

De Chemie op de grens van middeleeuwen en nieuwe tijd^{*)}

door J. van Alphen

54,,145-155''

In de vorm van een voordracht wordt een overzicht gegeven van de veranderingen, die plaats grijpen in de chemische opvattingen in het tijdvak omstreeks 1450—1550, het tijdperk der renaissance.

Echter wordt niet alleen *Paracelsus* besproken, die op deze veranderingen grote invloed had, maar ook enige minder op de voorgrond tredende figuren als *Libavius*, *Biringuccio* en *Agricola*, die echter voor de ontwikkeling van de practische chemie van grote betekenis zijn geweest.

Het is altijd moeilijk de grenzen der tijdvakken in de geschiedenis der mensheid aan te geven en zo neemt men voor de middeleeuwen wel aan dat deze van ongeveer 800 tot 1450—1500 duurden. Het eindpunt van dit tijdperk is niet scherp gedefinieerd, al vindt men hiervoor wel vermeld het jaar 1453, het jaar waarin de verovering van Constantinopel door de Turken valt.

Zeker is echter, dat omstreeks 1450 in Europa een omwenteling in het geestesleven begint, een omwenteling, waarvan de voorboden al eerder merkbaar zijn en die op ieder gebied haar sporen achterlaat. In de kunst ontdekt men opnieuw het menselijk lichaam en spreekt men van renaissance; in de letteren herleeft de belangstelling voor de Griekse en Romeinse literatuur en spreekt men van humanisme, maar ook in de natuurwetenschappen is een omwenteling merkbaar.

De wereld wordt wijder, doordat in 1492 *Columbus* Amerika ontdekt, al is het hem niet gegeven zijn naam aan dit nieuwe werelddeel te verbinden en zij wordt beter bekend doordat *Vasco da Gama* in 1498 langs de zeeweg Indië bereikt. Maar tegelijk vindt deze zelfde wereld haar grenzen in de omzeiling der aarde door *Magelhaes* in 1519—1522. Daarnaast wordt diezelfde aarde door *Copernicus* van de dominerende plaats in het heelal verdrongen, die haar sedert *Ptolemaeus* toekwam en zij wordt gedegradeerd tot een van de minsten onder velen.

Maar als de woonplaats van de mens niet meer de centrale plaats in het heelal is, dan laat zich de beangstigende vraag niet meer geheel onderdrukken of de mens zelve nog wel als de centrale figuur in het al is te beschouwen om en voor wie zich uitsluitend het hemelgebeuren afspeelt. Is dit aardse leven niet enkel meer een voorbereiding voor het hiernamaals, dan is dit aardse leven ook waard geleefd te worden en vergeleken met het ideaal der versterving der middeleeuwen is de renaissance een tijdperk waarin de lust der zinnen haar triomphen viert.

Daalt dus de mens in betekenis, nog meer geldt dit voor de hoofden van kerk en van staat. Voor de vorsten der kerk heeft dit tot gevolg reformatie, zij het gevolgd door de contrareformatie, die haar werking ten dele opheft.

Het hoofd der staat verliest zijn sacraal karakter echter volkomen door de afzwering van Philips de Tweede door de Staten-Generaal der Nederlanden in 1581, een in de daad omgezette gedachte, dat de vorst niets meer is dan een ambtenaar, die ontslagen kan worden.

Zelfs het menselijk lichaam, eens als tempel Gods onschendbaar geacht, wordt een onderwerp van onderzoek. *Vesalius* waagt het haar te ontleden en op grond van zijn resultaten de opvattingen van *Aristoteles*, *Hippocrates* en *Galenus* en daarmee het autoriteitsgeloof in de wetenschap te bestrijden.

Bij dit al is de invloed van de boekdrukkunst, die nu tot volle ontwikkeling komt, nauwelijks te overschatten. Zij zorgt namelijk, dat de nieuwe revolutionaire gedachten spoedig in brede kring bekend worden en dat deze niet meer te onderdrukken zijn.

En nu komt de vraag: had deze omwenteling in het geestesleven ook invloed op de chemie, waarop dan het antwoord moet luiden: *neen* en *ja*. Neen, want hoewel de titel van deze voordracht luidt: de chemie op de grens van middeleeuwen en nieuwe tijd, bestond er eigenlijk geen wetenschap, die volkomen gelijkwaardig is met wat wij tegenwoordig onder chemie verstaan en de chemie zelve zou pas in de achttiende eeuw geboren worden. Aan de andere zijde kan ook het antwoord luiden: ja, want er was een wetenschap, die als de grootmoeder van de chemie is te beschouwen, namelijk de alchemie en het is in deze tijd, dat zij om in de beeldspraak te blijven, met smart het kind voortbrengt, dat de moeder van de chemie zal worden, de iatrochemie. Het is deze partus, die ik U wil schetsen. Daarnaast echter moet er op gewezen worden, dat verschillende onderdelen van de chemie toen ter tijde een eigen bestaan voerden, in het bijzonder de metallurgie en de technische chemie. Zij maken een wel stormachtig te noemen ontwikkeling door en ik zal hen dus noemen, maar een revolutie is het niet.

Laat ons dus beginnen met de alchemie iets nader te beschouwen. Men kent deze spagyrische of hermetische kunst nu als een trachten om goud te maken en men schudt meewarig het hoofd over de dwazen, die hun geld, tijd en gezondheid aan een najagen van een hersenschim opofferden. Toch is zij wetenschap geweest, gegrond op diepe gedachten en gesteund door overtuigende experimenten. Omstreeks de vijfde eeuw na Christus is zij ontstaan, waarschijnlijk in de schaduw van de beroemde hogeschool van Alexandrië.

