



**Proeve eener geschiedenis van de aequivalentgetallen der
scheikundige grondstoffen en van hare soortelijke gewigten in
gasvorm : voornamelijk in betrekking tot de vier grondstoffen
der bewerktuigde natuur**

<https://hdl.handle.net/1874/315150>

SPECIMEN HISTORICO-CHEMICUM INAUGURALE

DE

PONDERE SPECIFICO
ELEMENTORUM CHEMICORUM AÉRIFORMI.

STRENGTH OF THE CHEMICAL LABORATORY

CONDENSE SPECIFIC

FARMINGTON CHEMICAL LABORATORY

1885

CONDENSE CHEMICAL LABORATORY

OF THE CHEMICAL LABORATORY

1885

ANALYTICAL CHEMISTRY

BY THE CHEMICAL LABORATORY

GERARDI JOHANNIS MULDER

OF THE CHEMICAL LABORATORY

OF THE CHEMICAL LABORATORY

OF THE CHEMICAL LABORATORY

OF THE CHEMICAL LABORATORY

OF THE CHEMICAL LABORATORY

OF THE CHEMICAL LABORATORY

OF THE CHEMICAL LABORATORY

OF THE CHEMICAL LABORATORY

OF THE CHEMICAL LABORATORY

OF THE CHEMICAL LABORATORY

OF THE CHEMICAL LABORATORY

OF THE CHEMICAL LABORATORY

OF THE CHEMICAL LABORATORY

OF THE CHEMICAL LABORATORY

OF THE CHEMICAL LABORATORY

OF THE CHEMICAL LABORATORY

SPECIMEN HISTORICO-CHEMICUM INAUGURALE

DE

PONDERE SPECIFICO
ELEMENTORUM CHEMICORUM AËRIFORMI

NEC NON DE

PONDERE CHEMICO ELEMENTORUM
QUAE ORGANICA DICUNTUR.

QUAM,

ANNUENTE SUMMO NUMINE,

EX AUCTORITATE RECTORIS MAGNIFICI

GERARDI JOHANNIS MULDER,

MATH. MAG. PHIL. NAT., MED. DOCT. ET PROF. ORD.

NEC NON

AMPLISSIMI SENATUS ACADEMICI CONSENSU

ET

NOBILISSIMAE FACULTATIS MATHESIOS ET PHILOSOPHIAE NATURALIS DECRETO,

PRO GRADU DOCTORATUS,

SUMMISQUE IN

MATHESI ET PHILOSOPHIA NATURALI HONORIBUS AC PRIVILEGIIS,

IN ACADEMIA RHENO-TRAJECTINA,

RITE ET LEGITIME CONSEQUENDIS,

ERUDITORUM EXAMINI SUBMITTIT

WOLFERT ABRAHAM JOHANNES VAN GEUNS,

RHENO-TRAJECTINUS,

AD DIEM XII M. SEPTEMBRIS, MDCCCLIII, HORA II.



AMSTELODAMI,

APUD J. H. ET G. VAN HETEREN.

MDCCCLIII.

100

POWDERE SPECIFICI
ELEMENTORUM CHEMICORUM ARITHMETICI

POWDERE CHIMICO ELEMENTORUM
QUAE ORGANICA DICUNTUR

ANNUENTE DOMINI MDCCLXXII
GENARDI JOHANNIS MILLER

PAUL BASTIEN

PIERRE MARTEL

PIERRE MARTEL

IN LONDINIA BRUXELLENSI

WOLFFERT ANTHONIS JOHANNIS VAN GROEN

IN HOLLANDIA

AMSTERDAMI

PROVA REPER. ORCHESIDENTI

AEQUIVALLINGSTATTALLEN

SCHLEIBUNGSEY HAUND-GEREIN

BRUNNENGE G. WIGTER IN CASORIN

PARENTIUM

PIIS MANIBUS

SACRUM.

PROEVE EENZER GESCHIEDENIS

LEQUIVALENTGETALLEN

KONINKRIJK DER GRONDSTOFFEN

VOORTREKKE GEWISTEN IN GASVORM

VOORSTELLING EN VERHOORDE TOT

FABRIEKSTUUN

DE VIER GRONDSTOFFEN

PLIS MANIBUS

BEWAARDENDE ZITTE

W. A. VAN DER WERF

BACON

AMSTERDAM

T. H. DE VRIES

1838

PROEVE EENER GESCHIEDENIS
VAN DE
A E Q U I V A L E N T G E T A L L E N
DER
SCHEIKUNDIGE GRONDSTOFFEN
EN VAN HARE
SOORTELIJKE GEWIGTEN IN GASVORM,
VOORNAMELIJK IN BETREKKING TOT
DE VIER GRONDSTOFFEN
DER
BEWERKTUIGDE NATUUR
DOOR
W. A. J. VAN GEUNS.

