wijsgeerig atomisme ontleend en in den gedachtengang van dit systeem was de materie als zoodanig inderdaad onveranderlijk, dit moest dus ook gelden voor een grondeigenschap der materie, n.l. de massa. Daarom spreekt in het onderhavige geval de begripsverenging duidelijker, wanneer wij het physische begrip materie vergelijken met het Aristotelische. Dit laatste hield in dat de materie als zoodanig veranderlijk was, met dien verstande dat de materia prima, de oer-

stof hetzelfde bleef. Wanneer men nu aanneemt — en Aristotelische natuurfilosofen van de laatste decennieën hebben zulks gedaan —, dat een bepaalde hoeveelheid oerstof altijd dezelfde massa vertoont, dan is ook het gevaar aanwezig het begrip massa met dat van materie te vereenzelvigen, doch het behoeft niet. Het Aristotelische begrip materie valt niet, wanneer de massa als veranderlijk moet aangenomen worden, alleen blijkt de massa geen grondeigenschap der „oerstof" te zijn.

Naar onze meening — geleidelijk gegroeid tijdens de studie van het wijsgeerig verleden der atoomtheorie — moet men het wijsgeerig atomisme in wijsgeerig opzicht beschouwen als een erg simpel systeem, dat in algemeene verklaringsmogelijkheden ver achterstond bij het Aristotelisme of Platonisme, doch dat juist vanwege haar simpelheid de mogelijkheid bood tot de voor de natuurwetenschap gewenschte begripsverenging. Treffend juist en tot onze groote verrassing vonden wij dit inzicht bevestigd bij W. Heisenberg: „So sehr wir also Grund haben, die Fortschritte (der Atomtheorie Demokrits) als Erfolge einer konsequenten Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zu bewunderen, so wenig dürfen wir vergessen, dass mit diesen Erfolgen ein für die ganze Folgezeit schwerwiegender Verzicht notwendig verbunden war: Der Verzicht auf das „unmittelbare" Verständnis der Qualitäten. In unserer Erfahrung sind Qualitäten wie Farbe, Geruch, Geschmack ebenso unmittelbare Gegebenheiten wie Gestalt und Bewegung. Beraubt man die Atome dieser Qualitäten — in dieser Abstraktion liegt eben die Stärke der Atomhypothese — so verzichtet man von vornherein darauf, die Qualitäten der Dinge durch Benützung der Atomvorstellung im eigentlichen Sinne des Wortes zu „verstehen" [1]).

Doch wat het goed recht was van den natuurwetenschapsbeoefenaar in Democritus, mocht de wijsgeer in hem niet: voorgoed afstand doen van de andere aspecten dan de geometrische quantitatieve betrekkingen. De heele strijd rondom het wijsgeerig atomisme is juist daardoor veroorzaakt. Democritus scheen zich de vereenvoudiging, welke hij aanbracht, niet bewust, integendeel hij vereenvoudigde tegelijk de heele wereld tot een simpel spel van onveranderlijke atomen.

---

[1]) W. Heisenberg: *Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft*, blz. 30.

Wanneer wij afzien van den wijsgeerigen kant van Democritus' systeem, dan zijn er ook uit natuurwetenschappelijk oogpunt nog wel eenige opmerkingen te maken.

De physicus ontleent zijn recht om een wijsgeerig begrip te verengen vooral aan de beperktheid van het gebied, waarover zijn onderzoekingen zich uitstrekken. Wordt dit gebied grooter, dan kan het gemakkelijk gebeuren, dat de begripsverenging zich gaat wreken.

Zoo valt het te begrijpen, dat het wijsgeerig atomisme als physische theorie haar grootste succes in later eeuwen zou boeken daar, waar de vereenvoudiging der kleinste deeltjes der stof tot onveranderlijke grootheden, achteraf inderdaad gerechtvaardigd bleek en wel in de kinetische gastheorie, terwijl zij even begrijpelijk moest falen, waar deze vereenvoudiging niet meer gold, n.l. waar de eigen aard der deeltjes niet verwaarloosd mocht worden: de *chemie* en de *atoomphysica*.