*) Voordracht gehouden voor de Rotterdamse Chemische Kring op 8 Dec. 1952.

Na de verovering van deze stad hadden de Arabieren kennis met haar gemaakt en veelal wordt aangenomen dat zij via het door de Arabieren veroverde Spanje naar Europa is gekomen, daar vele West-Europeanen niettegenstaande het verschil in geloof toch aan de beroemde Arabische hogescholen van Cordova en Salamanca studeerden. Ook is het mogelijk, dat de weg via Sicilië en Zuid-Italië liep. Deze streken bleven eeuwen lang met het Byzantijnse rijk verbonden. De Griekse taal bleef dus bekend en zo werden omstreeks 1150 op Sicilië alchemistische geschriften direct uit het Grieks vertaald en niet via het Arabisch.

Daarnaast had echter de Hohenstauf *Frederik II* (1194—1250) aan zijn hof op Sicilië ook Arabische geleerden verbonden. Voor haar theoretische opvattingen putte de alchemie uit de geschriften der Griekse auteurs. Volgens *Aristoteles* waren de metalen mengsels der vier elementen, aarde, water, lucht en vuur, die als dragers van eigenschappen waren te beschouwen en door wijziging van deze samenstelling moest het dus mogelijk zijn de metalen in elkander om te zetten. En als men nu met de Stoïcijnen aannam, dat de eigenschappen stoffelijke natuur hadden, dan zag men, dat lood bijna goud was. Alleen, lood liet in het vuur aarde achter, namelijk het loodoxyde, dat er in het vuur uit ontstaat. Kon men dus het aardachtige van het lood scheiden, dan zou men het volmaakte metaal, het volkomen vuurvaste goud verkregen hebben. Ook kwikzilver was bijna goud, daar het zeer goed tegen het vuur bestand is. Alleen, het is niet vast en dus was de kunst het kwikzilver vast te maken of zoals men zeide, te fixeren.

Dit alles vormde de grondslag der alchemistische theorieën. Door vergelijking met het rijpen van fruit en met het gisten van deeg ontstond de opvatting, dat er een katalysator moest zijn, die deze reacties kon versnellen en die dus in aanraking met onedele metalen gebracht, deze in edele metalen kon veranderen. Vele namen had deze katalysator, zoals steen der wijzen, het grote elixer, het grote magisterium, de rode tinctuur of de medicijn van de derde orde. Het nauw omschreven doel van de alchemie was nu deze steen der wijzen te bereiden en zij die daar in geslaagd waren, werden adepten genaamd.

Beroemde adepten, mythische personen, waren *Hermes trismegistos*, aan wien de naam hermetische sluiting herinnert en *Maria de Jodin*, die het balneum Mariae, het waterbad of bain-Marie uit de culinaire wetenschap uitvond. Beroemde kerkleraren werden er toe gerekend, als *Albert van Bollstaedt*, genaamd *Albertus Magnus*, als bisschop van Regensburg in 1280 te Keulen overleden en zijn niet minder beroemde leerling *Thomas van Aquino*. Maar zoals zo dikwerf in de alchemie, de hun toegeschreven werken zijn zeker onecht, al hebben zij zelf de alchemie als mogelijk erkend.

Maar de beroemdste adepten uit de middeleeuwen zijn *Arnaldus Villanovanus* en *Raymundus Lullus* geweest, van wien de laatste vooral beschouwd werd als de man, die door het bezit van de steen der wijzen tot onmetelijke rijkdom was gekomen. „Mare tingerem, si mercurius esset,” ik zou de zee transmuteren, indien zij van kwikzilver ware, roept hij dan ook uit.

Terwijl de echte, of de hen toegeschreven geschriften van de meeste alchemisten voor ons nauwelijks of niet begrijpbaar zijn, is er een alchemist, wiens werk een gewone chemicus ook nu nog begrijpen kan. Dit

werk is het boek *Summa perfectionis magisterii van Geber*, dat waarschijnlijk uit het begin van de veertiende eeuw stamt. Als men nu vraagt, wie deze *Geber* was, stuit men al direct op een grote moeilijkheid. Jaren lang heeft men hem vereenzelvigd met de Arabische alchemist *Dschabir*, die omstreeks 800 leefde, maar de meeste geleerden zijn het er wel over eens, dat *Summa perfectionis* niet uit het Arabisch is vertaald. Men weet dus niet of een zekere *Geber* heeft bestaan of dat het eenvoudig een schuilnaam is.

Chemisch is merkwaardig de rijkdom aan feiten, die uit dit werk blijkt. De chemische bewerkingen, als verdampen, koken, destilleren, sublimeren, filtreren en kristalliseren worden duidelijk door hem beschreven, ook het verkalken van metalen in het vuur en het feit, dat men dit verkalken door het toevoegen van vloeimiddelen kan verhinderen.

De metalen worden nauwkeurig gekarakteriseerd. Zo zegt hij bijv. van Saturnus of het lood: Het lood is een metaalachtig lichaam met een blauwachtige kleur, het is zwaar en zonder klank. Het is week en bij geringe kracht naar alle richtingen rekbaar en zonder aanwending van grote hitte gemakkelijk smeltbaar. Brengt men het met azijdampen in aanraking, zo ontstaat loodwit.

Verder kent *Geber* de oxyden van ijzer en van koper en ook het rode kwikoxyde; hij kan amalgamen maken en hij weet, dat koper met galmei (zinkcarbonaat) goudgeel wordt en bij verhitting met arseen wit. Van zwavel kent hij de oplossing in loog en weet hij dat deze met azijn een zwavelmelk geeft. Verder kan zwavel zich met metalen verbinden, die hierdoor zwaarder worden.

