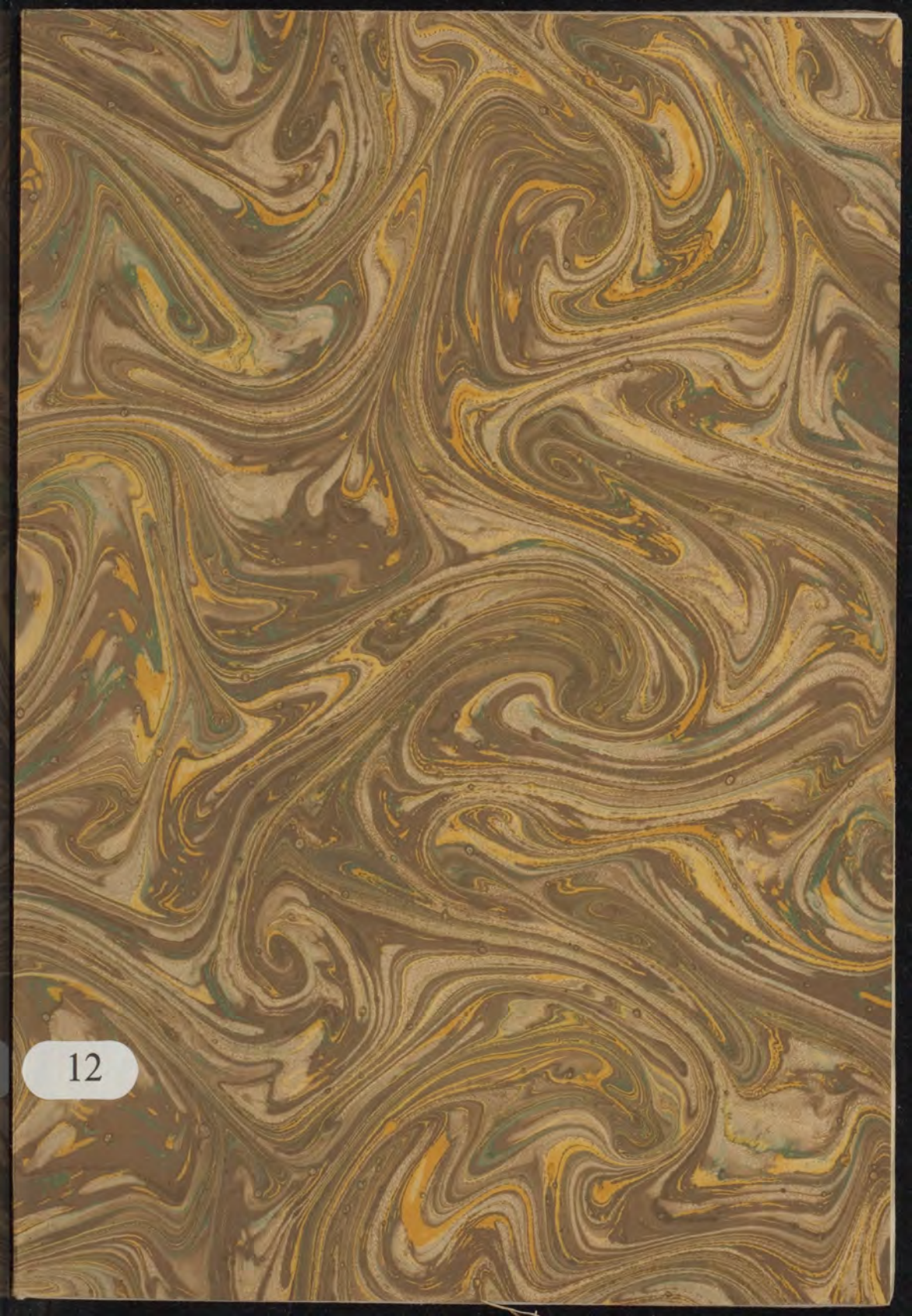
12

12

# BIJDRAGE

TOT DE

# KENNIS DER GESCHIEDENIS VAN AVOGADRO'S HYPOTHESE.

LEIDEN: BOEKDRUKKERIJ VAN L. VAN NIFTERIK HZ.

# BIJDRAGE

TOT DE

# KENNIS DER GESCHIEDENIS VAN AVOGADRO'S HYPOTHESE.

---

ACADEMISCH PROEFSCHRIFT,

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN

DOCTOR IN DE WIS- EN NATUURKUNDE,

AAN DE HOOGESCHOOL TE LEIDEN,

OP GEZAG VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS

DR. MATTHIAS DE VRIES,

HOOGLEERAAR IN DE FACULTEIT DER WIJSBEGEERTE EN LETTEREN,

Op Woensdag den 21sten Mei 1873, des namiddags te 3 uren,

IN HET OPENBAAR TE VERDEDIGEN

DOOR

**ADRIAAN VAN VLEUTEN,**

GEBOREN TE WORMERVEER.

---

LEIDEN,
S. C. VAN DOESBURGH.
1873.

Op het punt deze Hoogeschool te verlaten, is het mij eene aangename taak openlijk mijn dank te betuigen aan allen, die tot mijne wetenschappelijke ontwikkeling hebben bijgedragen.

In de eerste plaats dank ik U, hooggeschatte Promotor, A. H. VAN DER BOON MESCH, en U, Hoogleeraren der Wis- en Natuurkundige Faculteit, voor Uw onderwijs en de talrijke blijken van welwillendheid van U ondervonden.

Veel ook ben ik U verplicht, zeergeleerde TEERLINK; ik dank U voor het genotene en beveel mij aan in Uwe vriendschap.

Gaarne breng ik ook mijn dank aan hen, die hetzij als Privaatpersonen, hetzij als Directeuren van Inrichtingen mij in de gelegenheid stelden de bronnen, voor dit Proefschrift noodig, bijeen te brengen.

En eindelijk Gij allen, die ik als vreemden ontmoette en als Vrienden verlaat, blijft steeds mijner gedachtig, zooals ik Uwer zal blijven gedenken.

---

# INHOUD.

# INLEIDING.

Zoodra ik, na mijn candidaats-examen, al mijn tijd aan chemie kon besteden, en hierdoor in de gelegenheid was niet alleen de scheikunde in 't algemeen tot het onderwerp mijner studiën te maken, maar ook eenigszins nauwkeuriger kennis te nemen van hare talrijke onderdeelen en afdeelingen, waren het al spoedig twee dezer laatsten die mij bijzondere belangstelling inboezemden en wel: de theoretische chemie en de geschiedenis der chemie.

Even noodzakelijk als de eerste is om door het ruime veld van onderzoekingen en ontdekkingen een zekeren weg te vinden, en niet te meenen voor een stapel van onsamenhangende deelen te staan, die met geen mogelijkheid is te overzien en waarvan de beteekenis niet is te vatten, even noodzakelijk is de studie der geschiedenis om in het theoretisch gebied t'huis te komen.

Moge in het algemeen de studie der geschiedenis eener wetenschap, helaas te vaak verwaarloosd, een krachtige hefboom zijn om het onderling verband der feiten te leeren overzien, zeker is dit vooral het geval bij de chemie.

Deze toch, hoewel door Boyle (1660) tot wetenschap verheven, heeft na de groote omwenteling door Lavoisier in haar teweeggebracht, in een betrekkelijk korten tijd, een omvang gekregen, die grootendeels, naast de vele en belangrijke practische onderzoekingen, het gevolg was van den heftigen strijd die er steeds op theoretisch gebied heerschte. Hoe uiteenloopend de gezichtspunten der geleerden waren, kan men eenigszins nagaan, wanneer men de achttien verschillende rationeele formules met elkander vergelijkt, die Kekulé in zijn Lehrbuch der Organischen Chemie Bd. I S. 59 als voor azijnzuur voorgeslagen, mededeelt. Aan elk dezer lagen verschillende beschouwingen ten grondslag, die voor een deel als waar erkend later aangenomen bleven en in het tegenwoordig theoretisch leerstelsel overgingen. Dat dus in eene wetenschap, die van zoo gestadigen vooruitgang getuigt, de kennis der ontwikkeling van de tegenwoordige ideën volstrekt noodig is om deze te kunnen begrijpen en waardeeren, zal wel niemand tegenspreken.

Gelukkig zijn wij dan ook in het bezit van goede gidsen, voor zoover het de algemeene ontwikkeling onzer wetenschap geldt. Ik noem slechts een Kopp: Geschichte der Chemie, Hoefer: Histoire de la Chimie, Ladenburg: Entwicklungsgeschichte, Wurtz: Histoire, enz. Maar hoe uitstekend, vooral de twee genoemde duitsche werken ook zijn mogen om ons de geheele ontwikkeling der wetenschap te leeren kennen, zoo laten zij toch bij sommige onderdeelen soms wel iets te wenschen over.

De zoogenaamde wet of hypothese van Avogadro vormt tegenwoordig met die van Dulong en Petit en die van Mitscherlich het fundament, waarop onze wetenschap is opgetrokken, en onder deze drie is zeker de eerste de belangrijkste. Elk degelijk leerboek ruimt haar eene eerste plaats in, de meesten evenwel zonder den naam des ontdekkers er bij te voegen. Slaan wij bijv. het werk van Kekulé na en bestudeeren zijne theoretische en historische inleiding, dan vinden wij noch in de eerste, noch in de laatste den naam van Avogadro genoemd, terwijl de wet zelf afgeleid en toegelicht wordt. Met even ongunstig gevolg doen wij hetzelfde bij Gorup-Besanez, Graham-Otto, Hofmann enz. Meenen wij in physische werken beter terecht te komen, ook dan vergissen wij ons, want Wüllner: Lehrbuch der Experimentalphysik, uitgaaf 1863, noemt noch in zijn hoofdstuk over Mechanica, noch in dat over Warmte, de wet; Joh. Müller geeft ons in zijn Lehrbuch, uitgaaf 1868, in de inleiding de wet in een verouderden vorm, maar verzwijgt den naam van haren ontwerper evenzoo, terwijl in Bosscha's Leerboek ook noch het een, noch het ander te vinden is, ja zelfs Gehler in zijn groot Physikalisches Wörterbuch er geheel over zwijgt.

De chemisch-historische en theoretische werken brengen ons iets, hoewel niet veel verder. Kopp noemt in zijn klassiek werk Geschichte der Chemie, dat tot ongeveer 1840 loopt, de wet in een valschen vorm, maar zwijgt weder van haren ontdekker, terwijl hij in zijn Lehrbuch

der physikalischen und theoretischen Chemie (1863) ook slechts alleen melding maakt van de wet.

In de vier bij elkander behoorende dissertaties van L. Mulder, E. Mulder, W. A. J. van Geuns en A. C. Oudemans (Utrecht 1853) over de geschiedenis der equivalentgetallen en hunne bepaling, zocht ik ook te vergeefs iets dat op de wet betrekking had.

Uitvoeriger echter zijn Ladenburg in zijn Entwicklungsgeschichte, Lothar Meyer in zijn Moderne Theorien der Chemie en Wurtz in zijn Leçons sur la philosophie chimique; maar ook na het bestudeeren dezer werken, die niet overal overeenstemmen, was mij de geschiedenis dier wet nog niet geheel duidelijk, zoodat het mijns inziens niet geheel onbelangrijk was de geschiedenis eens iets nauwkeuriger in hare bronnen na te gaan, en te trachten op te sporen, wat de mogelijke reden was van het ontwerpen en niet aannemen in 1811, het weder ontwerpen na bijna 40 jaar, enz.

Wat de uitkomst mijner studiën in deze richting geweest is, wensch ik hier mede te deelen, in de hoop dat, hoe onvolledig en gebrekkig ze ook zijn, ze toch iets mogen bijdragen tot de juistere kennis der historie van den hoeksteen onzer wetenschap.

Wat de behandeling van het onderwerp betreft, hierover het volgende.

In het eerste hoofdstuk heb ik gemeend den tijd te moeten kenschetsen vóór de opstelling der hypothese door Avo-

gadro; dit toch was het onmiddellijk gevolg van de werken zijner voorgangers.

De leerstellingen van Berthollet heb ik vrij uitvoerig behandeld, al staan zij niet in een zoo direct verband tot ons onderwerp, omdat hij de eerste geweest is die in de chemie physische wetten heeft trachten in te voeren en al moge dit hem niet gelukt zijn, zoo zijn deze toch na hem bij beschouwingen over verwantschap, nooit weder geheel uit het oog verloren, en is zijn invloed te dien opzichte een blijvende.

Aan Dalton had ik gaarne eenige meerdere regels gewijd, maar ondanks veel moeite, gelukte het mij niet een exemplaar van zijn New system of chemical philosophy in handen te krijgen, en moest mij dus bepalen tot hetgeen ik bij anderen over dit werk medegedeeld vond.

De persoon en het werk van Avogadro maken den inhoud van het tweede hoofdstuk uit, waarin vervolgens de geschiedenis tot den tijd, waarop bij theoretische beschouwingen het allerminst aan zijne hypothese gedacht werd, uiteengezet is.

Waar het theoretische kwesties gold, voor ons van belang, als ideën over atoom, equivalent, enz. heb ik de meeningen der verschillende geleerden steeds uit de bronnen opgespoord, terwijl ik wat de algemeene ontwikkeling betreft, die ik slechts in zooverre behandeld heb als tot goed begrip noodzakelijk was, Kopp en Ladenburg als gidsen gebruikt heb.

Hetzelfde geldt voor het derde hoofdstuk, waarin ik de

redenen nagegaan heb, die langzamerhand de geleerden als het ware dwongen dezelfde hypothese op nieuw te stellen, en verder de geschiedenis vervolgd heb tot het tijdstip, waarop zij voor goed en algemeen aangenomen werd.

In een vierde hoofdstuk had ik gemeend den tegenwoordigen toestand der wetenschap ten opzichte van de hypothese van Avogadro te beschouwen, maar na het (einde Januari 1873) verschijnen van den 2den druk van Lothar Meyer's Die modernen Theorien der Chemie werd dit overbodig. Hiervoor verwijs ik dus naar genoemd werk.

---

# EERSTE HOOFDSTUK.

De omwenteling door Lavoisier in de chemie teweeggebracht had haar doel bereikt; zijne leerstellingen hadden vooral door de hulp van Guyton de Morveau, Fourcroy en Berthollet in Frankrijk ingang gevonden (1784).

Eene nieuwe nomenclatuur, [1]) reeds vroeger door Bergman gewenscht, werd ingevoerd (1787).

Ook in Duitschland had men, vooral door den kundigen Klaproth voorgelicht, het phlogistisch stelsel van Stahl vaarwel gezegd (1794).

De verhouding van chemie tegenover physica was geheel veranderd; vroeger als aanhangsel van deze beschouwd, stond zij nu als gelijke naast haar, terwijl over het geheel de studie der natuurwetenschappen, vooral in Frankrijk na de revolutie eene ongekende uitbreiding had gekregen.

---

[1]) Lavoisier, Fourcroy, Berthollet en Guyton de Morveau: Méthode de Nomenclature chimique. 1787.

De quantatieve onderzoekingen over neutraliteit van Bergman (1775) en Kirwan (1780) hadden, naar de eischen der antiphlogistische leer omgewerkt, hun invloed behouden en vormden de basis der voorstellingen, die men over affiniteit en verbinding had en waarvan de verwantschaptafels, [1]) voor wier samenstelling Richter zich, vooral van 1788-1802, veel moeite gaf, de uitdrukking waren.

Naast Lavoisier's grondregel: „alle chemische reacties bestaan slechts in vormverandering; er wordt geen stof geboren, maar er gaat ook geen stof verloren", scheen omstreeks 1800 ook algemeen aangenomen, dat de chemische verbindingen in bepaalde proporties plaats hebben. Lavoisier zelf onderscheidt chemische verbindingen (dissolutions) van eenvoudige oplossingen (solutions); de stöchiometrische onderzoekingen van dien tijd waren er op gegrond, en toch vinden wij deze wet eerst bepaald uitgesproken in 1801 door Proust als hij zegt, sprekende over de oxides: „Les proportions toujours invariables, ces attributs constans, qui caractérisent les vrais composés de l'art, ou ceux de la nature, en un mot, ce pondus naturae, si bien vu de Stahl; tout celà dis-je n'est pas plus au pouvoir du chimiste que la loi d'élection qui préside à toutes les combinaisons." [2])

---

[1]) Dat deze nog lang in gebruik bleven kan o. a. hieruit blijken dat onze landgenoot Stratingh, professor te Groningen, in 1827 nog een werk uitgaf getiteld: „Beknopt overzicht over de leer der Stöchiometrie", waarin door hem samengestelde cirkelvormige tafels zeer aanbevolen worden.

[2]) Ann. de Chimie, XXXII p. 31.

Geheel andere begrippen omtrent affiniteit en verbinding koesterde Berthollet en de strijd door hem en zijne tegenstanders, waaronder Proust een eerste plaats innam, gevoerd, heeft te veel bijgedragen tot den vooruitgang der wetenschap om haar stilzwijgend voorbij te gaan. Reeds in 1801 had Berthollet zijne „Recherches sur les lois de l'affinité" uitgegeven, maar in zijn in 1803 verschenen „Essai de Statique chimique" vinden wij zijne leerstellingen allen bijeen, zoodat eene beschouwing van dit werk genoeg kan zijn om zijne denkbeelden te leeren kennen. Hij wil niet minder dan, door theoretische beschouwingen geleid en door practische onderzoekingen gesteund, de wet der constante proporties loochenen.