In de *chemie* had Boyle de moeilijkheden in de begripsvorming opgevangen door zijn veronderstelling, dat samengestelde corpuscula met eigen aard (structuur) de feitelijke bouwsteenen waren der chemie, waardoor Democritus' onveranderlijk materiebegrip althans in schijn gehandhaafd kon blijven.

Boyle's oplossing was een praktische, vroeg of laat immers zou de natuurwetenschap voor de kwestie komen te staan, hoe de eigen aard der corpuscula uit de hen samenstellende qualiteitslooze onveranderlijke deeltjes verklaard moest worden, en daarmede zou dan weer dezelfde kwestie aan de orde komen, welke Boyle trachtte te ontgaan. Dit is in feite ook gebeurd in de *atoomphysica* en daarbij is gebleken, dat het aan geen verandering onderhevige materiebegrip van Democritus onjuist was. Deze constateering houdt echter nog geen kritiek in: Boyle was natuurwetenschapsbeoefenaar en als zoodanig behoefde hij zich niet te bekommeren om verdere wijsgeerige consequenties, hij gaf alleen een oplossing voor de moeilijkheden, welke op dat moment aan de orde waren, het eenige, wat men zou kunnen opmerken, is, dat den natuurwetenschapsbeoefenaar te allen tijde de beperkte geldigheid van zijn oplossing voor oogen moet staan, en dit was bij Boyle evenmin als bij Democritus het geval.

Een geheel tegenovergestelde fout begingen de peripatetische tegenstanders van Boyle in de 17e eeuw. Zij bleven in navolging van

Aristoteles staan bij het algemeene wijsgeerige inzicht, dat de weg, welke de atomisten insloegen, wijsgeerig niet verantwoord was. Zij begingen de typische fout van den wijsgeer: bij het algemeene blijven staan en geen beteekenis toekennen aan het detailonderzoek met de geëigende methoden der natuurwetenschap, terwijl de atomisten de typische fout van den natuurwetenschapsbeoefenaar maakten: zij schreven hun begrippen en methoden een te algemeene geldigheid toe.

Na het bovenstaande is het niet moeilijk in het kort de werkelijke verdiensten voor de latere natuurwetenschap zoowel van het wijsgeerige atomisme als van de minima-naturalialeer samen te vatten.

Het wijsgeerig atomisme droeg van den aanvang af de kenmerken van een natuurwetenschappelijke theorie, wijsgeerig bezien mocht het eenzijdig zijn, doch deze eenzijdigheid verleende het juist die elementen, welke de natuurwetenschap tot bloei zouden brengen: n.l. de onmiddellijk voor de hand liggende toepassingsmogelijkheden der mathematica.

Dit mocht dan gepaard gaan met een te eng begrip van materie, het heeft succes in later eeuwen niet verhinderd, omdat te juister tijd Boyle de praktische gevolgtrekkingen uit het Aristotelische materiebegrip: specifieke deeltjes voor iedere stof, ermee verbonden heeft. En hiermee is tevens de beteekenis van de minima-naturalialeer aangegeven, zij heeft Boyle tot deze synthese in staat gesteld.

Tot slot nog een tweetal opmerkingen van historischen aard.

De nadere kennismaking met de geschiedenis der atoomtheorie bewijst, hoe geleidelijk eigenlijk haar ontwikkeling geweest is.

Wat Duhem van de *astronomie* en *mechanica*, Dijksterhuis van de theorieën over *val* en *worp* hebben aangetoond, geldt eveneens voor de *atoomtheorie:* Ook de Middeleeuwen hebben een positieve beteekenis gehad voor de ontwikkeling der natuurwetenschap. De herleving van de corpusculairtheorie in het Westen moet gedateerd worden vanaf het moment, dat Aristoteles door bemiddeling van Averroës bekend werd.

„Hoe is het mogelijk, dat de historici de zoo klaarblijkelijke verdiensten der minima-naturalialeer toch zoo over het hoofd gezien hebben", vroegen wij ons reeds eerder af en het is na het voorafgaande niet moeilijk het toen gegeven antwoord te completeeren.