Potas of kaliumcarbonaat verkrijgt hij door verbranden van wijnsteen en soda uit de as van zeeplanten. Hij maakt deze caustisch met gebrande kalk.

Zwavelzuur wint hij door destillatie van aluin en salpeterzuur door destillatie van salpeter met vitriool. Door oplossen van salmiak in salpeterzuur ontstaat het koningswater, dat goud, de koning der metalen, oplost. Ook de zouten sublimaat en zilvernitraat zijn hem bekend.

Natuurlijk is hij, wat betreft de bereiding van de steen der wijzen, door hem de medicijn van de derde orde genoemd, even geheimzinnig als al zijn confrères, maar: „dat wij onze leer slechts bedekt hebben voorgedragen, moet den jongere der wetenschap niet verwonderen. Want niet voor hem hebben wij de leer verborgen, maar voor de dwazen.”

Een belangrijk alchemist, die echter al volkomen in de tijd valt, die ik wil bespreken, is *Basilius Valentinus*, wiens beroemdste boek „Triumph-Wagen Antimonii Fratris Basilij Valentini” in 1604 door de zoutzieder *Johann Thölde* te Leipzig werd uitgegeven. In het bijzonder het element antimoon wordt hierin beschreven op een wijze, die volgens *Fierz-David* (Die Entwicklungsgeschichte der Chemie p. 110) in ieder modern leerboek der chemie op zijn plaats zou zijn. Met nauwkeurige opgave der gewichtsverhoudingen wordt aangegeven hoe men antimoon kan bereiden door verhitting van grauw spiesglanserts (Sb_2S_3) met ijzer en potas en hoe men het zuiveren kan door smelten met potas. Verder wordt aangegeven de bereiding van antimoonboter (antimoontrichloride), van braakwijnsteen evenals de werking daarvan en van andere antimoonpraeparaten.

Ook wordt vermeld, dat antimoon de varkens vet maakt.

Hier knoopt waarschijnlijk de legende aan, klaarblijkelijk van Franse oorsprong, dat toen broeder Valentinus zag, dat de varkens, die op de kloosterbinnenplaats de residues van zijn experimenten opaten, hiervan vet en welgedaan werden, hij zijn praeparaten ook eens door de pap van zijn medebroeders kloosterlingen gemengd had om bij hen hetzelfde welvarende uiterlijk te bereiken. Deze collega's gingen er echter prompt dood van en Basilius kwam tot de conclusie, dat de praeparaten, hoe zij zich ook tegenover de varkens gedroegen, in elk geval „anti-moine" waren. Vandaar de naam! *Si non e vero, e bon trovato*, geldt hier zeker, want als er één feit is, waar moderne vorsers in de geschiedenis der chemie het over eens zijn, dan is het wel, dat een benedictijner monnik van de naam Basilius Valentinus nooit bestaan heeft. Maar wie dan wel de schrijver van deze geschriften geweest is, daarover is men het dan weer volkomen oneens.

Maar zult gij na deze uiteenzettingen zeggen: Alchemie was dus afgezien van het feit, dat men goud zocht te maken, toch als echte chemie te beschouwen. Het antwoord hierop luidt echter: neen. Om dit duidelijk te maken, wil ik de woorden van *Sherwood Taylor* (*Nature* 1952, 170, 12) vrij vertaald aanhalen:

Het verschil tussen alchemie en chemie zit hem in het doel. Alchemie was een praktische kunst, die tot doel had goud uit minderwaardig materiaal te maken of in de vorm van een mees-terwerk een geschapen ding naar zijn eigen natuur te volmaken.

Chemie is een wetenschap gericht op de bestudering van de natuur en van alle soorten van materie.

Het eerste is een werk, dat gedaan moet worden, het tweede een begrip, dat verworven moet worden.

Alchemie zag terug. Er waren grote mannen in het verleden geweest, die het werk gedaan hadden, die het geheim gekend hadden en in hun boeken verborgen. De taak van de alchemist was nu door te dringen in deze geheimnisvolle bewaarplaatsen der wetenschap, een taak, die veeleer nadenken dan handeling vroeg.

De chemie daarentegen ziet vooruit, al eert zij de mannen van het verleden; zij echter zoekt wetenschap, nog niet bewust in de geest van de mensheid, door de hulpmiddelen van de redenering en van het experiment.

Alchemie was een werk der eenzaamheid, dat gedaan en voltooid moest worden door een persoon alleen, uitsluitend om de wille van dit werk zelve. Was het werk voltooid, dan zou het laboratorium met zijn hulpmiddelen gesloten worden en de alchemist zou een leven leiden op een hoger plan, al wordt dit ook geestelijk rijkere leven niet of nauwelijks omschreven.

Chemie daarentegen is het gezamenlijke werk van honderden en duizenden, die met elkander de wetenschap delen die zij verwerven. Dit werk eindigt nimmer, want ieder onderzoekt, dat afgesloten wordt, opent tegelijk de poort naar vele nieuwe wegen van onderzoek.

De idee zelve van chemie was onbekend tot in het begin der zestiende eeuw.

Er was een theorie over de samenstelling der materie, er was de alchemie, er was een verscheidenheid van praktische kunsten, die wij tegenwoordig zeker tot het gebied van de chemie rekenen, maar dat deze als nauw verwant moesten beschouwd worden, omdat zij alle betrekking hadden op de verandering van materie, was de grondgedachte van *Paracelsus*, die hen te samen trachtte te voegen onder de naam van alchemie.

Libavius gebruikte de naam alchemie nog als titel voor wat men met recht het eerste algemene leerboek der chemie kan noemen. Zo behield gedurende de gehele zeventiende eeuw alchemie de betekenis van de kunst der goudmakers, maar daarnaast nu ook van die wetenschap, welke wij tegenwoordig kennen als chemie.