De hoofdstrekking van het boek was om de valsche begrippen, die men over verwantschap koesterde en bij het gebruik der verwantschaptafels huldigde, te bestrijden. Hierbij toch nam men de verwantschap van de stoffen onderling als eene constante grootheid aan. In 1773 maakte Baumé er opmerkzaam op dat de verhouding der stoffen bij lage en hooge temperatuur, bij vorming en ontleding langs droogen en natten weg, zeer verschillend is. Bergman maakte nu wel twee tafels en Lavoisier [1]) zeide wel dat zij voor elken temperatuurgraad afzonderlijk behoorden opgesteld te worden, maar dit verhinderde niet dat men nog steeds bij de ouden inzichten bleef.

Berthollet gaat uit van de stelling dat chemische ver-

---

[1]) Lavoisier. Oeuvres II p. 546.

wantschap een bijzondere vorm is van de algemeene gravitatie. Hij zegt zelf [1]): „Les puissances qui produisent les phénomènes chimiques sont toutes dérivées de l' attraction mutuelle des molécules des corps à laquelle on a donné le nom d' affinité, pour la distinguer de l' attraction astronomique." Over deze gelijkheid van wezen verder redeneerende, komt hij tot de conclusie dat even als bij de algemeene gravitatie ook hier de massa van invloed moet zijn en wel zoodanig dat de werking eener stof evenredig aan hare massa is. De totale werking van stoffen op elkander hangt dus af èn van affiniteit èn van massa, is dus evenredig aan het produkt van beide, dat Berthollet dan ook met den naam van masse chimique bestempelt. Hij ontwikkelt dit denkbeeld het eerst bij de werking van zuren op bases en zegt dan [2]): „mais chacun des acides a dans l' action une part qui est déterminée par sa capacité de saturation et par sa quantité; je désigne ce rapport composé par la dénomination de masse chimique; en verder [3]): j' ai désigné par le nom de masse chimique cette faculté de produire une saturation, cette puissance qui se compose de la quantité pondérale d' un acide et de son affinité." Ladenburg [4]) vertaalt dit door

---

[1]) Berthollet. Essai de Statique chimique I p. 1.

[2]) Ess. de Stat. chim. I p. 16.

[3]) Stat. chim. I p. 76.

[4]) Ladenburg. Entwicklungsgeschichte. S. 39.

chemische Masse, Kopp [1]) mijns inziens beter door chemisches Moment.

De grootte der verwantschap die stoffen tot elkander bezitten, hangt van zeer veel physische oorzaken af. Zij is verschillend wegens den verschillenden vorm der kleinste deeltjes, maar vooral wordt zij gewijzigd door den verschillenden condensatietoestand. Deze condensatietoestand hangt van twee tegengesteld werkende krachten af: de cohesie [2]), die de stoffen den vasten en de elasticiteit [3]), die haar den gasvormigen toestand trachten te doen aannemen; in vloeistoffen zijn deze in evenwicht. In dezen vorm kunnen stoffen ook alleen chemisch op elkander werken, daar dan hunne deeltjes in onmiddellijke aanraking zijn, terwijl zij, hetzij door onoplosbaar neêrvallen, hetzij door gasvormig ontwijken aan die werking onttrokken zijn.

Uit deze stellingen trachtte Berthollet alle verwantschapsverschijnselen te verklaren. Vooreerst bepaalt hij zich bij de enkele ontleding, als stoffen die verschillende verwantschap bezitten voor een derde hierop inwerken, en verklaart hoe het komt dat eene stof *a* uit eene verbinding *bc* het eene bestanddeel geheel kan afscheiden. Wordt eene oplossing van *a* met eene oplossing van *bc* gemengd, en veronderstellen wij dat hier noch iets onoplosbaar neêrvalt, noch iets gasvormig ontwijkt, dan zullen wij in oplossing

---

[1]) Kopp. Geschichte der Chemie. II S. 319.

[2]) Stat. chim. I. p. 11 sqq.

[3]) Stat. chim. I. p. 17 sqq.

een mengsel krijgen van de verbindingen *ac* en *bc*. De verhouding waarin deze verbindingen gevormd worden hangt af van de chemische momenten; noemen wij de affiniteit van *a* tot *c* $\alpha$, die van *b* tot *c* $\beta$, terwijl de gewichts-hoeveelheden van *a*, *b* en *c* respectievelijk door A, B en C voorgesteld worden, dan zal na de menging de hoeveelheid van *c* die met *a* verbonden is voorgesteld worden door $\frac{A\alpha}{A\alpha + B\beta} C$ en de met *b* verbonden hoeveelheid van *c* door $\frac{B\beta}{A\alpha + B\beta} C$. [1])

Hieruit volgt, dat, voor zooverre er bij de menging van *a* met *bc* niets onoplosbaar neêrvalt of gasvormig ontwijkt, *a* nooit aan *b* alle *c* onttrekken kan, hoe groot de verwantschap van *a* tot *c* ook zij en, dat omgekeerd, zelfs al bezitten *b* en *c* zeer sterke verwantschap voor elkaâr, *a* toch aan *b* eene betrekkelijk groote hoeveelheid van het hem veel minder verwante *c* kan onttrekken, als maar de massa van *a* zeer groot is in verhouding tot de massa van *b*; dat men, in één woord, tot het tot stand brengen eener chemische verbinding door vergrooting van massa gebrek aan verwantschap kan overwinnen. Zulk eene verdeeling van *c* onder *a* en *b* heeft echter dan slechts plaats, als bij de menging van *a* met *bc* niets onoplosbaar neêrvalt of gasvormig ontwijkt. Is echter *b* eene stof, die van *c* gescheiden den gasvorm aanneemt (heeft *b* eene groote elasticiteit) dan is de uitkomst anders, er kan dan volkomen

---

[1]) Zie Kopp, Gesch. der Chemie. II. S. 319.

ontleding plaats hebben. Hetzelfde is het geval als de, door de ontleding van *bc* door *a*, gevormde verbinding *ac* onoplosbaar is (eene groote cohesie heeft) en neêrvalt. Terwijl vroeger, door de verdeeling der verbindingen in verhouding van hare chemische momenten, evenwicht ontstaan kon, is dit nu niet meer mogelijk. Vormt *a* met *c* eene onoplosbare verbinding dan ontstaat een neerslag *ac*, al de *c* die door *a* gebonden wordt valt neêr, echter niet met al de *a* verbonden, maar slechts met zooveel als het in onoplosbaren toestand kan overvoeren. Dat gedeelte van *a*, dat nog niet neêrgeslagen is, werkt weder op het nog onontlede *bc*, onttrekt hieraan een nieuw gedeelte *c*, dat weder met een deel van *a* neêrvalt en zóo gaat het steeds voort tot alle *c* met *a* verbonden, neêrgevallen is. Hoewel dus geheele ontleding mogelijk is, is zij niet het meest voorkomende geval; veel algemeener is dat der gedeeltelijke ontleding; zie bijv. bladz. 78 der Statique chimique waar beredeneerd wordt dat kalkzouten door zuringzuur nooit geheel neêrgeslagen kunnen worden.

Dat over den werkelijken toestand der oplossingen, het kristalliseeren laten ons niets kan leeren, bespreekt hij bladz. 82. Dan toch komen weder physische werkingen in het spel, die verandering van aggregatie- (condensatie) toestand ten gevolge hebben. Dit is in 't kort de inhoud van hoofdstuk II en III van de afdeeling, waarin over l'acidité et l'alcalinité gehandeld wordt. [1])

---

[1]) Stat. chim. I, p. 75—93.

Berthollet staat dus met zijne ideën over keurverwantschap lijnrecht tegenover die van Bergman. Deze nam aan dat eene stof al naarmate harer verwantschap tot een der bestanddeelen eener verbinding, deze òf geheel, òf in 't geheel niet zou ontleden. Berthollet daarentegen loochent het bestaan van zoo eene verwantschap, en beweert dat geheele ontleding slechts dan plaats heeft, als cohesie of elasticiteit medewerken; enfin il faut distinguer deux effets de l' action chimique, celui par lequel il se produit une saturation réciproque et celui qui apporte des changements de constitution. [1])

Op hetzelfde komen zijne beschouwingen in de volgende hoofdstukken neêr, waar hij de werking van zouten op zouten nagaat en zich dus met de dubbelde ontleding bezighoudt. Ook hier bevinden zich volgens hem in de oplossing vier zouten en wel in proporties die door de chemische momenten uitgedrukt kunnen worden, tenzij de invloed van cohesie of elasticiteit zich weder doet gevoelen en het ontstaan van slechts twee zouten teweegbrengt. Hierin vindt hij eene verklaring voor het feit dat zoutmengels bij verschillenden concentratie-graad of verschillende temperatuur, verschillende verbindingen laten uitkristalliseeren. Als voorbeelden haalt hij aan [2]) een mengsel van zwavelzuur, salpeterzuur, kali en kalk, waarbij zich eerst kaliumsulfaat en later kaliumnitraat in kristallen

---

[1]) Stat. chim. I, p. 66.

[2]) Stat. chim. I, p. 99.

afscheidt. Verder [1]) een mengsel van salpeterzuur, zoutzuur, kali en kalk; en eindelijk [2]) het gewone zeewater dat zwavelzuur, zoutzuur, magnesia en natron bevat. Tevens verklaart hij hierdoor het verschijnsel dat kiezelzuur in oplossingen door bijna alle zuren uitgedreven wordt, terwijl het bij gloeihitte in staat is zelfs zwavelzuur uit zijne verbindingen te verjagen. Bergman trachtte dit te verklaren door onderscheid in verwantschap op droogen en natten weg aan te nemen.

Boven is er op gewezen (bl. 13) dat Berthollet aannam, dat bij het onoplosbaar neervallen van verbindingen slechts zooveel van de eene stof met de andere verbonden neêrviel, als door deze in onoplosbaren vorm kan overgebracht worden. Om dit goed te begrijpen is het noodig zijne ideën over de gewichtsverhouding der bestanddeelen van verbindingen nader te beschouwen.

Reeds in zijn eerste afdeeling „de l'action chimique" zegt hij [3]): „Les chimistes frappés de ce qu'ils trouvaient des proportions déterminées dans plusieurs combinaisons, ont souvent regardé comme une propriété générale des combinaisons de se constituer dans des proportions constantes, de sorte que selon eux, lorsqu'un sel neutre reçoit un excès d'acide ou d'alcali, la substance homogène qui

---

[1]) Stat. chim. I. p. 100.

[2]) Stat. chim. I. p. 130.

[3]) Stat. chim. I. p. 62. sqq.

en résulte est une dissolution du sel neutre dans une portion libre d'acide ou d'alcali. C'est une hypothèse qui n'a pour fondement qu'une distinction entre la dissolution et la combinaison, et dans laquelle on confond les propriétés qui causent une séparation avec l'affinité qui produit la combinaison." Hierin ligt vooreerst opgesloten, dat het onderscheid tusschen verbindingen en oplossingen voor hem niet bestaat en vervolgens, dat verbindingen in zeer verschillende proporties mogelijk zijn. Ten verdere bewijze voor deze stelling haalt hij als voorbeeld alliages, enz. aan, waar hij zegt [1]: „aussi les alliages, les verres, les combinaisons minérales se font en des proportions trés variées, et dans lesquelles on aperçoit rarement les interruptions qui proviennent d'une résistance due à la condensation: les sels s'unissent á l'eau en toute proportion, jusqu'au point de la saturation". Onder deze interruptions qui proviennent d'une résistance due à la condensation verstaat hij de bepaalde proporties, die bij sommige verbindingen, zooals bijv. die van waterstof en zuurstof tot water, of die van ijzer met zuurstof tot oxidule en oxide, òf alleen, òf het meest voorkomen, en die natuurlijk het gevolg van physische invloeden zijn; zoo verbinden zich waterstof en zuurstof slechts daarom in ééne bepaalde verhouding, omdat het verbindingsprodukt, water, vloeibaar is en de plaats hebbende contractie eene te

---

[1]) Stat. chim. I. p. 374.

groote hindêrnis vormt voor het tot stand komen van andere verbindingen. [1]) Zoo beschouwt hij ook ijzeroxidule en ijzeroxide als de twee grensverhoudingen, veroorzaakt door de samenwerking van de affiniteit en de elasticiteit van de zuurstof, maar neemt aan dat tusschen deze grenzen ijzer en zuurstof zich in alle mogelijke verhoudingen kunnen verbinden. Als bewijs hiervoor haalt hij o. a. aan de langzame kleursverandering, die sommige metalen bij langzame oxidatie ondergaan. [2]) Den grond dezer denkbeelden vond hij in proefnemingen, die echter allen blijken dragen van verkeerde waarneming en valsche analysen, terwijl hij onzuivere neêrslagen en oxidatieprodukten voor chemische verbindingen hield, en als zoodanig voor zijne analysen gebruikte.

Nog een onderscheid tusschen Bergman en Berthollet dient volledigheidshalve vermeld te worden. Bergman schreef aan die stoffen de grootste affiniteit voor elkaâr toe, die zich het gemakkelijkst verbonden en het moeilijkst scheidden, en te recht, maar meende tevens uit zijne analysen te mogen afleiden, dat ook juist voor die verbindingen de grootste quantiteiten noodig waren. [3]) Uit Berthollet's leer volgt daarentegen, dat, wanneer alle stoffen dezelfde cohesie en dezelfde elasticiteit bezaten, de affiniteit van die stof het grootst zou zijn, die zich in de kleinste hoeveelheid met andere stoffen verbindt. Al het over Berthollet's leer ge-

---

[1]) Stat. chim. I. p. 367.
[2]) Stat. chim. I. p. 371.
[3]) Kopp. Gesch. der Chemie. II. S. 314.

zegde kunnen wij dus in deze twee, door Ladenburg [1]) zeer juist geformuleerde stellingen samenvatten: 1° De verwantschaptafels zijn van geen waarde, omdat daarin de affiniteit als eene constante, van physische invloeden onafhankelijke grootheid wordt aangenomen, 2° Er bestaan verbindingen met wisselende, steeds toenemende verhoudingen der bestanddeelen.

Niettegenstaande de groote autoriteit, die toen ten tijde aan Berthollet te recht werd toegekend, mocht het hem niet gelukken zijn tweede conclusie te doen aannemen. Proust, die reeds, zooals boven medegedeeld is, in 1801 de wet der bepaalde proporties had opgesteld, begon haar met grooten ijver te verdedigen. Hem was het niet ontgaan, dat de stoffen die Berthollet als verbindingen analyseerde, en als bewijzen ten zijnen gunste aanvoerde, slechts mengsels geweest waren. Hij besteedde er dus de uiterste zorg aan om eerst genoegzame kenmerken van zuiverheid te vinden, voor hij eene stof aan de analyse onderwierp, terwijl hij tevens het onderscheid tusschen verbinding en oplossing trachtte te doen uitkomen, hoewel het hem onmogelijk was om, wat Berthollet van hem verlangde, scherpe bepalingen van beiden te geven. De beroemde strijd, grootendeels gevoerd in verhandelingen voorkomende in het Journal de Physique en in de Annales de Chimie, duurde ongeveer acht jaren. Vele belangrijke zaken werden door beiden ontdekt; de hydraten der oxiden bijv., vroeger als

---

[1]) Ladenburg. Entwicklungsgeschichte. S. 43.

bijzondere zuurstofverbindingen van de metalen beschouwd, leerde Proust als afzonderlijke afdeeling kennen. Steeds had Berthollet meer moeten toegeven, voortdurend waren de aanhangers van Proust talrijker geworden, zoodat men, al hield Berthollet in 1809 zijne meening ook nog vol, toen toch den strijd als geëindigd, en Proust als overwinnaar kon beschouwen.

Veel echter was er in dien tusschentijd gebeurd, dat een belangrijken invloed op de algemeene ontwikkeling der wetenschap had uitgeoefend. De strijd over de dynamische inzichten [1]), die een tijd lang in Duitschland verdedigers vonden, kan hier even als die over de Andronia [2]) van Winterl stilzwijgend voorbijgegaan worden. Van meer algemeen belang, en voor den strijd tusschen Berthollet en Proust niet het minst, waren echter de door Fischer bekend geworden stöchiometrische onderzoekingen van Richter, die tot het begrip equivalent voerden, en de theoretische beschouwingen van Dalton, waarvan het begrip atoom een uitvloeisel was; terwijl uit Gay-Lussac's onderzoekingen over volumenverhouding de constante samenstelling in maat bewezen, en door Davy's electrochemische theorie eene geheele wending in den gang van het chemisch onderzoek te weeg gebracht werd. Wij zullen dit alles achtereenvolgens kort bespreken.

---

[1]) Kopp. Geschichte der Chemie II. S. 324.

[2]) Kopp. Gesch. der Chemie II. S. 282.