De atoomtheorie der vorige eeuw stond geheel in het teeken van het begrip materie als het principieel onveranderlijke element bij alle stoffelijke veranderingen.
Dit begrip van Democritus had den steun en het gezag van een wijsgeer als Kant gekregen [1]) en scheen daarenboven nog bevestigd door de resultaten der natuurwetenschap.
Kon het anders dan dat de historici der natuurwetenschap alleen acht sloegen op die theorieën, welke in het verleden ertoe hadden bijgedragen het begrip onveranderlijke materie in enge verbondenheid met den corpusculairen gedachtengang te ontwikkelen? Aristoteles en zijn aanhangers schenen daarbij slechts negatieve waarde te hebben, zoodat tweeduizend jaar in de geschiedenis der beschaving voor de natuurwetenschap van geen beteekenis geacht moest worden. De natuurwetenschapsbeoefenaar kan zich — dunkt ons — slechts gelukkig voelen, dat zulks niet waar is. Want wanneer de mogelijkheid bestond, dat een systeem, hetwelk twee duizend jaar het denken der menschen beheerscht heeft, tenslotte volkomen waardeloos zou blijken, welke garantie bezit hij dan, dat ook zijn systeem niet eens hetzelfde lot beschoren zal zijn.

---

[1]) Verg. *Kritik der reinen Vernunft*, Reclam. 2. Aufl., blz. 276 e.v.; B. Bavink: *Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaften*, 6. Aufl. (1940), blz. 208 e.v.

LITTERATUURLIJST

Aalders, W. J. e.a.: Wegen der Wetenschap. Wolters, Groningen-Batavia, 1940.

Aristoteles: Graece ex recensione Immanuelis Bekkeri. Edidit Academia Regia Borussica. Berolini apud Georgium Reimerum, 1831.

Averroës: Quartus Tomus Operum Aristotelis Stagiritae, peripateticorum principiis, qui de physica auscultatione inscribitur, cum antiqua auscultatione nativae tamen restituta integritate.
Averrois Cordubensis, primarii rerum Aristotelicarum commentatoris, in eandem Commentaria, ad summam claritatem redacta...
Venetiis, apud Cominum di Trinido, Montisferrati, 1560. (Univ. Bibl., Groningen).

Averroës: Tomus Quintus operum Aristotelis Stragiritae. ...Venetiis 1560 (Univ. Bibl., Groningen), bevat onder meer: de Coelo et mundo; en: de Generatione et corruptione cum Averrois Cordubensis media expositione.

Baeumker, Cl.: Das Problem der Materie in der griechischen Philosophie. Aschendorffsche Buchhandlung, Münster, 1890.

Basso, Seb.: Philosophiae naturalis adv. Aristotelem libri XII. In quibus abstrusa veterum philosophia restauratur et Aristotelis errores solidis rationibus refelluntur. Amsterodami apud Lud. Elzevirum, 1649. (Univ. Bibl., Leiden).

Bavinck, B.: Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaften. Eine Einführung in die heutige Naturphilosophie. S. Hirzel, Leipzig, ^{6}1940.

Berzelius, J. J.: Lehrbuch der Chemie. Dresden und Leipzig, ^{5}1843.

Berg, I. J. M. v. d.: Introductio in Metaphysicam generalem expositivam seu Ontologiam. Dekker en v. d. Vegt, Utrecht, 1933.

Beysens, J. Th.: Natuurphilosophie of Cosmologie. van Langenhuizen. Amsterdam, 1910.

Boerhave, H.: Elementa Chemiae. 2 vol. Lugduni apud Is. Severinum, 1732.

Boyle, R.: Opera varia. 3 vol. Genevae apud Sam. de Tournes, 1680—1688.
The Works of the Honourable Robert Boyle by Thomas Birch. 5 vol. London, 1744.

Broglie, L. de: Continuité et individualité dans la physique moderne, in: Continu et Discontinu, Cahiers de la nouvelle Journée 15. Bloud et Gay, Paris, 1929.

Broglie, L. de: Réflexions Philosophiques d'un physicien sur la Théorie des Quanta et la Nouvelle Mécanique, in: L'évolution de la physique et la philosophie. F. Alcan, Paris, 1935.