AMSTERDAM,
J. H. EN G. VAN HETEREN.
1853.

PROF. H. J. VAN DER WOUDE

ANNOUANCEMENT

DE WETENSCAPEN

IN DEN NEDERLANDEN

DE WETEN

DE WETENSCAPEN IN DEN NEDERLANDEN

DE WETENSCAPEN IN DEN NEDERLANDEN

DE WETENSCAPEN IN DEN NEDERLANDEN

DE WETENSCAPEN IN DEN NEDERLANDEN

GEDRUKT BIJ C. A. SPIN & ZOON.

V O O R R E D E.

Toen in den jongstverloopen academischen cursus door de belangstelling van Prof. MULDER en onder zijne leiding eene wekelijksche bijeenkomst tot stand kwam, waarin wij zelf te gelijk sprekers en leerlingen waren, voorzagen wij voorzeker niet, dat die bijeenkomsten de aanleiding zouden worden tot de keuze van ons onderwerp van een academisch proefschrift. Maar de belangrijkheid van de geschiedenis der aequivalentgetallen, welke wij daar behandeld hadden, trok ons zoo zeer aan, dat vier van ons datgene, wat door de HH. GUNNING, MOUTHAAAN, E. MULDER, L. MULDER, OUDEMANS, RAUWENHOFF en door mij zelven aldaar was behandeld, uitbreidden en zooveel mogelijk tot een geheel zamenbragten. Zoo ontstonden dan de volgende proefschriften. De Hr. E. MULDER nam eenige metalloïden, benevens zilver,

potassium, tellurium en arseniek voor zijne rekening; de HH. OUDEMANS en L. MULDER namen de overige metalen voor hunne rekening, terwijl ik mij met de geschiedkundige inleiding, de soortelijke gewigten en de aequivalenten van zuurstof, waterstof, koolstof en stikstof belastte. De uitgebreidheid van het onderwerp was oorzaak, dat hetgeen dezen winter behandeld was, slechts een klein gedeelte van onzen arbeid uitmaakte, maar ook met alle voorzorgen mogen wij niet anders denken, dan dat ons werk nog vele leemten zal bevatten. Geldt dit eenigermate voor het geheel, in het bijzonder geldt dit voor het door mij bewerkte deel, wat ik meer eene bloemlezing dan een volledig geheel mag noemen. Maar ook in dien zin is mijne jeugdige onervarenheid oorzaak, dat er veel onafgewerkt, veel voorbij gezien of verkeerd opgevat zal zijn, en ik moet het aan meergevorderden overlaten, over dit onderwerp iets te leveren, wat den toets der wetenschap kan doorstaan.

Indien er evenwel iets goeds in dit stuk mogt gevonden worden, dan ben ik schuldig, daarvan aan hen de eer te geven, die niet alleen leermeesters, maar ook vrienden en raadslieden voor mij wilden zijn. Dan moet ik u daarvoor dank zeggen, Prof. MULDER, die mij na zoo vele bewijzen van ware belangstelling en hartelijke

deelneming ook in dezen met raad en daad hebt bijgestaan. Dan moet ik u daarvoor dankzeggen, hooggeleerde voorgangers en leeraren aan onze dierbare Utrechtsche Hoogeschool, die mij altijd zoo gulhartig hebt bejegend en mij den weg naar de waarheid hebt aangetoond. En ook aan u, dierbare vrienden, die met mij dit onderwerp hebt bewerkt, of daartoe in onze wekelijksche bijeenkomsten hebt bijgedragen, of in zoo vele vriendenkringen zoo onvergetelijke uren met mij hebt doorgebracht, zeg ik dank voor hetgeen gij voor mij zijt geweest. Maar ik weet het, dat het gevoelvolle hart geene openlijke dankbetuigingen verlangt, en daarom mogen daden in plaats van woorden spreken.