Bergman's [1]) onderzoekingen over neutraliteit [2]) hadden, evenals die van Lavoisier [3]), tot het begrip equivalent kunnen voeren, maar geen van beiden heeft de daartoe leidende gevolgtrekking uit zijne proefnemingen getrokken. Richter komt hiervan de eer toe, en al moge het waar zijn, dat zijne onderzoekingen geruimen tijd onbekend bleven, en dat zijne getallen eerst na de herleidingen door Fischer er in gebracht, als werkelijke equivalentgetallen mogen gelden, toch vinden wij het idee reeds in het in 1795 verschenen stuk van zijn werk, Ueber die neueren Gegenstände der Chemie uitgedrukt. Daar toch lezen wij [4]): „Wenn P die Masse eines determinirenden Elementes, wo die Massen seiner determinirten Elemente $a$, $b$, $c$, $d$, u. s. w. sind, Q aber die Masse eines anderen determinirenden Elementes ist, wo die Massen seiner determinirten Elemente $\alpha$, $\beta$, $\gamma$, $\delta$, u. s. w. sind, doch so, dass jederzeit $a$ und $\alpha$, $b$ und $\beta$, $c$ und $\gamma$, $d$ und $\delta$ einerlei Elemente bezeichnen und sich die neutralen Massen $P + a$ und $Q + \beta$; $P + b$ und $Q + \gamma$; $P + c$ und $Q + \alpha$ u. s. w. so durch die doppelte Verwandtschaft zerlegen, dass die daraus entstandenen Producte wiederum neutral sind, so haben die Massen $a$, $b$, $c$, $d$, u. s. w. eben das quantitatieve Verhältniss unterein-

---

[1]) Bergman. Chemische Werke. Zie Kopp. Gesch. der Chemie II. S. 363.

[2]) De allereerste onderzoekingen in deze richting waren die van Homberg in 1699; zie Kopp. Gesch. der Chemie II. S. 355.

[3]) Lavoisier. Oeuvres II. p. 528.

[4]) Richter. Ueber die neueren Gegenstände der Chemie. II. S. 66.

ander, als die Massen $\alpha$, $\beta$, $\gamma$, $\delta$, oder umgekehrt." (Onder determinirende en determinirte Elemente verstond Richter de hoeveelheden basis en zuur die elkaâr neutraliseeren). De uitkomsten zijner proeven rangschikte hij in reeksen, die hij met den naam van Neutralitäts- of Massenreihe bestempelde, en waarin de verschillende hoeveelheden basis, die door dezelfde hoeveelheid van verschillende zuren, en omgekeerd geneutraliseerd worden, voorkomen. Fischer, die bij gelegenheid zijner vertaling van Berthollet's werk hierover spreekt, en zoodoende de welverdiende aandacht van de geleerde wereld er op vestigde, zegt [1]): „Man darf nur die Verhältnissmengen einer Säure gegen die verschiedenen alkalischen Grundlagen bestimmen; nachher ist es hinlänglich die Verhältnissmenge einer einzigen Verbindung von jeder anderen Säure mit einer alkalischen Grundlage kennen zu lernen, so erfährt man durch eine leichte Rechnung die Verhältnissmengen der Säuren in allen übrigen Verbindungen." Door dit besluit geleid heeft hij alle door Richter gevonden getallen zoodanig herleid, dat zij in eene tabel plaats vinden, en nu als werkelijke equivalentgetallen te beschouwen zijn. Als punt van uitgang nam hij aan zwavelzuur = 1000. Dat deze getallen reeds vrij nauwkeurig waren kan men nagaan, als men de door Kopp [2]) medegedeelde tabel inziet, waarin deze laatste naast Fischer's getallen de door Berzelius gevonden waar-

---

[1]) Berthollet. Deutsche Uebersetzung mit Erläuterungen von Fischer I. S. 135.

[2]) Kopp. Gesch. der Chemie II. S. 365.

den plaatst. De verhouding van beiden, hoewel tusschen 0,31 en 0,60 varieerende, is toch bij de meesten 1.45. Het verdient nog vermelding, dat met de vaststelling van het begrip equivalent door Fischer, dus ongeveer 1803, de naam zelf nog niet in gebruik kwam; deze toch werd eerst in 1814 door Wollaston in de wetenschap ingevoerd.

Bijna gelijktijdig met het begrip equivalent ontstond het begrip atoom, of liever werd het voor goed in de chemie opgenomen; de oude grieksche wijsgeeren toch hadden ook reeds van atomen gesproken. Dit begrip zijn wij verschuldigd aan Dalton, die om zijne resultaten theoretisch te kunnen verklaren aannam, dat alle stof bestaat uit kleinste, verder ondeelbare, deeltjes, door wier samenvoeging de verschillende verbindingen gevormd worden, en die deze deeltjes met dien naam bestempelde. In het begin dezer eeuw bezig met het onderzoek van olievormend gas ($C_2 H_4$) en gewoon koolwaterstofgas ($CH_4$), vond hij dat in het laatste met dezelfde hoeveelheid koolstof juist tweemaal meer waterstof verbonden was dan in het eerste. Een overeenkomstig verschijnsel bemerkte hij bij de zuurstofverbindingen van koolstof en stikstof. Door deze onderzoekingen gesteund, stelde hij reeds in 1804 de wet op, dat wanneer eene bepaalde hoeveelheid van een lichaam zich met verschillende hoeveelheden van een ander lichaam verbindt, deze laatsten onderling in eene zeer eenvoudige verhouding staan; eene wet, welke algemeen als die der multiple proporties bekend is. In 1807 echter werd zij eerst algemeen bekend door het verschijnen van het werk

System of chemistry van Thomson, aan wien Dalton zijne onderzoekingen en ook zijne theoretische beschouwingen had medegedeeld. Het volgende jaar 1808 verscheen Dalton's eigen werk, New system of chemical philosophy, waarin hij zijne ideën zelf breedvoeriger ontwikkelde. Bestaat van twee stoffen slechts eene enkele verbinding, dan nam Dalton aan, dat hierin één atoom van het eene lichaam met één atoom van het andere verbonden is; zoo bestaat volgens hem water uit één atoom waterstof en één atoom zuurstof, ammoniak evenzoo uit één atoom waterstof en één atoom stikstof. Bestaan van twee stoffen meerdere verbindingen, dan bestaan de atomen dezer verbindingen uit één en één, één en twee, twee en één, enz. atomen der bestanddeelen, en worden als atomen van de tweede, derde, enz. rang onderscheiden. Het eenige onderscheid tusschen de atomen der verbindingen en die der elementen bestaat hierin, dat de eersten verder van elkander verwijderd zijn, dan de laatsten in de eersten, terwijl zij hierin overeenkomen, dat zij met de hun omgevende warmtesfeer allen den bolvorm hebben. Hoe de atomen an und für sich zijn laat hij in het midden, maar neemt aan, dat alle atomen van dezelfde stof even zwaar zijn, terwijl hij er tevens op wijst, dat het gewicht van een atoom eener verbinding gelijk is aan de som der gewichten der samenstellende atomen.

Aan deze algemeene regels meent hij genoeg te hebben, om de relatieve gewichten der atomen te kunnen bepalen, nadat hij dat der waterstofatomen, als de meest voorko-

menden, als eenheid gekozen heeft. Uitgaande van zijn eerste regel, die al zeer willekeurig is, daar zij het niet bestaan van nog niet bekende verbindingen vooronderstelt, berekent hij het atoomgewicht van zuurstof op 7, en dat van stikstof op 5, uit hare eenige waterstofverbindingen water en ammoniak, en gaat met deze waarden als basis de samenstelling der stikstof-zuurstofverbindingen, waarvan hem er vier bekend waren, bepalen. Hoewel willekeurig, is hij hier consequent en komt, de onnauwkeurigheid der getallen daargelaten, tot waarden, die met onze tegenwoordige equivalenten overeenkomen, maar bij zijne bepaling van het atoomgewicht van koolstof, had hij reeds moeten inzien, dat hij hier tusschen twee waarden te kiezen zou hebben, waarvan de eene het dubbel van de andere was. Hij kende toch twee koolstof-waterstofverbindingen en moest dus beslissen, welke hij als uit atomen van de tweede, welke als uit die der derde orde bestaande wilde beschouwen. Zonder zich echter over zijne keuze te rechtvaardigen, neemt hij koolzuur en aethylen als bases, en vindt hieruit voor het atoomgewicht van koolstof 5.4, terwijl hij met evenveel recht van de andere verbindingen had kunnen uitgaan en het dan gevondene 2.7 voor het atoomgewicht van koolstof had moeten aanzien. Niettegenstaande deze leemten vond zijne theorie spoedig aanhangers en bleef, in beginsel ten minste, den grondslag waarop alle verdere onderzoekers voortbouwden.

Terwijl Dalton zich bezig hield met de bepaling der gewichtshoeveelheden, waarin stoffen zich chemisch verbin-

den, bracht op een ander gebied Gay-Lussac het zijne bij, om den strijd tusschen Berthollet en Proust te helpen beslechten. Reeds in 1805 had hij, in gemeenschap met von Humboldt, de juiste volumenverhouding trachten op te sporen, waarin waterstof en zuurstof zich tot water vereenigen [1]), en kwam met geringe afwijking van vroegere onderzoekers [2]) tot de conclusie, dat dit juist in verhouding van 2 tot 1 was. Door deze eenvoudige verhouding aangespoord, strekte hij zijne onderzoekingen over andere gassen (stikstofoxidule, stikstofoxide, salpeterigzuur) uit en stelt dan [3]), daar hij hier hetzelfde waarneemt de algemeen bekende wet op: De volumina van twee gassen, die zich samen verbinden, staan steeds in eenvoudige verhouding, en het volumen van het samengestelde lichaam, in gasvormigen toestand beschouwd, staat evenzoo in eene eenvoudige verhouding tot de volumina der samenstellende deelen. De verhandeling, waarin deze wet voorkomt, verscheen in 1808, eenige maanden na het genoemde werk van Dalton, en Gay-Lussac met diens theorie bekend, meende hierin een grooten steun er voor te hebben gevonden. Het bleek echter spoedig dat beider ideën niet zoo aanstonds met elkan-

---

[1]) Journal de Physique. LX. p. 129.

[2]) Lavoisier en Laplace hadden gevonden 1 vol. O op 1.91 vol. H. Zie Kopp. Gesch. der Chemie. II. S. 377.

Lavoisier en Meusnier hadden gevonden 12 vol. O op 23 vol H. Lavoisier. Oeuvres II. p. 360.

Fourcroy, Vauquelin en Seguin hadden gevonden 100 vol. O op 205 vol. H. Ann. de Chimie. VIII. p. 230. IX. p. 30.

[3]) Mém. de la Société d'Arcueil. I'. p. 207.

der in overeenstemming te brengen waren. In het tweede deel van zijn New system of chemical philosophy, dat in 1810 verscheen, bestrijdt Dalton hem met te verklaren, dat slechts dan de hypothese van Gay-Lussac waar kon zijn, wanneer het bewezen kon worden, dat in hetzelfde volumen van alle gassen een gelijk aantal atomen aanwezig waren, terwijl ook dan nog zijne hypothese de voorkeur verdiende, daar die zich over alle stoffen uitstrekte, terwijl die van Gay-Lussac slechts voor gassen te gebruiken was. Deze redeneering is volkomen logisch, zoolang men uitgaat van de identiteit van volumen en atoom. Bovendien was de verhouding in volumen, zoo die werkelijk op gelijkheid van het aantal atomen in hetzelfde volumen terug te brengen was geweest, nog in strijd met de hoofdregels van Dalton. Volgens deze bestond, zooals wij gezien hebben, water uit één atoom waterstof en één atoom zuurstof, volgens de volumenverhouding uit één vol. zuurstof en twee vol. waterstof. Dergelijke conclusies, hoe wel door Dalton niet genoemd, hebben misschien het hare er toe bijgedragen, om hem tegen Gay-Lussac's wet in te nemen, en in de niet genoegzame overeenstemming van diens onderzoekingen met die van anderen, vond hij aanleiding om aan hare nauwkeurigheid te twijfelen. Hoe het mogelijk was het bezwaar, dat tegen de overeenstemming van de wet van Gay-Lussac met Dalton's atomistische theorie werkelijk bestond, uit den weg te ruimen, zullen wij in een volgend hoofdstuk zien. Vooraf moeten wij echter om de tijdsorde niet te kort te doen, en om den geheelen toe-

stand der wetenschap omstreeks 1810 te kunnen overzien, nog een blik werpen op de ontdekkingen, door Humphry Davy in het eerste decennium dezer eeuw gedaan.

Alle chemici, wier geschriften wij tot dusverre beschouwd hebben, bepaalden zich voornamelijk tot quantitatieve onderzoekingen om door dezen hunne theoretische beschouwingen te steunen. De onderzoekingen van Davy daarentegen, die ongeveer 1800 begonnen, waren hoofdzakelijk van qualitatieven aard. Hij toch bestudeerde den invloed van den galvanischen stroom op verschillende stoffen. Reeds voor hem hadden sommige geleerden op deze wijze stoffen ontleed, bijv. water, maar bij de ontleding daarvan meende men steeds het ontstaan van zure en alkalische stoffen te kunnen aantoonen. Zijne eerste onderzoekingen in deze richting betroffen deze kwestie, en deze werd door hem zoo grondig onderzocht, alle storende invloeden zoo juist naar waarde en invloed gevonden, dat hem de eer harer oplossing toekomt. Eenmaal op dit veld van onderzoek werkzaam, ging hij er steeds op voort, schaarde zich [1]) wat de meeningen over het ontstaan van galvanische stroomen betreft, aan de zijde van Volta, d. i. nam met hem de contacttheorie aan, en meende nu hierin eene verklaring zoowel voor het ontstaan der scheikundige werking, als voor het ontstaan der stroomen te vinden. Zijne theoretische ideën ontwikkelde hij van af 1806 hoofdzakelijk in verhandelingen voorkomende in de Philosophical Trans-

---

[1]) Phil. Transact. 1807. p. 32.

actions. In 1808 ontdekte hij de alkaliën. [1]) Door deze en meer andere belangrijke ontdekkingen werd zijn invloed en aanhang hoe langer hoe grooter, en werkelijk waren ongeveer 1810 reeds vele geleerden aanhangers zijner theorie, die in hoofdzaak op het volgende neêrkwam, en door hem in haar geheel ontwikkeld werd in zijn in 1812 verschenen werk, Elements of chemical philosophy. Chemische veranderingen en electrische veranderingen zijn, hoewel als verschillende verschijnselen, toch als uitwerkingen van eene zelfde kracht te beschouwen; electrische verschijnselen hebben plaats, als stoffen in massa op elkaâr werken, chemische bij de inwerking der kleinste deeltjes; dezelfde kracht, die de lichamen in tegengestelde toestanden, positief en negatief electrisch, brengt en hen zoodoende aantrekkingsvermogen voor elkander geeft, deelt ook aan de kleinste deeltjes een aantrekkingsvermogen mede waardoor zij zich, als zij zich vrij kunnen bewegen, tot chemische verbindingen vereenigen.

Deze theorie geheel gegrond op de contacttheorie kon deze laatste natuurlijk niet overleven, maar bij haar val was reeds eene dergelijke theorie door Berzelius opgesteld, die beter aan de eischen des tijds voldeed en algemeen aangenomen werd.

Tengevolge van Davy's glansrijke ontdekkingen meende men in de electrochemische richting de eenige ware te zien, en de meeste geleerden sloegen dezen weg in. Zijne

---

[1]) Phil. Transact. 1809. p. 91.

onderzoekingen hadden evenwel veel strijd ten gevolge over de samenstelling van menige stof. Onder dezen nemen ammoniak en chloor eene eerste plaats in. Over de samenstelling van chloor en zoutzuur heerschten zeer uiteenloopende gevoelens, en alle tijdschriften uit dien tijd zijn met verhandelingen er over opgevuld; te meer trok deze kwestie zeer de aandacht, daar hierbij de theorie van Lavoisier over de zuren ernstig bedreigd werd. Bij eene dergelijke algemeene agitatie, bij een dergelijk eenparig streven in eene qepaalde richting, kon het wel niet anders, dan dat sommige andere vraagstukken, die op dit oogenblik van minder belang schenen, verwaarloosd werden of onopgemerkt bleven.

---

## TWEEDE HOOFDSTUK.

In het vorig hoofdstuk hebben wij de ontdekking van Gay-Lussac leeren kennen, dat van verschillende gassen, zoowel van enkelvoudige als samengestelde, de specifieke gewichten, zoo die bij gelijken druk en gelijke temperatuur gemeten worden, evenredig zijn aan hunne empirisch gevonden verbindingsgewichten; naar aanleiding hiervan stelde hij de bekende wet der volumina op.

Volgens Dalton's evenzoo bekende theorie zagen wij, dat chemische werkingen altijd tusschen een bepaald, meest klein, aantal atomen plaats vindt.

Uit deze twee gecombineerd besloot men, hetzij tot de ongerijmdheid van een der twee wetten (Dalton), hetzij tot de identiteit van volumen en atoom (bijna alle toenmalige geleerden).