In dit lange citaat, dat echter mijns inziens de situatie bijzonder scherp omschrijft, ontmoet U tegen het einde de naam van *Paracelsus*. In een enkel woord is zijn plaats in de geschiedenis der chemie reeds om-

schreven, een plaats die echter zo belangrijk is, dat een groot deel van deze voordracht aan hem gewijd moet worden.

Eerst iets over zijn leven.

Philippus Aureolus Theophrastus Paracelsus Bombastus von Hohenheim (de twee eerste voornamen zijn waarschijnlijk onhistorisch en Paracelsus is een latinisering van von Hohenheim) wordt omstreeks 10 November 1493 te Einsiedeln in Zwitserland geboren. Hij studeert aan de universiteit te Bazel (of hij recht had op de doctorstitel, werd door zijn vijanden bestreden, daar hij zelfs geen latijn kende) en trekt door vele landen, volgens eigen zeggen door Hongarije, Polen, Pruisen, Portugal en zelfs door Egypte en het Tartarenland. Na zijn terugkeer in Duitsland verwerft hij door enige geslaagde wonderkuren een zo grote naam als arts, dat de raad van Bazel dan ook niet wijfelt om hem in 1525 een professoraat aan de universiteit in die stad aan te bieden. Maar als een rijke domheer na geslaagde genezing hem het beloofde honorarium niet uitkeert, beroept Paracelsus zich op de stadsraad, die echter naar het officieel vastgestelde tarief verwijst. Paracelsus barst dan in een dergelijke stortvloed van verwensingen tegen de raad uit, dat hij, mede op raad van vrienden, het geraden acht om reeds in 1527 de stad te verlaten. Hij zwerft dan in vele landen als Oostenrijk en Beieren rond om eindelijk 24 September 1541 in de ouderdom van 48 jaar in benarde omstandigheden in Salzburg te overlijden. Zijn faam als wonderdoener en groot arts bleef bij het eenvoudige volk voortleven en zijn graf werd een bedevaartsoord in tijden van epidemie en pestilentie.

Zijn levenswerk kan men alleen begrijpen, als men iets weet over de toenmalige stand van de medische wetenschap. De geldende theorie was nog steeds die van *Hippocrates van Kos*, (450—380 v. Chr.) die aangenomen had, dat in het menselijk lichaam vier sappen, bloed, slijm, gele gal en zwarte gal, aanwezig waren, van wier juiste menging de gezondheid afhing. Overheerste een van deze sappen, dan trad een van de vier temperamenten, sanguinisch (bloed), phlegmatisch (slijm), choleric (gele gal) en melancholisch (zwarte gal) op de voorgrond. Het is merkwaardig, hoe reminiscenties aan deze theorie nog in het volk leven. Ook nu spreken wij nog van een volbloedig, een slijmig, gallig of zwartgallig persoon.

Claudius Galenus, geboren in 121 n. Chr. te Pergamos in Klein Azië, had een analoge theorie ontwikkeld, volgens welke een verkeerde menging van de vier elementen van Aristoteles (lucht, aarde, water en vuur) de ziekte veroorzaakt. Daar deze elementen de dragers zijn van de eigenschappen warm en vochtig, droog en koud, koud en vochtig en droog en warm, werd door de onjuiste menging het lichaam te sterk verhit, afgekoeld, bevochtigd of uitgedroogd en deze verschijnselen moesten nu bestreden worden door het gebruik van geschikte geneesmiddelen, welke Galenus bijna uitsluitend ontleende aan het planten- of dierenrijk.

Deze galenische geneesmiddelen waren dikwijls zeer samengesteld en bevatten talrijke componenten. Gesteund werden deze theorieën door de autoriteit van *Avicenna*, een Arabische arts uit het jaar 1000, wiens *Canon medicinae* het handboek der geneeskunde was.

En deze autoriteiten werden nu door *Paracelsus*

allerheftigst bestreden. Hij verbrandde de werken van Galenus en van Avicenna voor de ogen van zijn verbaasde studenten, hen tegelijk verzekerd, dat in zijn schoenriemen meer wijsheid stak dan in al deze geschriften te samen. Zijn eigen werken, meestal door hem aan zijn leerlingen gedictieerd, zijn zo verward en vol van tegenspraak, dat volgens *Kopp* diegenen niet tegengesproken kunnen worden, die beweren, dat hij slechts dan zich geroepen voelde zijn leerlingen te dicteren, als hij volkomen dronken was. Maar in moeilijke arbeid heeft men getracht deze geschriften te begrijpen en dan blijken zij toch belangrijke gedachten te bevatten, die zijn grote faam volkomen rechtvaardigen.

Het levende wezen met zijn organisme, met voeding en groei, met gezondheid en ziekte, is een deel van het wereldgeheel, dat met kracht en stof in hem aanwezig is en werkt.

En dit werk in het organisme is voor *Paracelsus* de alchemist, die goed en slecht scheidt in het opgenomen voedsel.

Een dier, dat genoodzaakt is veel slechter voedsel tot zich te nemen dan een mens, moet dus eigenlijk de beschikking hebben over een betere alchemist!

Werkt, zoals *Paracelsus* in zijn werk *Paramirum* zegt, deze alchemist niet op de juiste wijze, zodat de scheiding van goede en slechte stoffen niet voldoende is, dan wordt het lichaam ziek. Deze onvoldoende werking van de alchemist kan men nu ondersteunen door toediening van geneesmiddelen. De winning van deze geneesmiddelen, vooral van de voornaamste, de arcana, is een belangrijk vraagstuk. *Hohenheims* gedachtengang, zoals die uit het werk *Paramirum* blijkt, is ongeveer de volgende: Zoals de alchemist in het organisme het goede van het slechte scheidt, de fijne sappen wint en het lichaam opbouwt, zo moeten ook de arcana gewonnen worden door chemische bewerking van het uitgangsmateriaal, dat van minerale, plantaardige of dierlijke oorsprong is. En zoals het voedsel in maag en darm volledig verteerd en ontleed wordt om in lichaamssubstantie omgezet te worden, zo moet ook het uitgangproduct voor de arcana volledig ontleed worden.