Wat nu de bijzonderheden van deze verhandeling betreft, zoo heb ik vele onderwerpen moeten afsnijden, die, hoewel zeer nabij en zeer schoon daarmede in verband staande, niet tot de praktische kennis der aequivalentgewigten behoorden. Hiertoe behooren de soortelijke gewigten van vloeistoffen en vaste lichamen, de atoomvolumina enz. Maar ook wat tot het eigenlijke onderwerp behoorde, bleef vaak stukwerk. De oudste feiten waren mij slechts uit de geschiedkundige werken toegankelijk, en de nieuwere, waarover deze meestal zwijgen, worden zoo ligt verkeerd opgevat en eenzijdig beoordeeld. En niet overal was het mij mogelijk, mij

alleen aan het oordeel van de onderzoekers zelve te houden. Wanneer er dan in dezen iets goeds is, zoo schrijve de goedgunstige lezer dit toe aan de mannen, wier arbeid hier wordt vermeld; de fouten wijte hij aan de geringe krachten van eenen aanvanger in de wetenschap.

I N H O U D.

HOOFDSTUK I.

Geschiedkundige inleiding pag. 1.

HOOFDSTUK II.

Methodisch overzicht van de soortelijke gewigtsbepalingen van gassen
en dampen....." 34.

HOOFDSTUK III.

Aequivalentgewicht van zuurstof en waterstof....." 93.

HOOFDSTUK IV.

Aequivalentgewicht van koolstof....." 120.

HOOFDSTUK V.

Aequivalentgewicht van stikstof....." 149.

GESCHIEDENIS VAN DE WETENSCHAPPEN

BOEK I

... dat de inwerking van verschillende stoffen op elkander zigtens een vaste verhouding van hoeveelheden plaats grijpt, nog wel in andere tijden onder de nabekende beschouwing dat natuur bestaan hebben, en wij zonden wellicht met eenige van de schrijvers der Pythagoreïsche en het Boek der Wijsheid overeen te kunnen aankomen.

... dat de bereiding van een stof de hoeveelheid van de zwaarte zeldzaamheden niet aangegeven, mogen we ook dat bewaarsijn aangevend die vaste verhouding vooronderstellen, waarvan die opgaven van hoeveelheden vinden wij er vele in de werken der alchymisten verstaan, van de vroegste tijden aan.

... die reeds ABU MUSA DECHAYAR AL SOEFI, de rector der Arabische hoogeschool van Sarakla (750 n. C.), de magister van de renaissance sciëntie Harmonica, de hoeveelheid zijn ruwelijk aan welke uit de oplossing van zwaartever de zwaartelk nederstelt.

... Maar de kennis aan vaste verhouding tusschen de tot bereiding van stof aangevane zeldzaamheden moest afzonderd en vooral eenigen wetenschappelijk en grond blijven liggen, zoo lang het de zeldzaamheden niet hadt was gevonden, in welke betrekking de bereiding ephexide stollen tot de betide zeldzaamheden konden.

... Zoo lang men het begrip van zeldzaamheids grondstoffen, welke een zeldzaamlijk met elkander verbinden en uit hare verhouding een ander afscheiden kon, niet ruiver had opgevat; — zoo lang het daar bleef, dat een stof door aankomst met een andere

GESCHIEDKUNDIGE INLEIDING.

Een vermoeden, dat de inwerking van verschillende stoffen op elkander volgens eene vaste verhouding van hoeveelheden plaats grijpt, mag wel in oude tijden onder de nadenkende beschouwers der natuur bestaan hebben, en wij zouden welligt met eenig regt in de stellingen der Pythagoreërs en het Boek der Wijsheid sporen daarvan kunnen aantoonen.

Zoodra wij verder bij de bereiding van eene stof de hoeveelheid van daartoe gebezigde zelfstandigheden zien aangegeven, mogen wij ook het bewustzijn aangaande die vaste verhouding vooronderstellen. En van die opgaven van hoeveelheden vinden wij er velen in de werken der alchymisten verstrooid, van de vroegste tijden aan.

Zoo gaf reeds ABU MUSSA DSCHAFAR AL SOFI, de roem der Arabische hoogeschool van Sevilla (750 n. C.), de magister magistrorum scientiae Hermeticae, de hoeveelheid azijn ruwelijk aan, welke uit de oplossing van zwavellever de zwavelmelk nederslaat.

Maar de kennis aan vaste verhouding tusschen de tot bereiding eener stof aangewende zelfstandigheden moest afgezonderd en zonder eenigen wetenschappelijken grond blijven liggen, zoo lang het den scheikundigen niet helder was geworden, in welke betrekking de bij de bereiding gebezigde stoffen tot de bereide zelfstandigheid stonden.