Bruyne, E. de: Inleiding tot de Wijsbegeerte. N.V. Standaardboekhandel, Antwerpen-Brussel, ^{3}1932.

Burlaeus, Gualterius: Super Aristotelis libros de Physica ausculatione lucidissima Commentaria. Venetiis, apud Michaelem Berniam Bononiensem, 1589. (Univ. Bibl., Leiden).

Burnet, John: Early Greek Philosophy. Adam and Charles Black. London, [2]1908.

Cajori, Florian: A History of Physics. The Macmillan Company. New York, [2]1929.

Cardanus, Hieronymus: De Subtilitate Libri XXI. Basileae per Ludovicum Lucium, 1554. (Univ. Bibl., Utrecht).

Cohen, H.: zie Lange, F. A.

Commentaria in Aristotelem graeca, edita consilio et auctoritate Academiae litterarum regiae Borussicae. Berolini, 1882—1907.

Vol. V. 1. Themistius: In Aristotelis Physica Paraphrasis, ed. H. Schenkl.

Vol. IX, X. Simplicus: In Aristotelis Physicorum libros Commentaria, ed. H. Diels.

Vol. XI. Simplicius: In Aristotelis de Anima libros Commentaria, ed. Mich. Hayduck.

Vol. XVI, XVII. Joan. Philoponus: In Aristotelis Physicorum libros Commentaria, ed. H. Vitelli.

Dalton, John: A New System of Chemical Philosophy, Part. I, London, [2]1842.

Descartes, Oeuvres publiées par Charles Adam et Paul Tannery. Leopold Cerf, Paris, 1897—1910.

Debus, H.: Zeitschrift für physikalische Chemie, B. 20, blz. 359, (1896) en B. 24, blz. 325 (1897).

Diels, H.: Die Fragmente der Vorsocratiker. Berlin, [2]1906, [5]1934.

Diogenes Laertius: Leben und Meinungen berühmter Philosophen. Uebersetzt und erläutert von O. Appelt, 2 Bd. Der Philosophischen Bibliothek B. 53 und B. 54. F. Meiner, Leipzig, 1921.

Duhem, P.: Études sur Léonard de Vinci. Ceux qu'il a lus et ceux qui l'ont lu. Première série. A. Hermann, Paris 1906.

Seconde série. Paris, 1909.

Troisième série: Les Précurseurs Parisiens de Galilée. Paris 1913. (Bibl. Berchmanianum, Nijmegen).

Duhem, P.: Le système du Monde. Histoire des Doctrines Cosmologiques de Platon à Copernic. Tome I en II. A. Hermann, Paris 1913—1914.

Dijksterhuis, E. J.: Val en Worp. Een bijdrage tot de geschiedenis der Mechanica van Aristoteles tot Newton. S. Noordhoff, Groningen, 1924.

Dyroff, A.: Democritstudien. Leipzig, 1899.

Einstein, A. en L. Infeld: Drie eeuwen Physica. Van Galilei tot relativiteits- en quantumtheorie. Ned. ver. van M. C. Geerling. N.V. D. B. Centen, Amsterdam, 1938.

Gassendi, P.: Animadversiones in Decimum librum Diogenis Laertii, qui est de Vita, Moribus, Placitisque Epicuri, Lugduni, 1675. (Univ. Bibl., Utrecht).

Gomperz, Th.: Griechische Denker. Eine Geschichte der Antiken Philosophie. 1. Band. Leipzig, 1896, [4]1922.

Gorlaeus, David: Exercitationes Philosophicae quibus universa fere discutitur Philosophia Theoretica et plurima ac. praecipua Peripateticorum dogmata evertuntur. Post mortem auctoris editae cum gemino indice. Lugduni, 1620. (Univ. Bibl., Leiden).

Grimsehl—Tomaschek: Lehrbuch der Physik. Band II. Teil 2. Materie und Aether. Teubner, Leipzig—Berlin, [8]1938.

Haas, A.: Materiewellen und Quantenmechanik. Akad. Verlag, Leipzig, [4] en [5]1934.