De eerste, die toen ten tijde (1811) de ware conclusie uit deze twee wetten trok en het middel aan de hand gaf ze met elkander in overeenstemming te brengen, was

Amedeo Avogadro [1]) in zijne verhandeling: „Essai d'une manière de déterminer les masses relatives des molécules

---

[1]) Ik meende het niet van belang ontbloot, te trachten eenige biographische bijzonderheden omtrent den nog te weinig bekenden Avogadro bijeen te brengen. In het lexicon van Poggendorff zocht ik hem te vergeefs, evenzoo in Hoefer's Nouvelle bibliothèque universelle, dat echter tome III pag. 878 het volgende omtrent het geheele geslacht bevat: „Avogadro, une des plus anciennes familles de Lombardie, établies depuis des siècles dans le Verceilliois. Elle reçut le nom d'Avogadro (Avocat) parce qu'elle était, dès le douzième siècle, chargée des affaires contentieuses du clergé et qu'elle descendait de Gualonis de Avocatis. Une branche eut le titre de comte." Omtrent hemzelf heb ik het volgende ontleend aan een stuk van G. D. Botto, getiteld: „Cenni biografici sulla vita et sulle opere del Conte Amedeo Avogadro" voorkomende in de Memorio della reale Accademia delle scienze di Torino. Serie II Tomo XVII. pag. 475 sqq.

Amedeo Avogadro werd den 9den Juni 1776 te Turijn geboren. Zijn vader was de beroemde magistraat Ridder Filippo Avogadro, zijne moeder Anna Vercellona. Zijn eerste onderwijs genoot hij op het lyceum te Turijn, waar hij getuigenis aflegde van zijn vluggen geest, en met zeer veel voorliefde de natuurphilosophische vakken bestudeerde, onder leiding van den beroemden Vasalli. Geheel andere studiën echter, als die waarvoor hij zooveel aanleg toonde, wachtten hem bij het verlaten van het lyceum. De tradities van zijn geslacht en de roem van zijn naam noodzaakten hem om te kiezen tusschen de toga en het zwaard, maar ook hier werd het cedant arma togae bewaarheid. Hij koos het eerste, en stelde de groote verwachtingen, die men van hem koesterde, niet te leur, want op negentienjarigen leeftijd had hij reeds den doctorstitel verkregen. Spoedig kreeg hij de betrekking van Avvocato de' Poveri, en toonde naast zijn groot verstand ook een uitstekend karakter te bezitten. Ondertusschen beoefende hij de levende talen en bleef zich verder aan zijne lievelingsstudiën wijden. Weldra werd hij door den inspecteur van het onderwijs

élémentaires des corps et les proportions selon lesquelles elles entrent dans les combinaisons." [1])

Na toch op beide wetten gewezen te hebben zegt hij pag. 58: „Il faut donc admettre qu'il y a aussi des rapports très simples entre les volumes des substances gazeuses et le nombre des molécules simples ou composées qui les forme. L'hypothèse qui se présente la première à cet égard, et qui parait même la seule admissible, est de sup-

---

benoemd aan het Collegio delle Provincia, en drie jaren hierna tot professor in physica en philosophie aan het lyceum te Vercelli. In Nov. 1820 werd hij hoogleeraar voor physica aan de hoogeschool te Turijn. Behalve van de koninklijke academie van wetenschappen te Turijn was hij lid van vele binnen- en buitenlandsche geleerde genootschappen. Zijne wetenschappelijke verhandelingen maakte hij van 1806 af openbaar, hoofdzakelijk in het Giorn. di Fis. di Pavia. De eerste handelen over electrische inductie 1806—1807, toen schreef hij over den moleculairen toestand van gassen 1811—1814 en over die van vaste stoffen 1818—1819, later nog over specifieke warmte, en gaf zelfs in 1838 een werk uit, getiteld: Fisica de' corpi ponderabili. Van zijne hand bestaat ook eene vertaling van Nauman's Crystallographie. Hij stierf 9 Juli 1856.

In Oettinger, Moniteur des dates tome I pag. 46 vond ik: „Amedeo conte d'Avogadro Italienischer Arts und Physiker, geb. 9 Aug. 1776, gest. in Turin 11 Juli 1856." Hiermede is klaarblijkelijk dezelfde bedoeld, maar het is niet oneigenaardig geboortedag, sterfdag én beroep, alles eenigszins foutief te vinden opgegeven.

In de Annales cliniques de Montpellier van 1856 moet ook eene levensbeschrijving voorkomen. Ik heb dit werk echter niet in handen kunnen krijgen.

[1]) Journal de Physique par Delamétherie. LXXIII. p. 58 en LXXVIII. p. 131 (1811 en 1814).

poser que le nombre des molécules intégrantes, dans les gaz quelconques, est toujours à volume égal, le même, ou est toujours proportional aux volumes." Reeds dadelijk begint hij het aannemelijke dezer hypothese ook op physische gronden te bepleiten. Hij kent de wetten van Boyle en Gay-Lussac, volgens welke de volumina van gassen van druk en temperatuur afhangen, terwijl hij, even als al zijne tijdgenooten, nog aan de stoffelijke natuur der warmte gelooft, en zegt dan met betrekking hierop pag. 58: „En effet si l'on supposait que le nombre des molécules dans un volume donné fût différent pour différents gaz, il ne serait guère possible de concevoir que la loi qui présiderait à la distance des molécules, pût donner, en tout cas, des rapports aussi simples que les faits que nous venons de citer nous obligent à admettre entre le volume et le nombre des molécules." Hij vindt nu eenige moleculairgewichten van enkelvoudige stoffen door dichtheidsbepalingen in overeenstemming met de uitkomsten der proeven van Gay-Lussac. Voor dat hij tot de samengestelde gassen overgaat, werpt hij de vraag op, of hier niet de moleculen eene grootere plaats moeten innemen, maar zegt pag. 60: „Il se présente assez naturellement, un moyen d'expliquer les faits de ce genre conformément à notre hypothèse: c'est de supposer que les molécules constituantes d'un gaz quelconque, c'est à dire celles qui s'y tiennent à une distance à ne pouvoir exercer leurs actions mutuelles, ne sont pas formeés d'une seule molécule élémentaire, mais résul-

tent d'un certain nombre de molécules réunies en une seule par attraction; et que lorsque des molécules d'une autre substance doivent se joindre à celles-là pour former des molécules composées, la molécule intégrante qui devrait en résulter se partage en deux ou plusieurs parties ou molécules intégrantes composées de la moitié, du quart, etc. du nombre des molécules élémentaires, etc." „Ainsi la molécule intégrante de l'eau sera composée d'une demi-molécule d'oxygène avec une molécule, ou ce qui est la même chose deux demi-molécules, d'hydrogène" (pag. 61). Evenzoo komt hij pag. 70 en 71, bij de bespreking van de vorming van zoutzuur, tot de conclusie, dat de molécules intégrantes van waterstof en chloor minstens uit twee molécules élémentaires bestaan. Nu volgt eene bepaling van de moleculairgewichten van alle bekende gassen. Hij vindt voor allen dezelfde waarden als Gay-Lussac, en wijst telkens op de eenvoudige verhouding tusschen zijne en de door Dalton gevonden waarden. Hij besluit dan ook met te zeggen, dat hij meent een grooten steun aan Dalton's theorie te hebben gegeven, daar hij van een geheel algemeen denkbeeld uitgaande tot resultaten komt, die deze met de onderzoekingen van Gay-Lussac in overeenstemming brengen [1]).

---

[1]) In deze verhandeling spreekt hij ook over de oxigénicité, waaronder hij de eigenschap verstaat, dat alle stoffen zoodanig in eene reeks gesteld kunnen worden, dat zij in de eene richting zuren, in de andere bases ten opzichte van elkaàr zijn. Dit staat echter tot ons onderwerp in geene betrekking, en kan dus verder stilzwijgend voorbijgegaan worden.

In het tweede deel dezer verhandeling, dat in 1814 verscheen, zegt hij vooreerst, dat niemand zijne hypothese aangevallen heeft, en gaat dan, op grond van soms zeer gewaagde vooronderstellingen, de moleculairgewichten van vloeistoffen en vaste stoffen bepalen. Belangrijks bevat dit stuk echter niets.

Deze verhandeling van Avogadro staat geheel op zich zelf; zooals hij zelf zegt (in 1814) heeft niemand zijne hypothese aangevallen, maar hij had er tevens bij kunnen voegen dat ook niemand haar had aangenomen. Zijn naam is in geen der volgende jaargangen van de belangrijkste tijdschriften te vinden, zelfs niet bij die geleerden die hetzelfde of een dergelijk denkbeeld vertegenwoordigden. De reden hiervan is echter geloof ik niet ver te zoeken; zij ligt tamelijk voor de hand en is drieledig.

Ten eerste valt de tijd, waarin Avogadro zijne verhandeling schreef juist samen met dien, waarop de strijd over het al of niet element zijn van chloor, over de samenstelling van zoutzuur en andere waterstofzuren en ammoniak, zoo zeer aan de orde was en aan bijna allen geleerden zooveel werk verschafte, dat eene theoretische bespiegeling onopgemerkt bleef.

Ten tweede was toen ten tijde het onderscheid tusschen chemische en physische kleinste deeltjes, tusschen atoom en molecule, nog niet zoo dringend noodzakelijk, dat men na kennisneming van de verhandeling dadelijk tot het aannemen zou overgaan.

Ten derde eindelijk valt in dezen tijd ook het invoeren

van het woord equivalent door Wollaston, en deze was zoo gelukkig dit langzamerhand door bijna alle chemici te zien aannemen; terwijl ook Berzelius, die de hypothese van Avogadro niet kende, of haar ten minste geen recht heeft laten wedervaren, reeds grooten invloed begon te krijgen.

Even ongelukkig als Avogadro was Ampère, die in 1814 in eene verhandeling: „Sur la détermination des proportions dans lesquelles les corps se combinent d'après le nombre et la disposition des molécules, dont leurs particules intégrantes sont composées" [1]), in beginsel dezelfde denkbeelden verkondigde, maar wat helderheid van begrip en uitdrukking betreft, verre bij Avogadro achterstaat. Hij toch zag in zijne particules (= molécules intégrantes van Avogadro) tevens de eigenlijk kristalvormende en den kristalvorm bepalende deeltjes, [2]) waarover reeds Hauy geschreven, en met den naam van molécules intégrantes bestempeld had. [3])

Ook Wollaston nam, echter met het doel om den kristalvorm te bepalen, twee soorten van kleinste deeltjes aan. In het Journal de Physique [4]) toch vinden wij de mede-

---

[1]) Annales de Chemie. XC. p. 43.

[2]) In eene noot bij Lothar Meyer in zijn Moderne Theoriën der Chemie (1873) vind ik, dat Avogadro in zijn Fisica de' corpi ponderabili (1838) tegen deze uitbreiding der hypothese opgekomen is.

[3]) Het schijnt dat Ampère later meer over dit onderwerp geschreven heeft. In een nu (Maart 1873) uitgekomen werkje L'architecture du monde des atomes par Marc Antoine Gaudin, wordt dit vermeld en Ampère lof toegekend.

[4]) Journal de Physique. LXXVI. p. 317.

deeling, dat deze geleerde in eene den 26sten Nov. 1812 gehouden verhandeling sur les molécules intégrantes des cristaux aannam, dat de molécules premières de la matière sont de forme sphérique.

Hoewel dus op het tijdstip der opstelling niemand zich voor deze hypothese verklaarde, en hoewel wij, nergens òf Avogadro, òf Ampère als haar grondlegger genoemd vinden, zien wij toch dat sommige andere geleerden later een tijd lang dezelfde meening waren toegedaan. Wij kunnen deze verschillende meeningen het beste nagaan, en de redenen die hare vertegenwoordigers telkens tot hunne meening drongen het beste leeren kennen, wanneer wij geregeld de geschiedenis onzer wetenschap vervolgen.

In het jaar 1814 schreef Wollaston [1]), die, tot dien tijd, altijd als een groot verdediger en aanhanger van Dalton's atomistische theorie bekend stond, eene verhandeling, waarin hij Dalton, te recht, zijne willekeurigheid bij de bepaling der atoomgewichten verweet, en aantoonde hoe hypothetisch zijne stellingen en dus ook zijne getallen waren. Om verder een einde te maken aan de verwarring die begon te ontstaan, door het gebruiken van zeer verschillende namen voor dezelfde zaak (atoomgewichten, verbindingsgewichten, moindre proportions (Davy), mengingsverhoudingen, enz.), stelde hij voor, voortaan het woord equivalent te gebruiken, waarvan hij het begrip aan de hem zeer goed bekende onderzoekingen van Richter ontleende.

---

[1]) Zie Kopp. Gesch. der Chemie. II. S. 373.

Had hij dit begrip consequent doorgevoerd, dan zou zeker de theoretische chemie niet zoo laag gedaald zijn, als zij nu deed tengevolge zijner inconsequentie. Hij toch maakte dezelfde fout, als hij aan Dalton verweet. Hoewel uitgaande van het begrip: equivalent zijn die hoeveelheden, die zich met elkaâr vereenigen, bepaalt hij toch het equivalent van koolstof reeds zoodanig, dat in koolzuur 2 equivalenten zuurstof met 1 equivalent koolstof verbonden, moeten worden aangenomen. Hierdoor worden vele zijner equivalentgewichten dezelfde als de vroegere atoomgewichten en ontstaat het zeer verkeerde, maar toch lang aangenomen denkbeeld, dat de atomen onderling equivalent zijn.

In 1815 meende Proust [1]) bewezen te hebben, dat de atoomgewichten der gasvormige elementen multipla van dat van waterstof zijn. Weldra begon Thomson [2]) deze hypothese op andere elementen toe te passen, en meende dit door zijne atoomgewichtsbepalingen te kunnen staven. Dit had het zeer nauwkeurig bepalen dezer getallen door verschillende geleerden ten gevolge, onder wien Berzelius, die trouwens reeds van 1808 af hiermede bezig was, eene eerste plaats inneemt. Voor wij echter zijn atoomgewichtsbepalingen nagaan, zullen wij een kort overzicht zijner theorie trachten te geven.

---

[1]) Thomson. Annals of Philosophy. VI. p. 321.

[2]) Thomson. An attempt to establish the first principles of Chemistry by experiment.

Volgens Berzelius [1]) ontstaan chemische verbindingen, door het samenkomen van atomen. De oorzaak der chemische werking is de affiniteit, maar deze is weder het gevolg van electrische eigenschappen der atomen. [2]) Deze bezitten namelijk twee electrische polen, welke echter niet even sterk zijn; de atomen zijn unipolair [3]), de electriciteit van de eene pool heeft den boventoon boven die van de andere pool, zoodat ieder atoom, dus ook ieder element bepaald electro-positief of negatief is; hierdoor laten zich ook alle enkelvoudige lichamen in eene reeks (spanningreeks) brengen. [4]) De affiniteit hangt hoofdzakelijk af van de intensiteit dezer polariteit, maar is tevens van physische invloeden afhankelijk. Chemische werking openbaart zich het krachtigst, wanneer de lichamen vloeibaar zijn, want dan kunnen de deeltjes zich het gemakkelijkst bewegen. [5]) Eene verbinding van de eerste orde is nog electrisch, en dus tot chemische werking in staat, omdat bij de vereeniging maar eene pool geneutraliseerd werd; zij is nog unipolair en kan zich dus weder met een ander atoom tot eene verbinding van de tweede orde vereenigen. De electrische eigenschappen der geoxideerde lichamen [6]) hangen slechts van het met zuurstof verbonden element of radicaal af. De zuurstof toch vormt de sterkst electro-positieve en

---

[1]) Zie Berzelius. Leerboek der Scheikunde. Hollandsche vertaling. Deel III. Afdeeling I.

[2]) l. c. pag. 22. [3]) l. c. pag. 31. [4]) l. c. pag. 29.

[5]) l. c. pag. 32. [6]) l. c. pag. 33.

de sterkst electro-negatieve verbindingen en kan dus in die verbindingen zelve geen invloed uitoefenen. Ook de keurverwantschap [1]) wordt bepaald, door dat in sommige lichamen eene sterkere polariteit voorhanden is dan in andere; hierbij wordt echter nog eenigszins massa en cohesie in aanmerking genomen. De licht ontplofbare [2]) verbindingen zijn door zwakke polariteit gevormd, die echter bij hoogere temperatuur spoedig toeneemt en dan verplaatsing der deeltjes ten gevolge heeft.

Dit zijn in het kort de stellingen, waarvan Berzelius uitgaat, en waarop hij zijn zuiver dualistisch leerstelsel optrok. Hooren wij wat hij zelf uit bovengenoemde stellingen afleidt: [3]) „Wanneer de electrochemische gezigtspunten juist zijn, volgt daaruit, dat elke scheikundige verbinding enkel en alleen van twee tegenovergestelde krachten, de positieve en negatieve electriciteit, afhangt, en dat dus elke verbinding uit twee, door de werking hunner electrochemische reactie vereenigde deelen zamengesteld moet zijn, vermits er geen derde kracht bestaat. Hieruit volgt dat elk zamengesteld lichaam, welk ook het getal zijner deelen zijn mag, in twee deelen gedeeld kan worden, waarvan het eene positief en het andere negatief electrisch is. Zoo is bijv. de sulphas sodae niet uit zwavel, oxygenium en sodium zamengesteld, maar uit acidum sulphuricum en

---

[1]) l. c. pag. 33.

[2]) l. c. pag. 34.