Zoo lang men *het begrip van scheikundige grondstoffen*, welke men daadwerkelijk met elkander verbinden en uit hare verbindingen weder afscheiden kon, niet zuiver had opgevat; — zoo lang het denkbeeld, dat eene stof door aanraking met eene andere in

eene nieuwe stof kon veranderd of ook wel vernietigd worden, niet was uitgeroeid, en *de onveranderlijkheid der grondstoffen* niet was vastgesteld; — zoo lang men eindelijk *den aard der zamengestelde stoffen*, de verhouding van de eigenschappen der zouten tot die van zuur en basis, hunne onzijdigheid en het verzadigingsvermogen van de bestanddeelen nog niet algemeen doorgrond had; — zóó lang bleef alle onderzoek naar verhouding en grond der verbindingen een rondtasten in de duisternis. Ziedaar dus drie punten voor onze beschouwing. Wij beginnen met de beide eerste:

Het begrip van scheikundige grondstoffen en hare onveranderlijkheid.

De grondstoffen werden door de ouden meer als afgetrokken begrippen beschouwd, waardoor de eigenschappen der stof worden aangeduid.

Het algemeenst waren aangenomen lucht, aarde, water, vuur, waarbij door de Aegyptenaren nog de ether, door ARISTOTELES de essentia (*οὐσία*) gevoegd werd.

ARISTOTELES vatte de grondstoffen op als dragers van de grondeigenschappen der stof, twee aan twee zamen verbonden, als:

vuur, de verbinding van heet en droog;

lucht, heet en vochtig;

water, koud en vochtig;

aarde, koud en droog;

ook als: volmaakt licht (vuur), betrekkelijk licht (lucht), betrekkelijk zwaar (water), volmaakt zwaar (aarde).

De grondstoffen van ARISTOTELES konden in elkander overgaan door ontwikkeling van ééne en terugtrekking van de andere der grondeigenschappen, en als men haar later meer stoffelijk, als werkelijk afscheidbare bestanddeelen heeft aangezien, zoo als VAN HELMONT deed, zoo is men niet in den geest van zijne opvatting gebleven.

De grondstoffen der alchymisten waren van meer stoffelijken aard, hoewel ook zij daaronder vaak afgetrokken begrippen verstonden. Althans werd de zwavel en het kwik, waaruit volgens GEBER de metalen bestonden, later niet meer voor gelijksoortig gehouden met de zwavel en het kwik, die ons de natuur oplevert. Hetzelfde geldt omtrent het later daarbij gevoegde water en zout.

In allen gevalle echter waren hunne grondstoffen nog steeds hypothetisch, dat is, zij konden noch uit haar daadwerkelijk de andere stoffen zamenstellen, noch haar uit deze afscheiden. Voorts, zoolang men de zamengesteldheid der metalen aannam, had men regt tot het geloof aan hunne omzetbaarheid, en zoolang dit denkbeeld bestond, waren alle begrippen, zoo omtrent het uitscheiden van een metaal uit zijne oplossing door een ander, als omtrent vele andere punten, verre bezijden de waarheid.

Men hield het er voor, dat een metaal bij oplossing in een *sterk water* zijne natuur en zelfstandigheid verloor; dat bij voorbeeld het uitscheiden van koper bij indompeling van ijzer in blaauwe vitriool door eene verandering van 't eene metaal in 't andere plaats had.

Als eene stemme in de duisternis, die den verre verwijderden dageraad verkondigde, had NORTON ¹ de onveranderlijkheid der metalen bij hunne oplossing uitgesproken:

“Metalla manent in sua integra compositione, cum ab aquis fortibus dissolvuntur.”

ANGELUS SALA ², die het eerst de omstandigheden en voorwaarden, waaronder de scheikundige verbindingen plaats hebben, hare zamenstelling enz. naauwkeurig onderzocht, wist, dat het door ijzer uit kopervitriool neêrgeslagen koper niet uit ijzer was ontstaan, maar van te voren in de vitriool aanwezig was.

VAN HELMONT ³ sprak het algemeen uit, en staaftde het met daadzaken, dat eene stof in verbinding kon treden, zonder hare eigendommelijke natuur te verliezen, en weder met al hare eigenschappen en zonder verandering van gewigt daaruit kon afgescheiden worden. Hij zegt: „licet argentum in chrysulca dissolutum perisise, quatenus aquae forma, videatur, permanet tamen in pristina sua essentia prout sal in aqua solutum; sal est, manet et inde reperitur, sine salis mutatione.”

Bij het zamensmelten van kiezelaarde en potasch tot glas, en wederafschieden van de kiezelaarde, merkt hij op: „arena eodem pondere, quae prius, faciundo vitro, aptabatur. Separatur ab alcali pondere pristini pulveris lapidum; terra ergo immutata manet.”