Was nicht in die Neugeburt geht, das ist dem Arzt nicht unterworfen. All seine Arbeit soll sein, dasz sie (de uitgangproducten) in die Neugeburt gehen.

Daarom moet de geneesheer de alchemie kennen, want zij is de grondslag voor de bereiding der arcana. Alchemie is voor *Hohenheim* echter niet alleen de ontleding, de regelrechte „schei”kunde, maar ook de opbouw, de synthese, de veredeling der grondstoffen en zo is dan ook voor hem een bakker die brood bakt en een wijngaardenier, die wijn maakt, een alchemist.

De bereiding der geneesmiddelen behandelt *Hohenheim* in het werk *Archidoxa*, dat ongeveer een jaar na *Paramirum* omstreeks 1525 ontstaan moet zijn. In het eerste boek hiervan, de *Prologo* en *Microcosmo* wijst hij er op, dat de *Mysterie Naturae*, de macht en kracht Gods in de dingen der natuur verborgen zijn, maar niet tot ontplooiing komen zoals het vuur zich niet openbaart in hout, dat nat is en daarom niet goed branden wil. En dus: de werkzame, vooral de als geneesmiddel werkzame en daarom voor de mens meest belangrijke gedeelten der verschillende stoffen, moeten van de onzuivere, onnutte ballast bevrijd worden. Zij moeten er dus uitgepraepareerd en daarmee tot uitoefening hunner werkzaamheid gebracht worden. Dat dit lijnrecht tegengesteld was aan de opvattingen

der officiële geneeskunst moge inter alinea even blijken uit een korte bespreking van een van ouds beroemd geneesmiddel, of eigenlijk tegengift, de theriak. Dit was uitgevonden door *Mithridates Eupator*, koning van Pontus (138—63 v. Chr.), die bevreesd voor vergiftiging door vijanden, dit *Antidotum Mithridaticum* had uitgevonden en geregeld gebruikt met een dusdanig succes, dat toen hij na door *Pompeius* in 63 verslagen te zijn, zich trachtte te vergiftigen, dit niet gelukte. Het oorspronkelijke middel bestond uit 54 verschillende bestanddelen, die merendeel in een grote vijzel met een houten stamper werden fijngestampd en daarna door middel van honing en wijn innig gemengd werden. Vervolgens werd het in een gesloten glazen of zilveren pot gebracht om daarin te gisten. Pas na zes maanden werd het als rijp beschouwd; het ontwikkelde zijn grootste kracht echter eerst na zes of zeven jaar, maar bleef zestig jaar bruikbaar.

Keizer *Nero*, die genoeg vijanden had om ook belangstelling voor een krachtig tegengift te hebben, liet het middel verbeteren, zodat de theriak nu uit 74 bestanddelen bestond, waaronder een flinke dosis opium, ook gentiaan en duizendguldenkruid, kaneel en gember, anijs en als meest geroemde bestanddeel de trochisci de viperis, de koekjes uit slangenvlees en meel.

Dit middel behield jaren, neen eeuwen lang, zijn faam en nog in de Neurenbergse apothekersordonnantie van 1555 is voorgeschreven, dat teneinde bedrog en vervalsing te voorkomen, een apotheker, die theriak wenst te bereiden, de simplicia, heel en gaaf ongeveer vijf dagen lang op een grote tafel uit moet stallen, voordat hij er toe over gaat ze in de vijzel fijn te stoten. En in 1667 werd in Den Haag *Dr. Hovius* benoemd tot intendant over de dispensacy van de theriak, dit voor een bezoldiging van vijftig gulden 's jaars.

Tegen dergelijke ingewikkelde mengsels als toen gebruikelijk waren, verzet zich dus von *Hohenheim* en hij tracht te komen tot de eigenlijke werkzame bestanddelen der stoffen, die hij *Quinta Essentia* noemt. In de practijk des dagelijkschen levens past hij bijv. bij de wondheilkunde, echter ook samengestelde recepten toe.

Paracelsus geeft diepzinnige beschouwingen over de verhouding van het geneesmiddel tot het zieke lichaam, waarbij hij tot de conclusie komt, dat het geneesmiddel een aantrekkingskracht op al het levende uitoefent. De organen zijn namelijk slechts de kelders en kasten, waarin de gewaarwordingen geboren worden, want de natuur van de mens is van tweevoudige aard of zoals hij zegt: „und wird ein jedlicher Mensch aus zweyen gesetzt, auss Corpore Materiae und ex Corpore Spirituali”. Een arcanum moet dus wel een materieel praeparaat zijn, maar de werkzaamheid berust op eigenschappen van een hogere aard, verkregen door de praeparering. Deze geneesmiddelen zijn opgebouwd uit de vier elementen van *Aristoteles*, waar *Paracelsus* dus aan vast houdt. Alle vier zijn steeds aanwezig, maar een treedt er op de voorgrond en geeft het product zijn eigenschappen. Niet als zodanig is het element aanwezig, maar als een samenstel van eigenschappen, zodat als een plant als de brandnetel heet is; „Nicht dasz ziegbar sey in Actu, Elementum Ignis, als ein Feuer, sondern als ein Complexen, heisz und trocken, wie Feuer.”