[3]) l. c. pag. 34.

uit soda, die wederom ieder op zich zelf in een electropositief en een electronegatief bestanddeel kunnen gedeeld worden." Als aanhangsel aan de verbindingen worden nu de oplossingen besproken die juist hierom van eene verschillende natuur zijn, omdat zij onder warmteverbruik plaats vinden, terwijl bij verbindingen het omgekeerde plaats heeft. [1]) Dit alles geldt echter „hoofdzakelijk voor de anorganische natuur; in de organische vinden wij andere verhoudingen". [2])

Na deze korte herinnering aan de nog tamelijk algemeen bekende electro-chemische, bij uitstek dualistische theorie van Berzelius, kunnen wij zijne atoomgewichtsbepalingen en denkbeelden over atoom, volumen, enz. nagaan. Zijn voornaamste punt van uitgang is de wet van Gay-Lussac, die volgens hem [3]) „wanneer men atomen in plaats van volumen zegt, en zich de ligchamen in vasten, in plaats van in gasvormigen staat voorstelt, een der onmiddelijkste bewijzen ten voordeele van de (atomistische) hypothese van Dalton is". Hieruit blijkt reeds dat voor hem atoom en volumen identiek zijn. Dit eenmaal aangenomen, behoeft hij het onderscheid tusschen atoom en molecule niet te maken, te meer daar hij de moeilijkheden, die hij nu zou kunnen ontmoeten, ontwijkt, door een streng onderscheid tusschen enkelvoudige en samengestelde gassen aan

---

[1]) l. c. pag. 34.

[2]) l. c. pag. 34.

[3]) l. c. pag. 11.

te nemen [1]), en door voor waterstof en overeenkomstige elementen zijn bekende dubbelatoom in te voeren. Trouwens een paar bladzijden later zegt hij zelf nog ten overvloede: [2]) „De ligchamen, uit onontbindbare grondstoffen gevormd, moeten uit kleinste deeltjes zamengesteld zijn, wier grootte zich niet meer verdeelen laat, en die men particulae, atomen, moleculen, chemische equivalenten, enz. kan noemen. Ik zal bij voorkeur de benaming atome kiezen." Dat voor hem atoom, volumen en equivalent werkelijk van gelijke beteekenis zijn, kan nog blijken uit de volgende belangrijke uitspraak. [3]) „Sommige scheikundigen stellen zich voor dat de gassen der brandbare ligchamen, b. v. die van het hydrogenium, azotum, chlorium, op een gegeven volumen slechts half zooveel atomen bevatteden, als het gas oxygenium, zoodat bijv. twee volumina hydrogenium een evenzoo groot aantal atomen bevat als een volumen oxygenium, om welke reden men het water als uit een atome van elk zijner grondstoffen te zamengesteld geloofde te kunnen beschouwen. Deze aanneming die in geene natuurlijke verhouding eenigen grond hoegenaamd heeft, werd het eerst door den engelschen scheikundige Thomson te berde gebragt, en is sedert door zeer vele anderen gevolgd geworden. Het is klaar dat de onjuistheid dezer aanneming

---

[1]) l. c. pag. 19.

[2]) l. c. pag. 14.

[3]) l. c. pag. 38.

niet door vergelijking van het betrekkelijk getal weegbare atomen in de gassen der enkelvoudige ligchamen kan bewezen worden; doch zij laat zich uit andere punten wederleggen. Uit datgene, wat ik beneden zal vermelden, blijkt, dat wij met volkomen zekerheid het betrekkelijk gewigt van de atomen der zwavel, die een brandbaar ligchaam is, en der zuurstof kennen, waaruit wederom volgt, dat het hydrogenium sulphuratum, hetwelk, volkomen eveneens als het water in gasvorm, een aan de daarin bevatte waterstof gelijk volumen heeft, zonder tegenspraak uit twee atomen waterstof en een atome zwavel bestaat. Niets is echter natuurlijker, dan aan te nemen, dat het eene dezer, op gelijksoortige wijze zamengestelde ligchamen, gelijk ook het andere op twee atomen waterstof een atome van het andere bestanddeel bevatte. Indien men daartegen wilde inbrengen, dat de zwavel zoo groote analogien met de zuurstof hebbe, dat ten aanzien der zwavel het zelfde zou moeten gelden, als van de zuurstof, zoo kan men aan deze tegenwerping de zamenstelling van het acidum hyposulphuricum tegenover stellen, hetwelk uit twee atomen zwavel en vijf atomen zuurstof bestaat, en hetwelk toont, dat het gewigt van het atome en volumen der zwavel tot elkander moeten staan, als bij het chlorium, azotum en hydrogenium, dat wil zeggen, dat atome en volume hetzelfde moeten zijn. Het is bovendien bekend, dat azotum zich met niet minder dan zijn drievoudig volumen gas hydrogenium (in de ammonia) verbindt, men zou dus om gelijke reden moeten aannemen, dat het azotum 3 maal

zooveel weegbare atomen als de waterstof bevat, waarvan men toch op andere wegen de onjuistheid bewijzen kan."

Het is duidelijk dat Berzelius aan de wet der volumina alleen niet genoeg had, om zijne atoomgewichtsbepalingen te kunnen uitvoeren; hij stelt dan ook [1]) in zijn hoofdstuk „over de bepaling van enkelvoudige atomen," nog een paar regels op, die hij uit zijne algemeene beschouwingen heeft afgeleid. Vooreerst zegt hij dat men, wanneer een element of radicaal verschillende oxiden vormt, en de hoeveelheden zuurstof, die zich met dezelfde hoeveelheid van het element verbinden, zich verhouden als 1 : 2, men dan moet aannemen, dat in de eene verbinding één atoom radicaal met één atoom zuurstof verbonden is, terwijl in de andere daarentegen één atoom element met twee atomen zuurstof verbonden is. Is de verhouding der hoeveelheden zuurstof als 2 : 3 dan kan in de eerste één atoom radicaal met twee atomen zuurstof en in de tweede één atoom radicaal met drie atomen zuurstof verbonden zijn, maar óók is het mogelijk, dat in de eerste één atoom element met één atoom zuurstof en in de tweede twee atomen element met drie atomen zuurstof verbonden zijn.

Het verdient opmerking dat hij deze tweede mogelijkheid eerst in 1828 aanneemt; hieruit volgt dat zijne oude atoomgewichten van de metalen (1819) bijna alle dubbel zoo groot waren, als die welke hij later (1828) voor goed vaststelde. Eene der voornaamste redenen die hem hiertoe

---

[1]) l. c. pag. 39.

noodzaakten, was de wet van Dulong en Petit. Deze vonden toch [1]), dat het produkt van specifieke warmte en atoomgewicht, voor 12 metalen en zwavel, een constant getal was, mits zij voor de metalen de helft kleinere atoomgewichten aannamen, dan Berzelius had opgegeven. Door nu de pas genoemde regel aan te nemen, was hij in staat zijne atoomgewichten tot de helft te verminderen en ze dus met deze wet, die weldra over alle enkelvoudige stoffen, en in 1831 door Neumann [2]) zelfs over analoog samengestelde verbindingen, werd uitgestrekt, in overeenstemming te brengen.

Een tweede regel van Berzelius was, dat wanneer zich eene basis met een zuur verbindt, de zuurstofatomen in het zuur een rationeel veelvoud van de zuurstofatomen in de basis zijn, terwijl dan het getal dat het veelvoud aanduidt, meest gelijk is aan het aantal zuurstofatomen in de basis.

Later gebruikte hij nog eene regel, echter bij het in 1819 verschijnen van zijn Essai nog niet bekend, nl. de wet van Mitscherlich over isomorphisme, welke deze in 1820 ontdekt had [3]), en welke Berzelius aldus formuleert [4]): „Wanneer een ligchaam isomorphisch is met een ander ligchaam, waarin men het aantal der atomen kent, wordt daardoor het aantal atomen in beiden bekend, omdat de isomorphie een mechanisch gevolg der gelijkheid in atomistische constructie is."

---

[1]) Ann. de Chimie et de Physique. X. p. 395.

[2]) Poggendorff's Annalen. XXII. S. 1.

[3]) Ann. de Chimie et de Physique. XIV. p. 172. XIX. p. 350.

[4]) l. c. pag. 39.

Wij zien dus dat Berzelius de eerste was die tamelijk algemeen bruikbare methoden voor atoomgewichtsbepaling aan de hand gaf, en al ware dit zijne eenige verdienste geweest, dan zou zijn naam toch altijd met roem genoemd moeten worden. Hoeveel de wetenschap echter buitendien aan hem te danken heeft is algemeen bekend, maar staat met ons onderwerp te weinig in verband om hier uitvoerig behandeld te worden.

In Frankrijk bleef de wet der volumina ook een tijd lang de basis der theoretische beschouwingen. Gay-Lussac, haar ontdekker, ijverde sterk tegen het gelijk stellen van het begrip equivalent met dat van atoom. Hij toonde in zijne voorlezingen in de Faculté des Sciences het onderscheid duidelijk aan, en voerde het begrip equivalent tot zijne ware beteekenis terug, door bijv. het equivalent van aluinaarde Al $^{2}/_{3}$ O te schrijven, terwijl hij aan het atoom eene driemaal grootere waarde toekende [1]). Het onderscheid tusschen atoom en molecule vinden wij bij hem evenmin als bij Berzelius.

Hetzelfde is het geval met Thénard, die door het zeer verbreid zijn van zijn Traité de Chimie een vrij grooten invloed uitoefende. In zijne „Notions préléminaires" lezen wij [2]): „Dans tous les cas, quelle que soit leur nature ou leur manière d'être, qu'elles soient simples ou composées, nous les (les parties les plus petites) désig-

---

[1]) Gay-Lussac. Cours de Chimie. 1828. pag. 16.

[2]) Thénard. Traité de Chimie. 1829. I. pag. 2.

nerons par le nom d'atomes ou de molécules: de la des atomes ou molécules simples, des atomes ou molécules binaires, etc.

Il est essentiel de distinguer les atomes appartenant à chacun des corps qui s'unissent, des atomes qui, provenant de cette union, forment masse par leur rapprochement ou leur aggrégation. Nous appelons les premiers atomes constituans et les autres atomes intégrans.

Les atomes intégrans sont donc tous de la même nature que le corps dont ils font partie; ce sont à proprement parler, les particules de ce corps: aussi leur donne-t'-on souvent ce nom, et cette dénomination est même préférable, en ce qu'elle évite la confusion du language: nous nous en servirons par la suite.

Les atomes constituans sont au contraire, de nature différente; ils se combinent un à un, ou deux à un, etc., enfin toujours en petit nombre, comme nous le verrons bientôt, pour constituer des atomes intégrans ou des particules. Tous les corps composés contiennent ces deux genres d'atomes, tandisque les corps simples n' en peuvent contenir que d'un genre, c'est-à-dire d' intégrans."

Hieruit blijkt dat hij het onderscheid tusschen atoom en molecule slechts ten halve aanneemt, of liever even als Berzelius onderscheid maakt tusschen enkelvoudige en samengestelde stoffen, en de kleinste deeltjes van elk dezer respectievelijk met den naam atomen en particulen bestempelt. Dit blijkt ten overvloede ook uit de wijze, waarop hij over de wet der volumina spreekt. Hier zijn beide

ideën weder ineen gesmolten, want ook hij neemt volumen en atoom als van dezelfde waarde aan [1]), maar beperkt echter de wet tot elementaire gassen. Naast zijne atoomgewichten ruimt hij ook aan de equivalenten of nombres proportionnels eene plaats in. [2]) Even als Gay-Lussac maakt hij werkelijk onderscheid tusschen deze twee; water bijv. bestaat volgens hem: [3])

„En prop. 1 d' hyd. 12,435 + 1 d' ox. 100,00

En atom. 2 d' hyd. 12,435 + 1 d' ox. 100,00."

Evenzoo geeft hij bijv. bij aluinaarde [4]) op dat dit bestaat:

„En prop. 1 d' aluminium 114,11 + 1 d' oxig. 100.

En atom. 1 d' aluminium 3 × 114,11 + 3 d' oxig. 300."

Hier wordt dus ook het atoomgewicht driemaal grooter dan het equivalentgewicht.

De meest juiste ideën vinden wij echter bij Dumas. Deze [5]) beweert in 1828 dat het equivalentbegrip niet tot grondslag van een systeem kan dienen, maar dat men hiertoe alleen van de atomistische theorie kan gebruik maken. Voor zijne atoomgewichtsbepalingen gaat hij in de eerste plaats van de wet der volumina uit en neemt hierbij aan, „que les gaz, dans des circonstances semblables, sont composés de molécules ou d'atomes placés à la même distance, ce qui revient à dire qu'ils en renferment le même nombre sous un même volume [6])." Deze atomes

---

[1]) l. c. I. pag. 52. [2]) l. c. I. pag. 50.

[3]) l. c. I. pag. 203. [4]) l. c. I. pag. 285.

[5]) Dumas. Traité de Chimie appliquée aux arts.

[6]) Dumas. Traité de Chimie appliquée aux arts. I. pag. XXXV.

zijn echter nog niet de allerkleinste deeltjes, zelf zegt hij er het volgende van: „Nous appellerons atomes les groupes de molécules chimiques qui existent isolés dans les gaz. Les atomes des gaz simples contiendront donc toujours un certain nombre de molécules qui nous est inconnu. [1])" In hem zien wij dus een waren vertegenwoordiger van Avogadro's hypothese, maar hij staat in zijne meening vrij wel alleen, en heeft zelfs een heftigen aanval van Berzelius te verduren, daar deze in zijn Jahresbericht voor 1828 het aannemen van deelen van atomen voor groote dwaasheid verklaart. Geheel duidelijk heeft hij echter de kwestie ook niet ingezien, want de resultaten die hem de wet van Dulong en Petit levert, beschouwt hij ook als de gewichten van atomen. Zijne atomen zijn echter hetzelfde als onze moleculen, en het ligt voor de hand dat hij hierdoor soms tot verkeerde gevolgtrekkingen komt. Zijne atoomgewichten stemmen grootendeels met die van Berzelius overeen, die trouwens, zooals wij gezien hebben, het verschil tusschen atoom- en moleculairgewicht niet kennende, ook een mengsel van beiden als atoomgewichten opgeeft. Hij blijft zijne proefnemingen voortzetten [2]), maar komt in de eerstvolgende 10 jaar tot resultaten, die hij volstrekt niet meer verklaren kan. Hij vindt het atoomgewicht van phosphorus tweemaal, dat van zwavel driemaal

---

[1]) l. c. I pag. XL.

[2]) Zie zijne verhandelingen in de Ann. de Chimie et de Physique. XXXIII. p. 337. XLVI. p. 288. XLIX. p. 210. L. p. 170.

grooter dan hij het uit vluchtige verbindingen, enz. had afgeleid, terwijl hij dat van kwikzilver gelijk de helft der vroeger aangenomen waarde vindt. Nu begint ook hij te twijfelen aan de waarheid zijner onderstellingen en hetgeen hij, vroeger de ijverigste voorstander, in zijne, Leçons sur la philosophie chimique (1838) over de hypothesen voor atoomgewichtsbepalingen zegt, kunnen wij dus zeer goed als eene zachte uitdrukking der algemeene opinie te dien tijde beschouwen.

Wat de hypothese van Avogadro betreft zegt hij: „Ainsi donc, point de milieu: il faut ou renoncer aux plus belles analogies de la chimie, et à des lois que nous discuterons à l'heure et qui sont pleines d'intérêt, ou convenir qu' à volume égal le phosphore, l'arsénic et l'azote ne contiennent pas le même nombre d'atomes. [1])" „Ainsi, il faut le déclarer nettement: les gaz, même quand ils sont simples, ne renferment pas, à volume égal, le même nombre d'atomes, du moins le même nombre d'atomes chimiques. [2])"

Niet beter vergaat het de wet van Dulong en Petit, waarvan hij zegt: „Mais malheureusement cette loi nouvelle appliquée à la détermination des atomes chimiques va nous offrir non moins d'exceptions que la loi d'égalité du nombre d'atomes à volume gazeux égal [3])", en eenige pagina's verder: „Ainsi les densités à l'état gazeux et les chaleurs spécifiques sont loin de nous suffire pour fixer le

---

[1]) Dumas. Leçons sur la philosophie chimique. pag. 226.