¹ Crede mihi 1477.

² 1647. Opera medico chymica.

³ 1648. Ortus medicinae vel opera et opuseula omnia.

MAYOW verkondigde in 1668 de waarheid, dat er nergens vernietiging (*annihilatio*) van stof plaats heeft.

Maar voor dit algemeene denkbeeld was de tijd nog lang niet rijp; BOERHAAVE moest het in 1732 met nadruk nogmaals uitspreken. Ook waren het nog maar enkele punten die door deze mannen werden opgehelderd. De scheikundigen bleven nog hechten aan denkbeeldige grondstoffen, en zelfs VAN HELMONT, die de grondstoffen van de alchymisten en van ARISTOTELES verwierp, vermogt niet tot de werkelijk daar te stellen grondstoffen op te klimmen.

Het was BOYLE ¹, die het voor het eerst uitsprak, dat men, zonder zich om *denkbeeldige oorspronkelijke bestanddeelen* der stof te bekreunen, naar die bestanddeelen moest omzien, die men *werkelijk* kon afscheiden, en dat men deze, zoolang zij niet verder konden ontleed worden, met den naam van grondstoffen moest bestempelen.

Het denkbeeld van vroegeren, dat slechts door *hitte* een ligchaam in zijne eenvoudigere bestanddeelen of grondstoffen gescheiden werd, bestreed hij; — hij grondde het onderzoek op natten weg.

Op het voetspoor van BOYLE gingen BECHER en STAHL voort, naar de werkelijk afscheidbare grondstoffen te zoeken, en baanden aldus den weg tot eene wetenschappelijke opbouwning der scheikundige grondstellingen.

Maar een tweeledig vooroordeel bleef nog steeds de scheikundigen aankleven.

Vooreerst vooronderstelden zij nog in de werkelijk afscheidbare grondstoffen denkbeeldige oorspronkelijke bestanddeelen, en voornamelijk hechtten zij aan de zamengesteldheid der metalen. — Zoo stellen STAHL en zijne aanhangers de metalen nog voor als bestaande uit zwavel, kwik en zout. — Hierdoor bleef het geloof aan de omzetbaarheid der grondstoffen in elkander nog steeds bestaan. — BOYLE hield b. v. met v. HELMONT de omzetting van water in aarde voor mogelijk; de metaalverandering werd door STAHL en zijne aanhangers nog niet ontkend, en het geloof daaraan, hoewel aan 't eind der voorgaande eeuw zeer verzwakt, reikt tot in deze eeuw.

Ten anderen konden zij zich niet van het denkbeeld ontslaan, dat bij verkalking der metalen eene zelfstandigheid uit de metalen ont-

¹ Chemista scepticus 1661.

week, hoewel het algemeen bekend was, dat zij daarbij aan gewigt toenamen.

PAUL ECK ¹ kent de gewigtstoename bij verkalking van kwik. CARDANUS ² kent de gewigtsvermeerdering bij verkalkt lood; en toch dacht hij zich met PARACELUS het metaal uit zwavel en zout, als uit ligchaam en ziel zamengesteld: de zwavel was de ziel, het zout het ligchaam, dat na de verkalking als lijk overbleef; — maar de bij verkalking ontwijkende vuurstof, de hemelsche warmte, maakte den metaalkalk zwaarder.

BOYLE ³ was zeer nabij de waarheid. Hij zag de ongenoegzaamheid in der denkbeelden van GEBER, AGRICOLA, LIBAVIUS, volgens welke de metalen vochtigheid bevatteden, die bij verkalking ontweek, en metaalkalk of aarde, die terug bleef.

„Etenim ex eis (chymicorum sententiis) apparet ullam quantitatem, dignam notatu, humidarum fugaciumque partium in calcinatione fuisse dissipatam; — *sed id omnino et manifeste* admodum apparet, hac operatione metalla plus acquisivisse pondus, quam perdidisse; — unde potest hoc absolute gravitatis incrementum deduci, nisi ex *paribus quibusdam ponderabilibus flammae.*”

BOYLE wist ook, dat, als lood in eene besloten ruimte verkalkt werd, de door de lucht ingenomen ruimte verminderde en het lood in gewigt toenam; hij wist zelfs, dat er iets in de lucht aanwezig was, dat door ademhaling en verbranding verdween; en toch kwam het niet bij hem op, dat het verkalkte lood een bestanddeel uit de lucht zou hebben opgenomen; — het was een bestanddeel uit de *vlam, de weegbare vuurstof*, die er *bij* trad (in tegenstelling van CARDANUS'S *ontwijkende* vuurstof); — hoe duidelijk bewijst dit, dat hij den weegbaren aard der lucht en het verband tusschen lucht en vlam niet verstond!