En deze complexen moest dus in de Quinta essentia aanwezig zijn, die daarmee de samenvatting is van de eigenlijke natuur van de stof en van alles wat in de stof werkzaam en geneeskrachtig is. Deze quinta essentia tracht *Paracelsus* bijv. te winnen uit de muskusbuidel van de muskusos door de inhoud hiervan met amandelolie te vermengen en aan de zon te laten digeren, de olie met alcohol te vermengen en dan in een asbad te destilleren, waarbij de quinta essentia met de alcohol overging en de olie terugbleef. Destilleerde men daarna de overgegangene alcohol in een waterbad zo bleef de quinta essentia achter, een methode dus om het sterk riekende bestanddeel te winnen. Als hij echter de quinta essentia uit metalen en mineralen tracht te winnen, herinneren zijn recepten zeer sterk aan die der oude alchemisten en men krijgt de indruk, dat hij in onzuivere vorm goudchloride, ijzerchloride, tinchloride enz. in handen heeft gehad.

Tracht men nu uit *Paracelsus'* werken een lijst op te maken van de chemische stoffen, die hij waarschijnlijk gekend en toegepast heeft, dan vindt men daarop onder anderen: goudchloride, zilvernitraat en waarschijnlijk zilverchloride, verder nitraten en chloriden van ijzer, koper, lood en tin. Van kwikzilver het nitraat, waarschijnlijk sublimaat en misschien kalomel. Sulfaten van ijzer en koper en onzuivere bismuth-, kobalt- en misschien nikkelzouten. Verder antimoon- en arseenhoudende praeparaten in het bijzonder antimoonchloride. Ook kolloïdale metalen als kolloïdaal goud en waarschijnlijk kolloïdaal zilver heeft hij gekend. Van de zuren waren hem bekend salpeterzuur, zoutzuur, koningswater, zwavelzuur en zwaveligzuur. Van de organische verbindingen kende hij allerlei plantenextracten en in het bijzonder de alcohol. Hij is ook de man geweest, die hiervoor de naam gegeven heeft, die eigenlijk uit het Arabisch afgeleid is en een willekeurig fijn poeder betekent.

Tegen de eis van *Paracelsus*, dat de geneesheren hun middelen zelf moesten bereiden en dat zij ook niet schromen moesten dikwijls giftige metaalpraeparaten te gebruiken, ontstond een allerheftigst verzet. Jaren lang liet de Universiteit van Parijs haar jonge doctoren zweren, dat zij nooit of te nimmer enig van *Paracelsus'* middelen zouden voorschrijven.

Toch is een ander verschijnsel de invoering van de Paracelsische middelen zeer ten stade gekomen, de verbreiding van de syphilis in Europa om deze tijd na de Sacco di Roma, de plundering van Rome, door de soldaten van *Karel V* in 1527. Eendeels meent men, dat de matrozen van Columbus haar als een van de geschenken uit de nieuwe wereld hebben medegebracht, aan de andere zijde is ook mogelijk, dat men ontdekte, dat bijv. kwikzilver een geneesmiddel was slechts voor een bepaalde huidziekte en men deze daardoor van andere huidziekten leerde onderscheiden.

Ook vurige aanhangers heeft *Paracelsus* gehad, zoals *Leonhard Thurneysser*, die in 1530 in Bazel geboren, een even onrustig leven leidde als zijn leermeester, in 1569 lijfarts van de keurvorst van Brandenburg werd, om door kwakzalverachtig optreden tot 1584 in groot aanzien te komen, waarna echter zijn bedriegerijen aan het licht kwamen, zodat hij in 1596 in de grootste armoede in Keulen overleed.

Van veel betere standing was de Zuid-Nederlandse edelman *Johan Baptist van Helmont* (1577—1644), een nuchter waarnemer en een goed experimentator, die, ofschoon hij waarschijnlijk niet de eerste is ge-

weest, die gassen van lucht onderscheidde (ook *Hohenheim* deed dit reeds en uit diens woord chaos heeft van *Helmont* denkelijk het woord gas gevormd) toch veel onderzoeken over gassen gedaan heeft, zodat hij als de grondlegger van de pneumatische chemie beschouwd mag worden. Speciaal het gas sylvestre (koolzuurgas) heeft hij nader weten te kenmerken (het dooft een licht en dieren stikken er in), terwijl hij heeft aangetoond, dat het ontstaat uit kalksteen of potas met een zuur, bij verbranding van kolen en bij gisting en dat het voorkomt in de maag, in minerale wateren en ook in talrijke holen in de aarde. Van dit voorkomen op wilde plaatsen had hij de naam afgeleid. Maar daarnaast was hij een phantast, die meende zelf een transmutatie van kwikzilver in goud uitgevoerd te hebben, met de steen der wijzen van een vreemdeling verkregen, verder, dat hij op het vrije veld de regenboog met de handen gevat had en dat een mengsel van zemelen en een vuil vrouwenhemd zich in muizen omzette.

Een hoogtepunt in iatrochemie of chemiatrie werd gevormd door het werk van de Leidse hoogleraar *François de le Boë Sylvius* (1614—1672), die alle levensprocessen chemisch opvatte en die de lichaamswarmte verklaarde uit de chemische reactiewarmte, welke ontstond als het zure melksap door het bloed naar het hart gevoerd, daar bloed ontmoette, dat alkalische gal bevatte en hiermede onder opbruising reageerde.

Maar dan zijn wij al midden in de zeventiende eeuw, dus ver voorbij het tijdvak dat ik in deze voordracht bespreken wil en ik wil daarom terugkeren tot enige personen, die ofschoon zij zich buiten het strijd-gewoel hielden, toch een belangrijke rol hebben gespeeld.