[2]) l. c. pag. 227. [3]) l. c. pag. 230.

poids des atomes chimiques et ne sauraient d'ailleurs s'appliquer à tous les corps." [1])

De wet van het isomorphisme heeft volgens hem nog eenige waarde „l'application de l'isomorphisme à la recherche des poids d'atomes se fait avec la plus grande facilité." [2]) Maar wat zijn atomen, „comment définir leur nombre, même relatif, dans les volumes gazeux, leurs poids dans les masses soumises aux expériences de capacités calorifiques, les rapports suivant lesquels ils sont réunis dans les cristaux? En un mot, quelle confiance méritent les poids atomiques adoptés et la marche suivie pour les déterminer?" [3])

„Je terminerai par une dernière considération, par celle qui, si j'en étais le maître, se graverait le plus profond dans vos esprits. Nous avons vu, par les résultats de Wenzel, de Richter, qu'il existe en chimie des équivalents que l'on découvre facilement par la voie de l'expérience." [4])

„Ce qui nous reste c'est la conviction que la chimie s'est égarée là (dans la région des atomes) comme toujours, quand abandonnant l'expérience, elle a voulu marcher sans guide au travers des ténèbres. L'expérience à la main vous trouvez les équivalents de Wenzel, les équivalents de Mitscherlich, mais vous cherchez vainement les atomes tels que votre imagination a pu les rêver en accordant à ce mot consacré malheureusement dans la langue des chimistes

---

[1]) l. c. pag. 240.
[2]) l. c. pag. 242.
[3]) l. c. pag. 243.
[4]) l. c. pag. 244.

une confiance qu'il ne mérite pas. Si j'en étais le maître, j'effacerais le mot atome de la science, persuadé qu'il va plus loin que l'expérience; et jamais en chimie nous ne devons aller plus loin que l'expérience". [1])

Wij zien dus Dumas het atoombegrip verwerpen en het equivalent er voor invoeren; werkelijk was het omstreeks 1840 zoover gekomen, dat men, gehoor gevende aan Wollaston, die in Duitschland een grooten helper gevonden had aan Leopold Gmelin, algemeen het atoom als te hypothetisch ging beschouwen. De invloed van Gmelin en zijne school was steeds grooter en grooter geworden; een grooten steun hadden zij voor hunne meening gewonnen door Faraday's electrolytische wet [2]), en hun leer werd algemeen verspreid door het bekende, Handbuch der Chemie van Gmelin, waarin zijne equivalentgetallen aangenomen waren. Hoeveel strijd en moeite het gekost heeft weder heldere, juiste ideën in zwang te brengen, zullen wij in een volgend hoofdstuk zien; wij hebben het echter vooral te danken aan de ontwikkeling der organische chemie en zullen dus eerst kort haar geschiedenis tot, en haar stand omstreeks 1840 nagaan.

Reeds boven (pag. 41) hebben wij gezien dat Berzelius omstreeks 1820 verklaarde dat in de organische chemie geheel andere verhoudingen bestonden als in de anorganische. Zij was dan werkelijk ook nog weinig verder ont-

---

[1]) l. c. pag. 246.

[2]) Experimental Researches. 1833.

wikkeld dan ten tijde van Lavoisier, de vis vitalis heerschte nog zoo onbeperkt mogelijk; het begrip radicaal was ook nog steeds hetzelfde gebleven, het was nog de van zuurstof bevrijdde rest van een lichaam, die de rol van element speelde. De eerste stoot aan hare theoretische ontwikkeling, waarvan de eerste phase gewoonlijk als die van de radicaaltheorie bekend is, werd gegeven door de verhandeling van Dumas en Boullay [1]) over etherachtige verbindingen. Hierin n. l. nemen zij een radicaal $C_4 H_4$ [$= 2(C_2 H_2)$ Dumas' atoomgewichten $C = 6$] aan, dat zij met den naam van Aetherin bestempelen. Zij meenen hierdoor in staat te zijn, deze verbindingen in overeenstemming te kunnen brengen met de ammonia-verbindingen, waarin zij het radicaal $NH_3$ aannemen. Het opmerkelijkste is echter de afwijking van Lavoisier's definitie van radicaal, die nog steeds in zwang was. De door hen aangenomen radicalen voldoen niet meer aan de eerste helft dier definitie, zij zijn niet meer de van zuurstof bevrijdde resten van lichamen, zij zijn alleen atoomgroepen die de rol van element spelen. Weldra ging men in deze nog verder: Wöhler en Liebig [2]) namen in hunne verhandeling over bittere-amandelolie (1832) zelfs een zuurstofhoudend radicaal Benzoyl aan. In 1837 geeft Liebig dan ook de volgende beroemd geworden definitie [3]): „Wir nennen also Cyan ein Radical weil es

[1]) Ann. de Chimie et de Physique. [2] XXXVII. pag. 15.
[2]) Ann. der Pharmacie. III. S. 249.
[3]) Ann. der Chemie und Pharmacie. XXV. S. 3.

1° der nicht wechselnde Bestandtheil in einer Reihe von Verbindungen ist, weil es 2° sich in diezen ersetzen lässt durch andere einfachen Körper, weil 3° sich in seinen Verbindungen mit einem einfachen Körper diesen letzteren ausscheiden und vertreten lässt durch Aequivalente von anderen einfachen Körpern." Uit deze bepaling blijkt dat men zich de radicalen voorstelde, als zeer vast vereenigde atoomgroepen niet alleen, maar zelfs als werkelijk in de verbindingen aanwezig, als iets reëels, waaruit volgt dat ook in elke verbinding maar é é n b e p a a l d r a d i c a a l aangenomen kan worden. Dat dit weldra aanleiding gaf tot oneenigheid in de keuze der aan te nemen radicalen ligt voor de hand.

Naast de pasgenoemde hypothese bijv. van Dumas en Boullay over de samenstelling van ether, enz., kwam weldra eene van Berzelius en andere geleerden, die in de ammoniaverbindingen het radicaal Ammonium $NH_4$ veronderstelden en nu alkohol, ether, enz. hiermede in overeenstemming zoeken te brengen door in de eerste het radicaal $C_4 H_{12}$ en in de tweede $C_4 H_{10}$ (Berzelius' atoomgew. $C = 12$) aan te nemen. Liebig verwerpt het afzonderlijke radicaal voor alkohol, beschouwt deze als het hydraat van ether en geeft aan het gemeenschappelijk radicaal den naam van Aethyl. Dat hij hierdoor in een gelijk volumen alkohol- en etherdamp een verschillend aantal atomen aan moet nemen, is voor hem geen bezwaar. Hij zegt toch zelf[1]:

---

[1]) Ann. der Chemie und Pharmacie. IX. S. 16.

„das specif. Gewicht des Alkoholdampfes kann nicht als Grund für seine Constitution als ein oxyd eines anderen Radicals angesehen werden."

Ook nog eene derde meening over hetzelfde punt vindt verdedigers en wel die, dat men in alkohol enz. het radicaal Acetyl $C_4H_6$ en hiermede overeenkomstig in de ammoniaverbindingen Amid $NH_2$ moet aannemen. Even uiteenloopend waren natuurlijk de meeningen over andere verbindingen.

Dat Berzelius een ijverig verdediger der radicalen werd, ligt voor de hand; hierdoor toch had hij de gelegenheid gekregen zijne dualistische theorie ook over de organische chemie uit te breiden. Spoedig echter was de radicaaltheorie haar einde nabij; de onderzoekingen van Dumas en Laurent over substitutie waren bekend geworden; deze waren tevens de oorzaak, dat weldra ook het geheele electrochemische systeem van Berzelius ten val gebracht werd, en het dualisme op den achtergrond geraakte; zij voerden er toe om de radicalen als veranderlijk, de chemische verbindingen als eenheid te beschouwen.

Hoewel het denkbeeld der substitutie reeds uit de leer der equivalenten of uit het isomorphisme had kunnen worden afgeleid, vinden wij het, het eerst door Dumas besproken in eene verhandeling van 1834, over de werking van chloor op verschillende organische stoffen. Hij stelt daarin de volgende algemeene regels op [1]:

---

[1]) Ann. de Chimie et de Physique [2] LVI. pag. 113. Zie ook Laurent. Méthode de Chimie. pag. 242. noot.

1°. „Quand on traite une substance organique par le chlore, le brôme, l'iode ou l'oxygène, ces corps lui enlèvent généralement de l'hydrogène, et pour 1 équivalent d'hydrogène enlevé, il se fixe 1 équivalent de chlore, de brôme, d'iode ou d'oxygène dans le composé.

2°. Si une partie de l'hydrogène se trouve, dans la substance organique, à l'état d'eau (comme dans l'alcool) elle sera enlevée par le chlore ou l'oxygène sans substitution."

In het 5de deel van zijn Traité de Chimie (1835) luiden deze regels [1]):

1°. „Quand un corps hydrogéné est soumis à l'action déshydrogénante du chlore, du brôme, de l'iode, de l'oxygène, etc. par chaque atome d'hydrogène qu'il perd, il gagne un atome de chlore, de brôme, d'iode, ou un demi-atome d'oxygène," etc.

Wij zien dus dat hij ook hier het verschil tusschen atoom en equivalent volhoudt, door één atoom waterstof equivalent aan een half atoom zuurstof te nemen.

Naast Dumas zijn het Regnault, Péligot en Malagutti, maar vooral Laurent, die veel tot de kennis der substitutieverschijnselen hebben bijgedragen. Deze laatste wees er op, dat zoo er werkelijk equivalente substitutie plaats heeft, dat er dan ook analogie tusschen het oorspronkelijke en het gesubstitueerde lichaam bestaat. Hij zelf formuleert

---

[1]) Dumas. Traité de Chimie. V. pag. 99.

deze regel aldus [1]): „Lorsqu'il y a substitution équivalente de l'hydrogène par le chlore ou le brôme, le chlore vient prendre la place qui était occupée par l'hydrogène et jouer, de quelque sorte, son rôle; par conséquent le composé chloré doit avoir de l'analogie avec le composé dont il dérive." Aan de hand van dezen regel komt hij er toe, eene theorie voor de samenstelling der organische lichamen op te stellen, die onder den naam van kerntheorie bekend is. Volgens hem toch zijn in alle organische lichamen bepaalde atoomgroepen, kernen, aanwezig, die hetzij uit verbindingen van koolstof en waterstof bestaan en dan stamkernen heeten, hetzij uit deze verbindingen van koolstof en waterstof, waarin een deel der waterstofatomen door andere stoffen gesubstitueerd is, en dan nevenkernen genoemd worden. Aan deze kernen kunnen zich echter ook een onbepaald aantal atomen aanhechten, en op deze wijze nevenkernen doen ontstaan. (Een punt van verschil tusschen hem en Dumas). Het is duidelijk dat deze theorie na aan de radicaaltheorie verwant, en geheel uit haar ontstaan is. Één groot verschil bestaat echter tusschen beiden, n. l. dat volgens de radicaaltheorie de radicalen iets reëels, constants, bestaande waren, terwijl volgens Laurent de kernen slechts verbindingen zijn, die door substitutie veranderd kunnen worden, zonder echter hierbij hare kenmerkende eigenschappen te verliezen. Daar hij het aantal

---

[1]) Laurent. Thèse de Docteur. Paris. 1857. Zie ook Laurent. Méthode de Chimie. pag. 242. noot.

koolstofatomen in de kern constant aannam, en naar het aantal dezer de lichamen in verschillende reeksen plaatste, was het een zeer geschikt stelsel voor systematiek; van daar werd het dan ook door Gmelin in zijn Handbuch gevolgd. Ook Laurent hield het onderscheid tusschen atoom en equivalent staande, zooals bijv. hieruit blijkt, dat hij de met 16 deelen zuurstof equivalente hoeveelheid stikstof, naar Binneau's [1]) bepaling, op 9,33 aannam, dat is op $^2/_3$ van het atoomgewicht.

Over het geheel vond Laurent's theorie weinig bijval. Berzelius [2]) was zij natuurlijk een doorn in het oog; voor hem was het iets onmogelijks, dat het electronegatieve chloor de plaats in zou kunnen nemen van de electropositieve waterstof. Ook Liebig [3]) schreef eene scherpe kritiek over deze theorie, die dit tegen zich had dat zij op weinig feiten gegrond was. Spoedig zou het echter blijken dat hare gronddenkbeelden waarheid bevatten.

In 1839 namelijk maakte Dumas [4]) zijne verhandeling over het chloorazijnzuur openbaar, waarin hij mededeelt, dat hij door werking van chloor op azijnzuur, een gekristalliseerd lichaam verkregen heeft, dat nog alle eigenschappen van azijnzuur bezit, maar waarin 6 atomen waterstof door 6 atomen chloor gesubstitueerd zijn. Hij komt tot de gevolgtrekking dat „es in der organischen

---

[1]) Ann. de Chimie et de Physique. [2] LXVII. p. 225.

[2]) Berzelius. Jahresbericht 1839.

[3]) Ann. der Chemie und Pharmacie. XXV. S. 1.

[4]) Ann. der Chemie und Pharmacie. XXXII. S. 101.

Chemie gewisse Typen gibt, welche bestehen bleiben, selbst wenn man an die Stelle des Wasserstoffs, den sie enthalten, ein gleiches Volum Chloor, Brom oder Jod bringt," en stelt nu hierop doorgaande eene, de kerntheorie zeer na verwante, theorie op, die echter door eene belangrijke proefneming en door Dumas' naam gesteund, meer aanhangers vond dan deze eerste, en bekend is onder den naam van typentheorie. Een onderscheid tusschen beide theoriën was nog, dat Dumas aannam, dat ook koolstof kan vervangen worden, terwijl dit volgens Laurent niet mogelijk was.

Na het opstellen dezer unitaire theorie duurde het natuurlijk zeer kort, of er werd een aanval op het dualistisch systeem van Berzelius gewaagd [1]), en hoewel Berzelius zelf zich nooit gewonnen heeft willen geven, en zijn heil ging zoeken in het aannemen van gepaarde verbindingen, kan men toch aannemen, dat omstreeks 1840 de electrochemische theorie had afgedaan. Welke echter de heerschende was is moeilijk te zeggen. Alle hier genoemde theoriën vonden nog verdedigers, en aan deze versnippering der beste krachten is het waarschijnlijk toe te schrijven, dat zich ook op dit gebied de invloed van Gmelin en zijne school steeds sterker begon te doen gevoelen, en dat zeer velen het begrip equivalent, zooals hij dat gebruikte, gingen aannemen.

---

[1]) Ann. der Chemie und Pharmacie. XXXIII. pag. 291.

## DERDE HOOFDSTUK.

Al was het, zooals wij gezien hebben, omstreeks 1840 met den toestand der theoretische chemie over het geheel zeer slecht gesteld, zoo waren er toch enkelen, die op het door Dumas en vooral door Laurent betreden spoor voortgingen, en weldra de wetenschap een geheel ander aanzien zouden geven. Onder dezen neemt Gerhardt de eerste plaats in, vooreerst door de veranderingen, die hij in de kern- en typentheorie bracht, maar vooral, door dat hij het geweest is, die in gemeenschap met Laurent het eerste, het juiste onderscheid gemaakt heeft tusschen atoom, molecule en equivalent, een onderscheid, waarop wij gerust kunnen zeggen dat onze geheele theoretische wetenschap rust.

In eene zijner eerste verhandelingen [1]) bespreekt hij de vraag of water, ammoniak, enz. in organische verbindingen werkelijk reeds als zoodanig bestaan, of bij hare ontleding gevormd worden. Zijn antwoord luidt ten gunste

[1]) Journal für praktische Chemie. XV. S. 37.

der laatste opvatting; de oorzaak van het zoo dikwijls optreden van dergelijke verbindingen ligt in hare stabiliteit, in de groote verwantschap, welke hare bestanddeelen voor elkander bezitten.

Deze opvatting bracht hem er toe, om over de substitutieverschijnselen geheel nieuwe gezichtspunten te openen en de theorie der resten en der gepaarde verbindingen te vestigen. De belangrijkste verhandeling hieromtrent is die, welke in de Annales de Chimie et de Physique van 1839 voorkomt, en waaraan ik het volgende ontleend heb om zijne ideën het beste weer te geven. Hij bespreekt vooreerst de indifferente stoffen, die ontstaan door werking van zuren op indifferente organische verbindingen. Hooren wij hem zelf [1]: „M. Mitscherlich a fait voir qu'en faisant agir de l'acide azotique sur de la benzine $C_{24}$ $H_{12}$, dont la molécule représente 4 volumes de vapeur, on obtient de la nitrobenzine

$$C_{24}\ H_{10}\ (Az_2\ O_4)$$

dont la molécule représente également 4 volumes de vapeur. Le produit n'est donc autre chose que de la benzine, à laquelle 1 équivalent d'hydrogène a été enlevé par 1 équivalent d'oxigène de l'acide azotique pour former de l'eau, et remplacé par le reste des élémens de l'acide désoxidé, c'est-à-dire par $Az_2$ $O_4$. Ce n'est pas de l'acide hypoazotique qui s'est substitué à l'hydrogène enlevé, mais le restant des élémens du corps réagissant, c'est-à-dire

[1]) Ann. de Chimie et de Physique [2] LXXII. p. 186.

les élémens $Az_2O_4$ sous une forme particulière telle que la molécule primitive du corps organique n'en a pas été altérée; car comme le prouve l'expérience, le produit est indifférent, et représente 4 volumes de vapeur, comme la benzine elle même. Il faut bien se garder de confondre les substitutions de cette nature avec les déplacemens que nous observons dans la décomposition des sels; ce sont deux modes de combinaison tout-à-fait distincts; car dans une combinaison saline, un oxide en chasse un autre du même ordre, et se met à sa place. Rien de pareil n'a lieu dans les substitutions d'un corps simple par un corps composé: ce dernier n'expulse pas le corps simple pour en prendre la place, mais la substitution est toujours précédée de la séparation d'un corps très simple, tel que l'eau, formé aux dépens d'un des élémens du corps réagissant et d'un des élémens du corps soumis à son action; ce sont les élémens restans de l'un et de l'autre corps qui demeurent alors unis, c'est-à-dire les élémens restans du corps réagissant se substituent à l'élément enlevé de la matière organique". En eenige pagina's verder [1]: „Les éthers composés, ou plutôt les alcools (esprits de bois) dérivés, ne renferment pas de l'acide sulfureux, ou de l'acide acéteux $C_8H_6O_2$, ou le radicale benzoïle qui se serait substitué à l'hydrogène enlevé, mais ils contiennent le restant des élémens de l'acide, qui a cédé 1 équivalent d'oxigène à 1 équivalent d'hydrogène de l'esprit de bois pour

---

[1]) l. c. pag. 191.

former de l'eau. Ces élémens de l'acide, qui demeurent unis au restant des élémens de la substance organique, s'y trouvent sous une forme particulière identique avec celle qu'occupe $SO_2$ ou $Az_2O_4$ dans la sulfonaphtaline ou la nitronaphtaline. [1]) Quelle est cette forme nous ne pouvous le dire; mais nous pouvons affirmer que cette forme n'est pas celle que présente l'acide sulfureux ou l'oxide de plomb dans le sulfite de plomb, et, pour l'en distinguer, nous l'appelons forme de substitution."