Hartmann, Max: Philosophie der Naturwissenschaften. Julius Springer, Berlin, 1937.

Heisenberger, W.: Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft. S. Hirzel, Leipzig, [2]1936.

Heisenberger, W.; E. Schrödinger en P. A. M. Dirac: Die Moderne Atomtheorie. S. Hirzel, Leipzig, 1934.

Hooykaas, R.: Het begrip Element in zijn historisch-wijsgeerige ontwikkeling. Dissertatie, Utrecht, 1933.

Hoenen, P.: Cosmologia. Roma, [2]1936.

Hoenen, P.: De origine formae materialis. Textus veteres et recentiores. Roma, 1932.

Hoenen, P.: Philosophie der anorganische natuur. N.V. Standaardboekhandel. Antwerpen—Brussel, 1938.

Hoenen, P.: De metaphysische beteekenis der natuurwetenschappen. Studiën, 71e jrg., Deel 132, blz. 509. (1939).

Hoenen, P.: De constitutione corporum. De principio fundamentali neo-positivismi. Acta Pont. Academiae Romanae S. Thomae Aquinatis et Religionis Catholicae. Nova Series, Vol. III, 1936.

Jaeger, F. M.: Elementen en Atomen eens en thans. Schetsen uit de ontwikkelingsgeschiedenis der elementenleer en atomistiek. Wolters, Groningen—Den Haag, [2]1920.

Jaeger, F. M.: Historische Studiën. Bijdragen tot de kennis van de geschiedenis der Natuurwetenschappen in de Nederlanden gedurende de 16e en 17e eeuw. J. B. Wolters, Groningen—Den Haag, 1919.

Joachim, Harold H.: Aristotle on coming-to-be and passing-away. A revised text with introduction and commentary. Oxford, 1922.

Kant, I.: Kritik der reinen Vernunft. Reclam. Leipzig, 1924.

Kopp, H.: Geschichte der Chemie. 4. Tl. Braunschweig, 1843—1847.

Kopp, H.: Die Entwickelung der Chemie in der neuern Zeit. München, 1873.

Kramers, H. A.: Die Grundlagen der Quantentheorie. Akad. Verlag. Leipzig, 1938.

Lange, F. A.: Geschichte des Materialismus und Kritik seiner Bedeutung in der Gegenwart, Leipzig, [10]1921.
Biographisches Vorwort und Einleitung mit kritischem Nachtrag in dritter, erweiterter Bearbeitung von H. Cohen.

Lappe, J.: Nicolaus von Autrecourt. Sein Leben, seine Philosophie, seine Schriften. Beiträge zur Geschichte der Philosophie des Mittelalters. Bd. VI. Heft 2. Münster, 1908.

Lasswitz, K.: Geschichte der Atomistik vom Mittelalter bis Newton. 2 B. L. Vos, Leipzig, [2]1926. (Zweite mit der ersten 1889 übereinstimmende Auflage).

Lavoisier: Traité élémentaire de Chimie. 2 vol. Paris, [2]1793.

Lemery: Cours de Chymie. Nouvelle édition par M. Baron. Paris, 1757.

Lippmann, E. O. von: Enstehung und Ausbreitung der Alchemie. Julius Springer, Berlin, 1919.

Löwenheim, L.: Die Wissenschaft Democrits und ihr Einflusz auf die moderne Naturwissenschaft. Beilage zu Heft 4 des Archivs für Geschichte der Philosophie. Band XXVI, Berlin, 1913.

Lorscheid, J., Aristoteles' Einflusz auf die Entwickelung der Chemie, Munster, 1872.

Lucretius Carus, T.: Von der Natur der Dinge. Herausgegeben von Prof. Dr. Otto Guthling. Reclam. Leipzig, [2]1927.

Maritain, J.: Distinguer pour unir ou Les Degrés du Savoir. Desclée de Brouwer et Cie. Paris, [2]1935.

Maurus, Silvester: Aristotelis Opera omnia. Parisiis, 1886.

Mediavilla, Ricardus de: Super quatuor libris sententiarum Petri Lombardi quaestiones subtillissimae. Brixiae, 1591. (Univ. Bibl., Leiden).