De eerste is *Libavius*, die omstreeks 1550 in Halle geboren werd en die in 1591 stadsgeneesheer en Inspector Scholae werd in Rothenburg.

Zijn belangrijkste boek is echter de „*Alchemia*” in 1597 eveneens te Frankfort verschenen. Niettegenstaande zijn titel anders zou doen vermoeden, is dit boek het eerste leer- en handboek der chemie geworden en als zodanig heeft het zeer grote invloed op de voortgang onzer wetenschap uitgeoefend. Hier geen duistere Aristoteliaanse theorieën, maar eenvoudige Recipe. Andere auteurs worden vermeld en bescheiden wordt op de titel aangegeven, dat het werk uit het opus der beste oudere en nieuwere auteurs is te samen gesteld, waarbij deze met name genoemd worden. Het werk is verdeeld in twee gedeelten, de *Encheria* (de chemische methodes) en de *Chymia*, welke de chemie behandelt. Vooreerst komt echter de vraag, wat is alchemie? en dan geeft *Libavius* het antwoord: alchemie is de kunst zuivere magisterien en essencen uit gemengde stoffen te maken. En zijn definitie van magisterium is: een chemische stof (*species chymica*) die door verwijdering van de niet er bij behorende onzuivere gedeelten uit een samengestelde stof gewonnen kan worden.

De *encheria* behandelt dan de verschillende hulpmiddelen als ovens en vaten, de chemische bewerkingen als smelten, calcineren, amalgeren, sublimeren, destilleren, digeren, fermenteren enz.

In een commentaar op dit werk beschrijft hij ook nog de inrichting van een chemisch laboratorium, dat niet alleen alles moet bevatten wat nodig was voor wetenschappelijk werk, maar ook badinrichtingen,

zuilengangen voor lichaamsbeweging bij slecht weer, tuinen en . . . een goed voorziene wijnkelder! Verder had men dan niets anders nodig dan een goede architect voor de bouw en een man die het geld leveren wilde!

Zoals gezegd is behandelt dan de Chymia de chemische stoffen, de Magisteria. Zo vindt men bij hem de methode om zwavelzuur te maken door zwavel onder een klok met salpeter te verbranden en hij bewijst, dat dit zuur identiek is met het zuur verkregen door destillatie van vitriool of van aluin. Verder bereidt hij misschien als eerste door destillatie van sublimaat met tin het vloeibare tintetrachloride, dat ook nu nog wel eens zijn naam draagt (spiritus fumans Libavii) ofschoon hij deze verbinding maar zeer summier beschrijft en vinden wij bij hem de eerste beginselen der analytische chemie, waarbij hij in het bijzonder de mineraalwateren trecht te onderzoeken.

Heb ik dus nu een schrijver van leerboeken genoemd, dan wil ik ter afsluiting en afronding van mijn voordracht nog een paar technologen behandelen. Want in deze tijd schreed dat deel der wetenschap, dat wij nu de technische chemie zouden noemen rustig voort en ontwikkelde zich gestadig zonder eigenlijk door de om Paracelcus woedende strijd beroerd te worden.

Dat de belangstelling voor de technische chemie in het bijzonder in de literatuur toenam kwam gedeeltelijk door de verbreiding van de toepassing van het buskruit. Dat de legendarische Duitse monnik *Berthold Schwarz* het buskruit heeft uitgevonden, is onjuist (ook nu nog verwijt men velen dat zij dit niet gedaan hebben) want reeds lang voordien kenden Chinezen en Achterindiërs mengsels analoog aan het buskruit, die zij echter voor vuurwerk bezigden. Het z.g. Griekse vuur, dat in de zevende eeuw in de strijd om Byzantium werd gebruikt, was wel brand- en rookverwekkend maar zijn ballistische waarde was gering. In de dertiende eeuw werd buskruit als voortdrijvingsmiddel voor raketten in Europa gebezigd, maar pas in de veertiende eeuw begint men het in vuurwapenen te gebruiken. Zo bevat een Oxfords manuscript van 1325 een afbeelding van een kanon, gelastte de Engelse koning *Edward III* in 1346 de aanwezige voorraden zwavel en salpeter op te kopen en gebruikte zijn leger buskruit in de slag bij Crécy.

De bereiders van dit buskruit en de beheerders der artillerie waren de busmeesters en deze mannen, dikwijls van betere afkomst en opleiding gebruikten notitieboekjes, waarin zij het belangrijkste van hun wetenschap vastlegden. Die notitieboekjes werden door hun leerlingen overgeschreven en toen de boekdrukkunst tot bloei kwam werden deze boekjes ook in druk uitgegeven. Zo ontstonden de Duitse Feuerwerksbücher, die omstreeks 1400 begonnen te verschijnen. Verwante boekjes bevatten niet alleen recepten voor de bereiding van salpeter en van buskruit, maar ook voor de bereiding van aluin, voor het toetsen van metalen; er waren destilleerboekjes en z.g. Bergbüchlein welke laatste het mijnbouwwezen behandelen enz. De man, die nu uit deze versplinterde literatuur en gesteund door een rijke levenservaring het eerste bruikbare handboek der chemische technologie vervaardigde, was de Italiaan *Vannoccio Biringuccio*, in 1480 te Sienna geboren. In 1538 of '39 is hij gestorven als leider van de pauselijke gieterij.

Zijn plaats in de geschiedenis der chemie dankt

Biringuccio aan zijn boek *Pyrotechnica*, waarschijnlijk in de laatste jaren van zijn leven aan een geestelijke gedictieerd. Theoretisch is het boek, men zou zeggen natuurlijk, opgebouwd op de theorieën van *Aristoteles*, maar praktisch bevat het duidelijke en uitvoerige beschouwingen over ertsen, metalen enz.