Deze voorstelling der radicalen als atoomgroepen van dezelfde samenstelling maar van een geheel ander wezen als de met haar overeenstemmende, vrij voorkomende verbindingen, heeft er veel toe bijgedragen, dat men meer algemeen de veranderlijkheid der radicalen begon aan te nemen.

Aan dit begrip der in een bijzonderen vorm voorkomende resten, had Gerhardt evenwel niet genoeg om alle verschijnselen te verklaren, want naast de substitutieverschijnselen kent hij ook nog aanhechtingen (additions) en wel twee soorten; vooreerst die waarbij de „capacité de saturation" verandert (zoutvorming), en ten andere die waarbij dit niet plaats heeft. De op deze laatste manier gevormde groep van lichamen noemt hij gepaarde verbindingen (corps copulés). Na toch de werking van zwavel-

---

[1]) In eene noot pag. 188 deelt hij mede dat de naam, die door Berzelius en zijne aanhangers aan deze verbinding gegeven werd, was nitrite d'oxide d'icodécatesséryle.

Een aardig voorbeeld van de dwaze nomenclatuur der hypothetische radicalen dier geleerden.

zuur op terpentijnolie, aceton en sulfobenzine te hebben nagegaan, zegt hij [1]: „Voilà donc trois expériences directes qui prouvent que l'acide sulfurique peut s'unir à des corps qui ne sont pas des oxides métalliques, sans les décomposer et sans changer de capacité de saturation. Quelle forme prennent ces corps en entrant dans la constitution de l'acide sulfurique? nous l'ignorons; mais ce qui est positif, c'est que cette forme n'est ni la forme binaire (celle que présentent les bases et les acides dans les sels) car le produit n'offre pas le caractère de déplacement des sels; ni la forme de substitution, car il ne s'est séparé aucun élément de l'acide sulfurique ni du corps indifférent et il ne s'est rien substitué ni au corps indifférent ni à l'acide sulfurique; il faut donc que ce soit une forme particulière de combinaison chimique, et pour la distinguer des deux autres, nous la désignerons sous le nom de forme d'accouplement. Ainsi l'on dira que l'acide sulfurique, et comme lui un grand nombre d'autres oxides oxigenés peuvent s'accoupler avec des corps qui ne sont pas des oxides métalliques, et particulièrement avec des substances organiques indifférentes, lesquelles modifient seulement les propriétés de ces acides sans les saturer, c'est-à-dire sans en altérer la capacité de saturation. L'acide sulfobenzinique est donc de l'acide sulfurique uni par accouplement à de la sulfobenzine, que nous appellerons la substance copulative ou la coupule."

---

[1]) l. c. pag. 199 sqq.

Ik meen met deze beide aanhalingen te kunnen volstaan en niet verder behoeven uit te weiden, hoe langzamerhand zijne opvatting van gepaarde verbindingen veranderde, hoe hij hiertoe bijv. in 1843 ook verbindingen, door substitutie of aanhechting van resten ontstaan rekende, enz. daar dit alles voor ons onderwerp van zeer ondergeschikt belang is. Evenmin geloof ik dat het noodzakelijk is, zijne wet over de basisciteit van gecopuleerde verbindingen (1845) en de uitbreiding hieraan in 1848 door Strecker gegeven te behandelen.

Van meer belang voor ons zijn zijne verhandelingen en bemoeiingen over het herzien en vaststellen der atoom- en moleculairgewichten, want door deze werd de stoot gegeven, dat eindelijk de wet van Avogadro weder tot haar recht kwam, en tot grondslag van een leerstelsel gebruikt werd. Zij komen voor in de Annales de Chimie et de Physique van het jaar 1843, en al bevatten zij ook nog niet de volledige scheiding tusschen de begrippen atoom, molecule en equivalent (die eerst door Laurent in 1846 gemaakt is), zoo is het toch reeds zijn streven, om eene zekere basis te vinden, waarvan men bij het bepalen der atoomgewichten moet uitgaan. Deze bestaat volgens hem niet, daar de formules, waarmede de organische verbindingen voorgesteld worden, met betrekking tot eene andere eenheid zijn opgesteld, als die welke men in de anorganische chemie gebruikt.

Gaan wij in het kort den gang zijner redeneering na. Na uit een groot aantal, in den vorm van vergelijkingen

voorgestelde, chemische omzettingen aangetoond te hebben [1]), dat steeds de vrij wordende hoeveelheid water, koolzuur of ammoniak voorgesteld wordt door de formules $C_4O_4$, $H_4O_2$ en $Az_2H_6$, of hunne veelvouden, zegt hij [2]): „Voilà ce que prouve l'expérience; mais on sait que les chimistes considèrent $C_4O_4$ et $H_4O_2$ comme représentant deux équivalents de chacun de ces corps. Cela est-il bien exact, ou ne faut-il pas plutôt doubler les nombres admis pour l'eau et l'acide carbonique pour avoir leur véritable équivalent? Tout le monde connait les anomalies bizarres qui existent dans la théorie atomique, la théorie des volumes et la théorie des équivalents. D'après les deux premières l'eau se compose de deux volumes ou atomes d'hydrogène et d'un volume d'oxygène; la théorie des équivalents, au contraire, dit que l'eau se compose d'équivalents égaux d'hydrogène et d'oxygène, de sorte que 1 vol. ou atome d'oxygène correspond à 1 équivalent d'oxygène, tandis que 2 volumes ou atomes d'hydrogène ne correspondent aussi qu'à 1 équivalent d'hydrogène. Selon nous, l'équivalent de l'eau, représenté d'après la nomenclature aujourd'hui reçue, est $H_4$ $O_2$; mais $H_4$ représente 2 équivalents d'hydrogène et $O_2$ un seul équivalent d'oxygène. Ainsi nous dirons que l'eau renferme 2 équivalents, ou atomes, ou volumes d'hydrogène et 1 équivalent, ou atome, ou volume d'oxygène; sa formule doit être $H_2O$, H étant 12,5 et O étant 200."

---

[1]) Ann. de Chimie et de Physique. [3] VII. p. 129—139.

[2]) l. c. pag. 140.

„Disons donc pour résumer que les nombres admis aujourd'hui pour exprimer l'équivalent de l'oxygène (du soufre, du sélénium, du chrome, etc.) et du charbon sont de moitié trop faibles comparativement à ceux qui représentent l'équivalent de l'hydrogène, de quelques métaux, du chlore, du brome, de l'azote, etc." [1]).

In het tweede gedeelte dezer verhandeling [2]) begint hij nog eens met de vraag te stellen, of men $C_4O_4$ en $H_4O_2$ als één, of wel als twee equivalenten moet beschouwen en zegt [3]): „Dans la première hypothèse, il faudrait donc doubler les formules de la chimie minérale, pour les faire accorder avec les formules organiques; dans l'autre, au contraire, il faudrait prendre la moitié de la plupart d'entre ces dernières. Cela revient à dire qu'en chimie minérale le terme de comparaison auquel les équivalents se rapportent, est un poids de 100 d'oxygène, tandis que ce terme a été jusqu'á présent, en chimie organique, de 200 d'oxygène. On a donc attribué à l'oxygène organique un poids double de celui de l'oxygène minéral."

Nu gaat hij na hoe dit misbruik ontstaan is, en verklaart dit op eene zeer eenvoudige wijze. Men nam aan dat water bestond uit 1 equivalent waterstof en 1 equivalent zuurstof; in overeenstemming hiermede moesten de metaaloxiden dan ook 1 equivalent metaal en 1 equivalent zuur-

---

[1]) l. c. pag. 143.

[2]) Ann. de Chim. et de Phys. [3] VIII. pag. 238 sqq.

[3]) l. c. pag. 239.

stof bevatten. Hiermede bepaalde men weder het equivalent der organische zuren, en bracht dit terug op 1 equivalent metaal, vergetende echter, dat dit twee equivalenten had moeten zijn, om in overeenstemming te zijn met het equivalent van waterstof, daar toch water 2 atomen en dus 2 equivalenten waterstof bevat. De onduidelijkheid die in deze redeneering schijnt te liggen, verdwijnt geheel wanneer wij er bij in aanmerking nemen, dat Gerhardt waar hij van equivalenten spreekt, niet de equivalenten van Gmelin bedoelt, maar niets anders dan atoomgewichten. Dit vooropgezet is zijne verklaring duidelijk en waar.

Na er nu op gewezen te hebben, dat in anorganische formules hierdoor ook enkele fouten zijn ingeslopen, en na nog eenige feiten opgesomd te hebben, die de slechte overeenstemming tusschen de formules der anorganische en organische chemie ten duidelijkste bewijzen, zegt hij, in het vervolg slechts die formules te zullen gebruiken, die met O = 100 overeenstemmen; dientengevolge halveert hij de formules van de meeste organische stoffen. Eindelijk vat hij zijne denkbeelden in de volgende vijf stellingen samen [1]:

„Les équivalents adoptés en chimie organique sont en désaccord avec les formules minérales."

„Les formules organiques sont de moitié trop fortes comparativement à ces dernières."

„Il faut dédoubler les formules organiques pour avoir

---

[1]) l. c. pag. 245.

leur équivalent comparativement à celui de l'eau $H_2O$, de l'ammoniaque $AzH_3$, etc."

„Atomes, équivalents et volumes sont synonymes."

„Les densités des gaz sont proportionnelles à leurs équivalents."

Veel meer dan de kiem voor verdere ontwikkeling bevatten deze verhandelingen zooals men ziet niet. Wel trekt Gerhardt te velde tegen het misbruik van het equivalent, maar door zelf ook weder dit woord, al is het ook in eene andere beteekenis, te gaan gebruiken, verliest hij veel aan duidelijkheid, en komt hij ook tot de vreemdschijnende gevolgtrekking: „atomes, équivalents et volumes sont synonymes." Hij wil reeds eene eenheid als „terme de comparaison" hebben, maar gaat niet zoo ver mede te deelen, op welke wijze deze te verkrijgen, alleen tracht hij zijne equivalent (atoom) gewichten in overeenstemming te brengen met $O = 100$.

De denkbeelden in deze verhandelingen nedergelegd verder te ontwikkelen was het werk van Laurent; voornamelijk deed hij dit naar aanleiding zijner onderzoekingen „sur les combinaisons azotées." [1])

Reeds dadelijk begint hij met de equivalentgetallen van Gerhardt aan te nemen, en stelt dan, aannemende dat men de formules der verschillende lichamen zoodanig schrijft, dat de daardoor uitgedrukte hoeveelheden overeenkomen

---

[1]) Ann. de Chimie et de Physique. [3] XVIII. pag. 266.

met 2 volumina, de volgende regel op [1]): „Dans toute substance organique, la somme des atomes de l'hydrogène, de l'azote, du phosphor, de l'arsénic, des métaux et des corps halogènes doit être un nombre pair." Hij verzekert dat deze regel met de equivalenten van Gerhardt staat of valt, en zal dus de waarheid dier getallen toelichten en bewijzen. Wij behoeven echter niet bij alle tabellen en berekeningen, die nu volgen, te blijven stilstaan. Belangrijker is vooreerst zijne definitie van equivalent, daar hij hier tevens het onderscheid tusschen equivalent en molecule doet uitkomen. Zij luidt [2]): „L'équivalent d'un acide est la quantité de ce corps qui sature 1 équivalent d'oxyde de potassium pris comme point de comparaison. C'est une définition, ni plus, ni moins, et je ne vois pas comment on peut d'une définition tirer la loi suivante: 1 atome d'acide se combine avec 1 atome de métal pour former un sel neutre."..... „La définition de l'équivalent me prouve bien que $N_2 H_2 O_6$ est l'équivalent de $SH_2 O_4$, mais elle ne me démontre en aucune façon que la molécule de l'acide sulfurique n'est pas $S_2 H_4 O_8$ ou $S_4 H_8 O_{16}$; et, si nous adoptions cette dernière formule, nous dirions qu'il faut employer 1 molécule d'acide sulfurique ou 4 équivalents pour décomposer 1 molécule ou 1 équivalent de nitrate de potasse." [3])

Hij begint nu, even als Dumas in zijne, Leçons sur la philosophie chimique, met de verschillende we-

---

[1]) l. c. pag. 268. [2]) l. c. pag. 284. [3]) l. c. pag. 285.

gen te bespreken, die tot eene „terme de comparaison" kunnen leiden, maar komt tot geheel andere resultaten als deze. Wij zagen toch, dat Dumas in 1838 alle bestaande methoden verwierp, en in het vervolg slechts van equivalenten wilde weten; deze worden door Laurent juist het meest gelaakt. Hooren wij slechts weder zijne eigen uitspraken: „Pour étudier les propriétés des corps, il nous faudrait une terme de comparaison, une mesure commune. On s'est d'abord servi de l'équivalent; mais, tout en reconnaissant les services que son employ a rendus à la science, il faut avouer qu'il y a souvant de l'arbitraire dans cette mesure, et que l'équivalent d'un corps simple est tout aussi difficile à déterminer que l'équivalent d'un acide." [1]) etc. „L'équivalent ne peut donc pas nous servir, de commune mesure dans tous les cas, surtout pour les acides polybasiques." [2])

Nu overgaande tot de volumina, zegt hij [3]): „Si nous nous servons du volume comme terme de comparaison, nous arriverons à des résultats très intéressants." Hij toont aan dat met Gerhardt's formules en gewichten werkelijk gelijkheid van volumen voor de moleculen van enkelvoudige en samengestelde lichamen verkregen wordt, dat specifieke warmte, isomorphisme, enz. alle deze waarden bevestigen, en besluit met in 13 stellingen de overige voordeelen aan deze schrijfwijze verbonden uit een te zetten.

---

[1]) l. c. pag. 286. [2]) l. c. pag. 287.

[3]) l. c. pag. 287.

Enkele stoffen blijven slechts afwijkingen vertoonen bijv. chloorammonium, zwavel, enz.

Eenmaal zoover gegaan, dat hij de gelijkheid van molecule als basis, en de gelijkheid van volumen als weg ter bepaling aangenomen heeft, moet hij ook verder gaan en het onderscheid tusschen atoom en molecule aannemen. Wij lezen dan ook [1]: „Nous admettrons que chaque molécule de corps simples est au moins divisible en deux parties que nous pourrions nommer atome; ces molécules ne peuvent se diviser que dans le cas de combinaison;" en eene pagina verder vinden wij de volgende definities van beide: [2])

„L'atome, de M. Gerhardt, représente la plus petite quantité d'un corps simple qui puisse exister dans une combinaison.

Ma molécule représenterait la plus petite quantité d'un corps simple qu'il faut employer pour opérer une combinaison, quantité qui est divisible en deux par l'acte même de la combinaison. Ainsi Cl peut entrer dans une combinaison, mais pour faire celle-ci, il faut employer $Cl_2$".

Ten slotte wijst hij er op, hoe ook juist door deze deelbaarheid der molecule in atomen, eene eenvoudige verklaring voor de verhoogde affiniteit, die stoffen in den zoogenaamden status nascens vertoonen, verkregen wordt.

---

[1]) l. c. pag. 295.

[2]) l. c. pag. 296.

Wij zien dus in 1846 door Laurent dezelfde hypothese opstellen, als 35 jaar vroeger door Avogadro.

Hij beproeft, met behulp van Gerhardt, deze theoriën ingang te doen vinden, en tot grondslag van een systeem te gebruiken, maar ondervindt van alle zijden tegenwerking. De wet der volumina vond bijna geen aanhangers, de dampdichtheidsbepalingen behoorden geheel op physisch gebied, en zoolang dus geen zuiver chemisch hulpmiddel bestond, om de relatieve grootte der moleculen te kunnen bepalen, meende men zich van de equivalenten te moeten blijven bedienen.

De eer dit chemisch middel te hebben aangewezen, en hierdoor het aannemen van Laurent's en Gerhardt's denkbeelden bijna noodzakelijk te hebben gemaakt, komt den engelschman Williamson toe.

Door inwerking van kaliumethylaat op jodethyl, hoopte hij alkohol door synthese te kunnen verkrijgen; in plaats van alkohol kreeg hij echter ether. [1]) Hij overziet dadelijk de verre strekking van deze uitkomst en gebruikt haar, na zijne denkbeelden door tal van analoge proeven te hebben bevestigd, om de ethervorming, waarover nog zeer verschillende opinies heerschten (men denke slechts aan de boven besproken Aetherin, Aethyl en Acetyl-theorie), te verklaren. Hij vindt de reeds in 1846 door Laurent [2]) gemaakte voorstelling juist, dat ether ontstaat, door één waterstofatoom in alkohol door ethyl te vervangen.