STAHL had de groote verdienste, het verschijnsel van de verkalking der metalen met dat van de verbranding gelijk te stellen; alles wat verbrandt, verliest phlogiston. Hij wist evenwel zeer goed, dat de metaalkalk zwaarder was dan het metaal, maar hij zag er volstrekt geene tegenstrijdigheid in; — zoo weinig golden in zijnen tijd de hoeveelhedsbepalingen. Deze fout is dus een ge-

¹ Clavis philosophorum, 1490.

² De rerum subtilitate, 1553.

³ Experimenta nova, 1673.

volg van de rigting van zijn' tijd; zijne algemeene opvatting van het verschijnsel der verbranding, waardoor hij eenheid bragt in de geheele scheikunde, en een stelsel opbouwde, waarin LAVOISIER slechts de namen behoefde te veranderen, zal zijne nagedachtenis steeds in eere bewaren.

Zijne volgelingen daarentegen vervielen bij de verklaring van dit verschijnsel in de grofste verwarringen tusschen soortelijk gewigt en waar gewigt, of deden eene vuurstof, even als BOYLE, toetreden, of wel schreven, even als CARDANUS aan zijne vuurstof, zoo zij aan het phlogiston, een *negatief* gewigt toe.

Intusschen begon langzamerhand het licht der waarheid door te breken.

V. HELMONT en NEWTON ¹ bestreden de weegbaarheid en stofelijkheid van het vuur; BOERHAAVE ² op proefondervindelijken weg. Hij woog metalen koud en gloeiend en vond het gewigt onveranderd.

JEAN REY, MAYOW, TACHENIUS, DUCLOS, HOFFMANN spraken het de een meer, de ander minder duidelijk uit, dat bij de veralking een deel der lucht tot den metaalkalk treedt.

JEAN REY schreef eene verhandeling over: *Essays sur la recherche de la cause, pour laquelle l'Estain et le Plomb augmentent de poids, quand on les calcine.* — Hierin zegt hij, tot beantwoording van bovengemelde vraag: „A cette demande doneques, je responds et soustiens glorieusement que ce surcroît de poids vient de l'air, qui dans le vase a esté espessi, appesanti et rendu aucunement adhesif par la véhémence et longuement continue chaleur du fourneau, lequel air se mesle avec la chaux et s'attache à ses plus menus parties. Ainsi son poids augmente du commencement jusqu'à la fin. Mais quand tout en est affublé, elle n'en scaurait prendre davantage. Ne continuez plus vostre calcination sous cet espoir, vous perdriez vostre peine.”

MAYOW was van hetzelfde gevoelen in zijn: *Tractatus de sale nitro et spiritu nitro aëreus*, 1669; — deze *spiritus* is het zich met den metaalkalk verbindende deel der lucht.

TACHENIUS neemt in zijnen *Hippocrates chemicus*, 1666, als datgene, wat zich met de metalen verbindt, het zuur der houtvlam aan. Ook bepaalde hij, dat lood, tot menie gebrand, $\frac{1}{10}$ zwaarder wordt, en bij reductie zijn vroeger gew. herneemt.

¹ Opticks 1701.

² *Elementa chemiae* 1732.

Volgens DUCLOS (1667) verbond de metaalkalk zich met de zwavel van de lucht. Hij vond, dat antimoon, verkalkt, $\frac{1}{10}$ in gewigt toeneemt.

Volgens HOFFMANN ¹ nam de metaalkalk zwavelzuur op, dat hij zich in de lucht aanwezig dacht.

Wel bleef hun uitspraak tot in 't laatst der voorgaande eeuw onopgemerkt. Wel werd de opmerking van BOYLE, dat de lucht, waarin lood verkalkt wordt, in uitgebreidheid afneemt, nevens zoo vele andere opmerkingen over de noodzakelijkheid van lucht tot verkalking, door HALES ² en anderen gemaakt, in den wind geslagen. Wel kwam PRIESTLEY, die bij verkalking van tin en lood de lucht zag verdwijnen en het metaal in gewigt toenemen ³, die zelfs de zuurstof ontdekte ⁴, niet tot de rechte verklaring. Maar nu was het tijdstip ook gekomen ⁵, dat LAVOISIER verkondigde, *dat verbranding niets anders was dan eene scheikundige vereeniging van het brandbare ligchaam met de zuurstof der lucht*; dat er geen vuurstof of phlogiston of iets van dien aard bij in het spel kwam.