Meldrum, A. N.: The Eighteenth Century Revolution in Science — The first Phase. Longmans. Calcutta, 1930.

Metzger, Hélène: Les Doctrines Chimiques en France du début du XVIIe à la fin du XVIIIe siècle. Première partie. Paris, 1923.

Migne, J. P.: Patrologiae Latinae Tomus 90. Parijs, 1862.

Morinus, Jo Bapt.: Dissertatio de atomis et vacuo contra Petri Gassendi Philosophiam Epicuream. Parisiis, 1650.

Newton, Is.: Optics or, a Treatrise of the Reflections, Refractions, Inflections and colours of Light. The sec. edition, with additions, London, 1718.

Niphus, Augustinus: In libros Aristotelis de generatione et corruptione Interpretationes et Commentaria. Venetiis, apud Haeredem Hieron. Scoti, 1577. (Univ. Bibl., Leiden).

Niphus, Augustinus: Expositio super octo Aristotelis Stageritae libros de physico auditu. Cum duplici textus translatione, antiqua videlicet, et nova eius, ad graecorum exemplarium veritatem, ab eodem Augustino, quam fidissime castigatis. Averrois etiam Cordubensis in eosdem libros proemium, ac commentaria, cum ipsius Augustini Suessani refertissima expositione, annotationibus, ac postremis in omnes libros recognitionibus, castigatissima conspiciuntur. Venetiis, apud Hieron. Scotum, 1569. (Univ. Bibl., Leiden).

Nyss, D.: Cosmologie ou Étude philosophique du monde inorganique. Tome I. E. Warny, Louvain, [4]1928.

Ovink, B. J. H.: Overzicht der Grieksche wijsbegeerte. W. J. Thieme, Zutphen, [3]1925.

Pererius Benedictus: De communibus omnium rerum naturalium principiis et affectionibus. Venetiis apud Andream Muschium, 1586.

Philoponus, Joan: Zie Commentaria.

Planck, Max: Das Weltbild der neuen Physik. J. A. Barth. Leipzig, [6]1938.

Planck, Max: Wege zur physikalischen Erkenntnis. S. Hirzel, Leipzig, [2]1934.

Renan, Ernest: Averroès et l'Averroïsme. M. Lévy, Paris, [2]1861.

Rhijn, P. J. van: De continuïteit in den ontwikkelingsgang van het natuuronderzoek. J. B. Wolters, Groningen—Batavia, 1940.

Rolfes, Eugen: Die Philosophie des Aristoteles als Naturerklärung und Weltanschauung. F. Meiner, Leipzig, 1923.

Roscoe, H. E. en A. Harden: A new view of the origin of Daltons atomic theory, a contribution to chemical history. London, 1896.

Roscoe, H. E. en A. Harden: Zeitschrift für Physikalische Chemie, Bd. 22, blz. 241. (1897).

Sassen, F.: Geschiedenis van de wijsbegeerte der Grieken en Romeinen, 1928.

Sassen, F.: Geschiedenis der patristische en middeleeuwsche wijsbegeerte, [2]1932.

Sassen, F.: Geschiedenis van de nieuwere wijsbegeerte tot Kant. N.V. Standaardboekhandel, Antwerpen—Brussel, 1933.

Scaliger, J. C.: Exotericarum exercitationum Liber XV de subtilitate ad Hier. Cardanum. Francofurti, 1607. (Univ. Bibl., Groningen).

Schadée, H.: De Atomenleer en de Eleaten. Hermeneus 12e jrg., blz. 66 (1939).

Sennert, Dan.: Opera Omnia. Parisiis apud Societatem. 1641. (Univ. Bibl., Utrecht).

Simplicius: Zie Commentaria.

Soto, Dom.: Super octo libros Physicorum Aristotelis praeclarissima commentaria. Venetiis apud Fransc. Zillettum, 1582. (Univ. Bibl., Leiden).

Soto, Dom.: In octo libros Physicorum Aristotelis quaestiones. Duaci. Ex typographia P. Borremans, 1613. (Univ. Bibl., Utrecht).

Speter, M.: Lavoisier und seine Vorläufer. Enke, Stuttgart, 1910.