---

[1]) Ann. der Chemie und Pharmacie. LXXVII. S. 37.

[2]) Ann. de Chimie et de Physique. [3] XVIII. pag. 266.

Hij breidt zijne onderzoekingen over andere samengestelde ethers uit, en gaat eindelijk op dezelfde wijze de vorming van azijnzuur verklaren. [1]) Ook hier vindt hij de door Gerhardt aangenomen formule in overeenstemming met zijne resultaten, en brengt zijne formule weder in een vorm, waaruit de analogie met ether en alkohol blijkt, maar waarbij ook tevens de overeenstemming in samenstelling met water, waarop evenwel reeds vroeger door Laurent en Griffin gewezen was, duidelijk in het oog valt. Hij eindigt deze verhandeling dan ook met te zeggen [2]): „Die hier angewendte Methode, die rationelle Constitution der Körper durch Vergleichung mit Wasser festzustellen, scheint mir grosser Ausdehnung fähig zu sein, und ich stehe nicht an zu sagen, dass ihre Einführung durch Vereinfachung unserer Ansichten und durch Feststellung eines gemeinsamen Vergleichpunkts zur Beurtheilung chemischer Reactionen nützen wird." En hij had gelijk; hij toch had door zijne onderzoekingen en gevolgtrekkingen aan de, door Laurent reeds gezochten „terme de comparaison" eene chemische basis gegeven, en weldra bleek het ook, door de onderzoekingen van Wurtz, Friedel, Crafts, enz., dat langs dezen chemischen weg bepaalde moleculairgrootten in overeenstemming waren, met de uit de wet der volumina, waarbij Avogadro's hypothese ten gronde gelegd was, afgeleidde. Dit dwong natuurlijk de geleerden de indentiteit van chemische

---

[1]) Ann. der Chemie und Pharmacie. LXXXI. S. 73.

[2]) l. c. pag. 87.

en physische moleculen, en hiermede tevens de waarde der physische methoden ter bepaling hunner relatieve gewichten, aan te nemen.

Op theoretisch gebied deden deze onderzoekingen ook weldra haar invloed gevoelen, en leidden tot het opstellen der zoogenaamde nieuwere typentheorie door Gerhardt. Het materiaal hiertoe was in den laatsten tijd van verschillende zijden in overvloed geleverd. Wurtz' onderzoekingen over het ureum en zijne derivaten hadden hem deze met ammoniak doen vergelijken, zoodat wij hem als den grondlegger dezer type kunnen beschouwen, even als Laurent van de type water. Naast deze onderzoekingen van Wurtz staan die van Williamson over twee- en meerbasische zuren, die hem er toe brachten, meerbasische radicalen aan te nemen en in de typen in te voeren, enz. Gerhardt weet van al deze ontdekkingen op eene meesterlijke wijze partij te trekken, om een stelsel te geven dat alle bekende verbindingen omvat. Hij stelt de bekende homologe en heterologe reeksen op, waardoor de plaats van elk lichaam in het systeem als 't ware te voren bepaald wordt, tracht de formules van alle lichamen terug te brengen tot vier grondvormen, zijne typen, en beschouwt alle chemische reacties als berustende op dubbelde uitwisseling van atomen of atoomgroepen. Deze typentheorie van Gerhardt is echter algemeen bekend; het is daarom geloof ik niet noodig haar breedvoerig te gaan uiteenzetten. In zijn Traité de chimie organique, dat ongeveer 1856, tegelijk in het fransch en duitsch uitkwam, is zij gevolgd; het 4de deel

is hoofdzakelijk aan de theorie gewijd. Omstreeks dien zelfden tijd (1854) schreef ook Laurent een zeer lezenswaardig werk, Mèthode de chimie, dat als voorlooper en wegbereider van Gerhardt's Traité kan beschouwd worden.

Het belangrijkste van Gerhardt's typentheorie is voor ons echter, dat dit het eerste theoretisch leerstelsel was, dat op de hypothese van Avogadro was gegrond, en al mogen wij dan uit de verhandeling van Laurent (1846) gezien hebben, dat haar reeds toen recht wedervoer, zoo moeten wij toch 1856 als het jaar aannemen, waarop zij werd, wat zij wezen moest, en sinds ook gebleven is, de hoeksteen der chemie.

Hoe belangrijk de denkbeelden van Berzelius en zijne aanhangers na 1840 ook waren, hoe interessant de theorie der gepaarde verbindingen van Kolbe en Frankland ook moge zijn, en hoeveel deze ook tot de algemeene ontwikkeling onzer wetenschap mogen hebben bijgedragen, zoo geloof ik toch, dat wij ze hier met stilzwijgen kunnen voorbijgaan, primo omdat zij niets hebben bijgedragen tot de aanneming van Avogadro's hypothese, daar zij het onderscheid tusschen atoom, molecule en equivalent niet maakten; en secundo omdat hunne tegenwerkende invloed niet zoo groot was, dat zij werkelijk het aannemen er van konden tegengaan of vertragen.

Evenzoo geloof ik dat het onnoodig is den tijd na Gerhardt te behandelen. Hoewel het aanzien van ons theoretisch leerstelsel geheel van uiterlijk veranderde, hoewel de typentheorie van Gerhardt plaats moest maken voor de

constructietheorie, als wier grondleggers wij Kekulé, Wurtz, Hofmann, enz. kunnen noemen, hoewel tegenwoordig meer dan ooit physische verklaringen en wetten ingang en toepassing in de chemie hebben gevonden, bleven toch de fundamenten dezelfde. Nog steeds zijn de definities van atoom, molecule en equivalent, door Laurent gegeven, aangenomen, zij luiden bijna woordelijk hetzelfde als de tegenwoordige; nog steeds is de molecule die hoeveelheid, die in gasvorm twee volumina inneemt, het atoom waterstof gelijk één volumen gesteld; nog steeds is de bepaling der dampdichtheden de eerste weg, dien men zoo mogelijk ter bepaling van moleculairgewichten inslaat; nog steeds in één woord is Avogadro's hypothese de hoeksteen onzer wetenschap.

Van meer belang is het, nog een paar meer op zich zelf staande onderzoekingen of ontdekkingen in herinnering te brengen, die ten gunste van de deelbaarheid der moleculen pleiten, en dus het hare er toe hebben bijgedragen om de geleerden in deze hunne opinie te versterken.

Vooreerst behoort hiertoe de verhandeling van Favre en Silberman over verbrandingswarmte [1]). Zij vinden, dat bij het verbranden van koolstof in zuurstof minder warmte vrij wordt, dan bij verbranding in stikstofoxide, en verklaren dit door de hypothese, dat in beide gevallen, naast koolzuurvorming, eene ontleding d. i. eene scheiding van vroeger verbonden atomen plaats heeft. Hiervoor moeten

---

[1]) Comptes rendus. XXIII. pag. 200.

echter in de vrij voorkomende zuurstofdeeltjes, minstens twee atomen aangenomen worden, en dan blijkt hieruit tevens, dat de bij de scheiding dezer atomen geabsorbeerde hoeveelheid warmte grooter is, dan die welke bij de ontleding van stikstofoxide geabsorbeerd wordt.

Verder kan als pleitende voor de deelbaarheid der moleculen van enkelvoudige stoffen, het ozon genoemd worden. Het wezen dezer stof, die tot zooveel geschrijf aanleiding heeft gegeven, wordt toch het beste in overeenstemming met hare eigenschappen verklaard, door aan te nemen, dat het verdichte zuurstof is, dat wil zeggen drie atomen tot ééne molecule vereenigd, bevat.

Evenzoo voeren de verschillende specifieke gewichten van zwaveldamp, bij verschillende temperaturen, tot de meening, dat de zwavelmolecule bij lage temperatuur drie maal meer atomen bevat dan bij hooge temperatuur, en hierdoor worden zij volkomen verklaard.

Zeer na aan deze schijnbare anomalie der zwavel, waarnaast nog andere elementen te noemen zijn, is die van vele samengestelde verbindingen verwant, wier molecule in dampvorm vier, in plaats van twee volumina, inneemt bijv. chloorammonium, dat dan ook reeds door Laurent als uitzondering werd opgegeven. Na de grondige studie dezer verschijnselen, door H. Sainte-Claire Deville met den naam van dissociatieverschijnselen bestempeld, [1]) is het

---

[1]) Zie over dit onderwerp: Wurtz. Dictionnaire de chimie. pag. 1172 sqq., Deville. Leçons sur la dissociation. enz.

echter gebleken, dat zij op eene gedeeltelijke ontleding bij verhoogde temperatuur berusten, en dus volstrekt niet tegen Avogadro's hypothese indruisen, maar hiermede in volkomen overeenstemming zijn.

Zeer belangrijk zijn ook met betrekking tot de anomale dampdichtheden de onderzoekingen en beschouwingen van Cannizzaro. [1]) Deze, later door Wurtz uitgebreid, brachten veel tot de bevestiging van Avogadro's hypothese bij, vooral ook, omdat zij de tegenstrijdigheid, die omtrent enkele metalen, tusschen de hypothese van Avogadro en die van Dulong en Petit nog steeds bestond, uit den weg ruimden, door voor de drie tweewaardige metalen: kwikzilver, zink en cadmium het aannemen van eene uit één atoom bestaande molecule te vorderen. [2])

Ook zou hier nog de verhandeling van Brodie [3]) kunnen worden aangehaald, waarin hij tot de deelbaarheid der moleculen van enkelvoudige stoffen komt, maar waarvoor dient het nog meer feiten, die hiervoor spreken, te willen verzamelen; ze allen bijeenbrengen gaat toch niet, daarvoor zijn ze te talrijk en de belangrijkste hebben wij genoemd.

Van ééne verhandeling echter moeten wij nog melding maken; het is die van Clausius: „Ueber die Art der Be-

---

[1]) Cannizzaro. Sunto di un corso di filosofia chimica. Pisa. 1858.

[2]) Nuovo Cimento. VII. p. 321. sqq.

Zie ook: Nuovo Cimento. VI. p. 428. VII. p. 375. VIII. p. 71. enz.

[3]) Phil. Transact. 1850. pag. 759.

wegung welche wir Wärme nennen." [1]) Hierin toch komt hij aan de hand van geheel mathematisch-physische redeneeringen tot het opstellen der hypothese; „dass auch in diesen (den einfachen Stoffen) mehrere Atome zu einem Molecüle verbunden sind," [2]) terwijl de slotsom van zijn geheel vertoog is: „dass die einzelnen Molecüle aller Gasen auf Bezug ihrer fortschreitende Bewegung gleiche lebendige Kraft haben." [3])

Wij vinden dus hier de hypothese van Avogadro in haar geheel terug, en deze verhandeling van Clausius, de eerste van eene reeks voor physica uiterst belangrijke stukken, is voor chemie mede van zeer groote waarde, omdat uit haar ook ten duidelijkste de identiteit van chemische en physische atomen en moleculen blijkt; en dan juist in 1857, de tijd harer verschijning, was zij een wezentlijk zeer groote steun voor Gerhardt's theorie.

Na de geschiedenis der hypothese van Avogadro alzoo nagegaan te hebben, van hare eerste bekendmaking af tot hare definitive invoering in de wetenschap toe, rest ons nog te zien wanneer haren ontdekker recht wedervoer.

In de verhandeling van Laurent (1846), waarin hij de deelbaarheid der moleculen van elementen aanneemt, zegt hij pag. 296: „J'admets donc avec M. Ampère, la double

---

[1]) Poggendorff's Annalen der Physik u. Chemie. C. S. 353.

[2]) l. c. S. 369.

[3]) l. c. S. 370.

décomposition du chlore par l'hydrogène, la divisibilité des atomes."

Dit is de eerste plaats, waar ik den naam van een voorganger met betrekking tot deze hypothese gevonden heb. In Frankrijk bleef men, waarschijnlijk ten gevolge van deze uitspraak, die ook in Laurent's Méthode de chimie pag. 81 te vinden is, Ampère als ontdekker beschouwen. Wurtz toch zegt in zijne Leçons élémentaires de chimie moderne (1867) over deze hypothese sprekende, pag. 28 „Ampère l'a dit le premier," etc. In zijne Leçons sur quelques points de philosophie chimique (1864) komt pag. 18 hetzelfde gezegde voor, maar hier vinden wij tevens in eene noot: „La même pensée a été émise par le chimiste italien Avogadro." In 1864 wordt dus het eerst Avogadro's naam genoemd, maar in een eveneens in 1864 verschenen duitsch werkje van Lothar Meyer, Die modernen Theorien der Chemie, tevens zijne prioriteit door opgave van jaartal bewezen.

In fransche werken blijft Ampère echter de man; Naquet zegt zoowel in de eerste, als in de tweede uitgaaf (1865 en 1867) van zijn Principes de chimie pag. 19 „Cette hypothèse d'abord émise par Avogadro, puis développée (?) par Ampère, est plus connue sous le nom de ce dernier," terwijl Wurtz in zijn Histoire des doctrines chimiques, etc. en in het artikel Théorie atomique van zijn Dictionnaire de chimie steeds spreekt van „la loi d'Avogadro et d'Ampère."

Ik meen hieruit, alsmede uit het iets vroeger verschij-

nen van Meyer's werkje dan dat van Wurtz, te mogen besluiten, dat Meyer de eerste geweest is, die 53 jaar na het opstellen, den opsteller, Avogadro, recht heeft laten wedervaren.

---

# STELLINGEN.

I.

De studie van de geschiedenis der chemie is noodzakelijk voor hare beoefening.

II.

Het streven der alchemisten was, van hun wetenschappelijk standpunt, volstrekt geene dwaasheid.

III.

In Marcus Manilius' Astronomicon is van geene alchemie sprake.

IV.

Ten onrechte beweert Wurtz: „La chimie est une science française."

Wurtz: Histoire des doctrines chimiques.

V.

Wurtz begaat als hij zegt: „On a donc admis, et Ampère l'a dit le premier, que des volumes égaux de deux gaz renferment le même nombre d'atomes," twee fouten; ééne tegen de geschiedenis, en ééne in de verklaring van Ampère's denkbeelden.

Wurtz: Leçons sur quelques points de philosophie chimique. p. 18.

VI.

„Elke theorie is niets anders, dan eene wijze om zich het inwendige der verschijnselen voor te stellen. Zoolang zij de bekende daadzaken verklaren kan, is zij genoegzaam en kan men er veilig op afgaan. Zij kan met dat al onjuist zijn, ofschoon zij in een zeker tijdperk der ontwikkeling der wetenschap aan dezelve evenzoo goed als eene ware theorie dient."

Berzelius: Leerboek der scheikunde. III. p. 12.

VII.

Chemische verschijnselen zijn beweginsverschijnselen.

## VIII.

Zeer overdreven is de bewering van Lothar Meyer, dat de rangschikking der atoomgewichten in eene spiraal, door Baumhauer „zu viel Willkür enthält als dass sie als unbefangener Ausdruck der Thatsachen gelten könnte."

Lothar Meyer: Die modernen Theoriën der Chemie. S. 302. noot.
H. Baumhauer: Beziehungen zwischen dem Atomgewichte und der Natur der chemischen Elemente.

## IX.

Het atoomgewicht van tellurium is 125.

## X.

Naquet gaat te ver, als hij alle suikersoorten als meeratomige alkoholen beschouwt.

Naquet: Principes de chimie.

## XI.

Er bestaat tot dusverre geene goede methode voor elementairanalyse.

## XII.

Maatanalyse verdient, waar zij toegepast kan worden, de voorkeur boven gewichtsanalyse.

XIII.

Het microscopisch drinkwateronderzoek van Bisschof bezit weinig waarde.

Zeitschrift für analytische Chemie. X. S. 441.

XIV.

De bewering, dat „Regenwasser sich nicht zum Trinken eignet, weil es weiniger als 0,1 Gram festen Rückstand im Liter hat und also zu weich ist," is op zijn minst zeer overdreven.

Stohman und Engler: Handbuch der Technologie.

XV.

De chemische analyse van turfasch levert ons geen karakteristiek der veenen.

XVI.

Ten onrechte beweert Websky dat Sphagnum voor turfvorming noodzakelijk is.

Websky: De turfae formatione et compositione.
Dissertatio inauguralis. Berlijn. 1860.

XVII.

Trachyt is ontstaan uit basalt of doleriet.

XVIII.

De Gamopetalen vormen de hoogst ontwikkelde afdeeling van het plantenrijk.

XIX.

Te recht plaatst Claus de familiën der Perlaridae, Ephemeridae, Libellulidae, Termitidae, c. a. hoewel ze gaasachtige vleugels hebben, onder de afdeeling der rechtvleugelige insecten.

Claus: Grundzüge der Zoölogie. S. 631.

XX.

Ten onrechte brengt Claus de Tunicaten onder de Mollusken.

Claus: Grundzüge der Zoölogie. S. 690.

XXI.

Er bestaat geen afdoend bewijs voor het aannemen, dat het absolute nulpunt bij — 273° C. ligt.

XXII.

Lichtverschijnselen wijzen, in sommige gevallen, bepaald op verandering in moleculaire constructie.

## XXIII.

Het verdient afkeuring, dat aan den graad van candidaat in wis- en natuurkunde het recht gegeven wordt, tot het geven van onderwijs aan hoogere burgerscholen.

---