Het eerste deel behandelt het voorkomen in de natuur en de winning van metalen, waarbij met het goud begonnen wordt, dat bijv. door wassen van goudhoudend zand gewonnen wordt. Dan volgt zilver, koper, lood en als onzuiverste metaal het ijzer. Uitvoerig wordt ook de bereiding van zouten behandeld. Hij onderscheidt duidelijk van elkander ijzer- en kopervitriool, maar zijn kennis van zinkvitriool is niet groot. Daarentegen is hij volkomen op de hoogte met de aluinfabricage van de pauselijke stoel bij Tolfa in Italië (Roomse aluin). Het onderscheid tussen kalium-, natrium- en ammoniumzouten is hem niet geheel duidelijk en hij beschouwt kunstmatige salpeter als een variëteit van de natuurlijk voorkomende soda.

Dan volgen hoofdstukken over de verwerking van ertsen, over de metalen en hun bewerking en in aansluiting hierop over de chemische methodes, in de eerste plaats de destilleerkunst. Ook de scheiding der metalen wordt behandeld, zoals de terugwinning van edele metalen uit verguld en verzilverd vaatwerk, waarbij de amalgamatiemethode voor de winning van zilver te noemen valt. Spoedig zou deze in Mexico een zeer grote betekenis verwerven.

Biringuccio eindigt zijn werk met een meer physiologisch chemisch onderwerp. „Oud, grijs en koud ben ik nu geworden, schrijft hij, en de sprankelende vlammen der liefde zijn bij mij geblust, maar toch zijn de beelden van voorbijgegangene liefdesnachten als een zwakke rook en een lichte warmte achtergebleven” een merkwaardig slotwoord voor een handboek der chemische technologie!

Meer bekend dan *Biringuccio* is als chemisch technoloog zijn tijdgenoot *Georg Agricola* (1494—1555) geworden al heeft hij in tegenstelling tot eerst genoemde waarschijnlijk zelf nooit praktisch op dit gebied gewerkt. Maar zijn kennis dankt hij daaraan, dat hij zich als stadsgeneesheer in de mijnbouwstad Joachimstal vestigde en hier met mijnbouw en ertsbewerking direct in aanraking kwam. Zijn kennis op dit gebied en dat der mineralen legde hij neer in verschillende geschriften, waarvan de belangrijkste is *De re metallica libri XII* in 1546 te Bazel verschenen.

Veel heeft hij ontleend aan *Biringuccio*, wiens *Pyrotechnica* hij uitdrukkelijk noemt, maar zelf geeft hij een uitnemende beschrijving van de mijnbouwkunde, van de verwerking ook door roosten der ertsen, van het onderzoek der metalen, in het bijzonder der edele metalen op hun zuiverheid en van de bereiding der verschillende zouten. Zeer uitvoerig en duidelijk behandelt hij de verschillende machinerieën, die in de mijn nodig zijn en de moffels, kroezen, ovens enz. gebruikt voor het onderzoek der metalen, zo goed, dat een groot deel van wat hij aanbeveelt, praktisch onveranderd tot aan het eind van de achttiende eeuw in gebruik bleef.

Dat hij echter zout uit houtas voor iets minder goed maar in wezen toch hetzelfde houdt dan zout uit zee-water of uit zoutbronnen, welks bereiding hij uitvoerig beschrijft, is opvallend.

Trouwens zelf heeft hij als chemicus of technoloog niets gepresteerd, maar hij was een medicus, die echter

door zijn goede opmerkingsgaven en zijn duidelijke beschrijving op de ontwikkeling der chemische technologie een zeer grote invloed heeft uitgeoefend en ook nu nog laat zijn werk zich met genoegen lezen.

Een goede gewoonte eist, dat men aan het eind van zijn voordracht gekomen nog eens terugblijkt, tracht samen te vatten in enkele woorden wat men gezegd heeft en als het ware uit het medegedeelde zelf een conclusie tracht te trekken.

Ik zou dat op deze wijze willen doen:

Ik heb U trachten te schetsen van een chemisch standpunt uit gezien het tijdperk omstreeks 1500—1600, een tijdperk van bruisende levenslust en van revolutionaire veranderingen. De *Basilus Valentinus* die waarschijnlijk nooit bestaan heeft heb ik U genoemd als een vertegenwoordiger van de oude alchemie. De niets en niemand ontziende revolutionnair *von Hohenheim*, meer bekend als *Paracelsus* heb ik U geschetst als de man, die het oude omverwerpt, autoriteiten van hun voetstuk stoot en die de chemie nog

wel niet tot eigen bewustzijn brengt, maar haar toch een nieuw doel wijst, de bereiding van geneesmiddelen, dat het oude doel, de bereiding van edele metalen, moet vervangen.

Enkele beroemde navolgers van Paracelsus zijn genoemd zoals *Johan Baptist van Helmont*, die door zijn onderzoekingen over gassen als de grondlegger van pneumatische chemie moet worden beschouwd, maar die eigenlijk al buiten dit tijdvak valt.

Enkele meer kalme personen, die door karakter of verstand geleid, zich buiten het strijdgewoel wisten te houden, heb ik U ook nog geschetst, zoals *Libavius* met zijn leerboek *Alchymia*, de technoloog *Biringuccio* met zijn handboek *Pyrotechnia* en de arts *Agricola*, wiens *De re metallica libri XII* een gerechte faam verwierf. Ik hoop, dat gij uit dit alles de gevolgtrekking hebt willen maken, dat niet alleen voor de menselijke beschavingsgeschiedenis in het algemeen maar ook voor de chemie in het bijzonder de renaissance een belangrijk en belangwekkend tijdperk is geweest.