Teichmann, H.: Einführung in die Quantenphysik. Teubner, Berlin, 1935.

Themistius: Zie Commentaria.

Thomas Aquinas: Opera Omnia uissu impensaque Leonis XIII. P. M. edita Tomus II. Commentaria in octo libros Physicorum Aristotelis. Tomus III. Commentaria in libros Aristotelis de caelo et mundo, de generatione et corruptione et meteorologicorum. Romae ex typographia polyglotta, 1936.

Thomas Aquinas: Summa Theologica. Diligenter emendata de Rubeis, Billuart et aliorum notis selectis ornata. Marietti, Taurini, 1937.

Thomas Aquinas: In Metaphysicam Aristotelis commentaria, cura et studio P. Fr. M.—R. Cathala. Marietti, Taurini, [3]1935.

Toletus, D. F., Commentaria una cum quaestionibus, in octo libros Aristotelis de physica auscultatione. Item, in lib. Arist. de generatione et corruptione. Coloniae Agrippinae, apud haeredos A. Birckmann, 1579. (Univ. Bibl., Groningen).

Ueberweg—Prachter: Friedrich Ueberwegs Grundriss der Geschichte der Philosophie. 1. Teil. Die Philosophie des Altertums. Berlin, [12]1926.

Ueberweg—Baumgartner: Friedrich Ueberwegs Grundriss der Geschichte der Philosophie. 2. Teil. Die Patristische und Scholastische Philosophie. Berlin, [11]1928.

Ueberweg—Frischeisen-Köhler, Moog: Friedrich Ueberwegs Grundriss der Geschichte der Philosophie. 3. Teil. Die Philosophie der Neuzeit bis zum Ende des 18. Jahrhunderts. Berlin, [12]1924.

Whewell, W.: History of the Inductive Sciences. 3 vol. J. W. Parker, London, [2]1847.

Wulf, M. de: Histoire de la Philosophie Médiévale. 2. vol. Leuven, [5]1924.

Zeller, Eduard: Die Philosophie der Griechen in ihrer geschichtlichen Entwicklung. B. Reisland, Leipzig, [6]1919.

198

200

STELLINGEN

I

De gegevens door Dimroth en Jonsson bij de afbraak van vitamine D_2 verkregen, vormen een nieuw argument voor de trans-configuratie aan de ringen C en D bij de normale sterinen.

K. Dimroth en *H. Jonsson*, Ber. **74**, 520 (1941).

II

De titaangeelreactie op magnesium van Kolthoff is minder geschikt voor het gebruik in de gewone qualitatieve anorganische analyse.

III

Het is geenszins bewezen, dat bij repeptisatiesolen het solconcentratie-effect niet voorkomt.

H. de Bruijn, dissertatie 1938.
M. A. M. Klompé, dissertatie 1941.

IV

Terwijl andere geschikte methoden ontbreken is de röntgenanalyse in staat in sommige gevallen eenige gegevens te verschaffen aangaande de gemiddelde grootte der kristallieten in een kristalpoeder of metaaldraad.

V

Ten einde het algemeen-vormend karakter van het gymnasiaal onderwijs goed tot zijn recht te doen komen is het van de grootste waarde, dat de leeraren in de z.g. exacte vakken op de hoogte zijn van de natuurfilosofische theorieën der oudheid.

A. G. M. VAN MELSEN

VI

Wanneer er gegronde redenen mochten zijn voor den chemisch doctorandus een titel in te voeren, mag de keuze niet op den magistertitel vallen.

Chem. Weekblad **38**, 255 (1941).
Chem. Weekblad **38**, 281 (1941).

VII

Het is niet juist D. Sennert tot de wijsgeerige atomisten te rekenen.

Deze dissertatie, blz. 105 e.v.

VIII

Bij de discussie van de kwestie, wat het kenmerkend onderscheid vormt tusschen doode en levende stof — welke kwestie actueel geworden is door het feit, dat men het mozaïekvirus in gekristalliseerden vorm verkregen heeft — moet men immer indachtig zijn, dat dit onderscheid vóór alles een wijsgeerig probleem is.