Met eene groote scherpzinnigheid, helderheid en eenvoudigheid van opvatting en eenen ruimen alomvattenden blik wist hij, wat vóór hem in enkele brokstukken was aan 't licht gebragt, en met duistere woorden en verwarde opvattingen was nedergeschreven, door zinrijke proefnemingen en juiste bepalingen uit te breiden, zaâm te vatten en tot klaarheid te brengen. Met eene uitgebreide kennis van alles, wat vóór hem gedaan was, toegerust, gaf hij bij verschillende van zijne onderzoekingen grondige geschiedkundige inleidingen. Jammer, dat zijne gewoonte, om hierbij de ontdekkingen zijner naaste voorgangers te verzwijgen, wanneer hunne uitkomsten met de zijne deels of geheel overeenstemmen, maar al te zeer tot harde verwijten jegens hem, en dat vaak met regt, aanleiding gaf. Hoe het zij, zijne ware verdiensten zijn groot genoeg, om hem als den grondlegger der wetenschappelijke scheikunde te blijven vereeren.

Reeds in 1768 begon hij, met de weegschaal in de hand, de

¹ Observationes physico chemica, 1722.

² Vegetable statics 1727.

³ Observations on different Kinds of Air 1772.

⁴ 1774.

⁵ 1778.

zamenstelling van gips uit zwavelzuur, kalk en water aan te geven, waarbij hij echter van MARGGRAF'S overeenkomstige bepalingen, 1750 in 't Fransch vertaald, geen gewag maakte.

In 1770 bewees hij, dat de meening, volgens welke water, in een glazen vat verhit, in aarde overgaat, valsch was, daar het glas even veel aan gewigt verliest, als de uit het water afgezette aarde weegt. — SCHEELE bewees hetzelfde door analytisch aan te toonen, dat de uit het water afgezette stof uit de bestanddeelen van het glas was zamengesteld. —

In 1772 legde LAVOISIER bij de Parijsche Academie eene nota over, waarin hij de gewigtstoename gedurende de verkalking bij zwavel en phosphorus aantoonde, terwijl dit verschijnsel vroeger slechts voor de metalen bekend was. De gewigtstoename van zwavel en phosphorus schreef hij toe aan opgeslorpte lucht, en bragt haar met het verschijnsel bij de metalen in verband, daar hij bij herleiding van loodschuim zich veel lucht had zien ontwikkelen. Over het phlogiston zeide hij daarbij niets; ook blijkt het niet, of hij de oplossing van lucht als grondverschijnsel of slechts als begeleidende omstandigheid der verbranding aanzag. Ook wist hij nog niets van een bepaald deel der lucht, dat zoude opgeslorpt, en van een ander, dat zoude teruggelaten worden.

In 1774 deed BAYEN de theorie van het phlogiston wankelen; hij ontdekte, dat kwikzilverkalk door enkele temperatuursverhooging, zonder bijvoeging van phlogistonhoudende (reducerende) stoffen, kon herleid worden, en dat de daarbij ontwijkende lucht evenveel woog als de kwikzilverkalk door herleiding aan gewigt verloren had, dat hier dus eene herleiding was zonder toetreding van phlogiston, enkel door ontwijking van lucht.

In hetzelfde jaar deelde LAVOISIER zijne proeven mede over de verkalking van tin. Eene retort werd met vooraf gewogen tin gevuld, hermetisch gesloten en het geheel gewogen. Na de verhitting was het tin verkalkt, maar het gewigt van den toestel onveranderd. Nu werd de retort geopend, er drong lucht in, en de toestel had nu evenveel aan gewigt toegenomen als de gewigtstoename van het verkalkte tin bedroeg. De ingedrongen lucht woog dus even veel als de door het tin opgenomen lucht, en het gewigt van deze was gelijk aan de gewigtstoename van het tin; er was dus bij het tin niets weegbaars togetreden dan lucht.

In hetzelfde jaar maakte PRIESTLEY bij zijn verblijf in Parijs LAVOISIER met zijne ontdekking van de zuurstof, die hij uit kwikzilverkalk had daargesteld, bekend, en LAVOISIER verzuimde in 't volgende jaar 1775 niet, deze ontdekking op de leer der verbranding toe te passen en de toetreding van zuurstof als het grondbeginsel der verkalking aan te toonen, terwijl hij zich tevens in het voorbijgaan de eer van de ontdekking der zuurstof zelve toeëigende, en later den Engelschen scheikundige slechts de gelijktijdigheid der ontdekking heeft toegegeven.

Nadat het verschijnsel van de verbranding en van de oxydatie der metalen aldus was toegelicht, werden de grondstoffen, zoo als wij ze nu aannemen, vastgesteld; DAVY ontleedde galvanisch de alkaliën, wier samenstelling door LAVOISIER reeds was ingezien; na den strijd over de zamengesteldheid van stikstof en chloor werden de tegenwoordig zoo genoemde grondstoffen algemeen aangenomen.

Wij gaan nu over tot de beschouwing van het derde punt, de *ontwikkeling der denkbeelden omtrent den aard der zamengestelde stoffen, n.l. der zouten.*

Wij willen eerst zien, hoe de denkbeelden omtrent de eigenschappen der zouten in tegenstelling van die der zuren en alkaliën zich vormden, dus de *onzijdigheid* der zouten nagaan; — daarna onderzoeken wij, wanneer en hoe de samenstelling der zouten en alkaliën en beider verzadigingsvermogen tot klaarheid kwam.

De tegenovergestelde natuur van zuur en alkali was reeds van ouds bekend; zij was bij PARACELTUS de grondslag van zijn geneeskundig scheikundig stelsel. Dat de eigenschappen der zuren en der alkaliën elkander opheffen, wordt bij V. HELMONT duidelijk uitgesproken: (1640) „*alkali quodvis aciditatem, quam adtingit, perimit.*”

BOYLE ¹ kende de inwerking der alkaliën op planten-kleuren, en wist hoe deze door zuren weder werd opgeheven. Zoo spreekt hij, zoowel als SYLVIVS DE LE BOË, bij het nederslaan van kiezel-aarde uit de potasch-oplossing van saturare.

Maar het was er nog verre af, dat men de samenstelling der zouten uit zuur en basis algemeen inzag.

Reeds de algemeene naam van zout, dien men aan zuren, loogen,

¹ *Tentamina quaedam physiologica*, 1661.

aard- en loogzouten gaf, en waarmede men tevens een denkbeeldig vast beginsel in de metalen enz. bestempelde, duidde aan, dat de begrippen hieromtrent nog niet gezuiverd waren.

Deze gemeenschappelijke benaming ging tevens gepaard met het denkbeeld, dat zuur en alkali in elkander konden overgaan, daar men in allen een gemeenschappelijk grondbeginsel vooronderstelde.

Zoo noemde v. HELMONT (1620) nog een zuur sal acidum, eene loog sal alcali, een zout sal salsum.

Uit die algemeene benaming van zouten ontstond voor die lichamen, welke men niet tot de zouten met zure of met loogachtige eigenschappen brengen kon, de bepaling salia, sic dicta neutra, die wij bij BOERHAAVE vinden.

Onder dezen naam verstond hij niet de metaalzouten, die hij tot eene afzonderlijke klasse bragt, die der *vitriolen*: semimetalla, ex metallo vero et adjuncto sale acido constantia. Deze werden door C. J. GEOFFROY het eerst (1721) tot de zouten gebragt. — *Het eerst*, wanneer wij GEBER uitzonderen; GEBER had gezegd in zijn Testamentum Geberi, regis Indiae de salibus animalium, piscium, volatilium, vegetabilium: „Ex metallis etiam fiunt sales, post ipsorum calcinationem.” De latere alchymisten hadden hen steeds voor andere lichamen gehouden, en GEOFFROY was de eerste, die dit vooroordeel voor goed wegnam.

Wat nu betreft de *zamenstelling van de zouten*, zoo vinden wij bij ANGELUS SALA en GLAUBER de zamenstelling van cenige zouten uit zuur en alkali aangegeven, zonder dat zij echter *het begrip van een zout* aan die zamenstelling vastknoopten. Alles, wat in water oplosbaar was, heette nog zout.

ANGELUS SALA kende de bestanddeelen v. salmioniak en zijne onmisbaarheid bij de bereiding van plofgoud.

GLAUBER kende salmioniak als bestaande uit sal acidum commune en sal volatile urinae. Van het antimoon-chlorid zeide hij: „das schwere und dicke oleum antimonii, welches man butyrum nennt, ist nicht anders als ein spiritus salis, darin der regulus antimonii solviret ist.”

VAN HELMONT is echter de eerste, die het bepaald uitspreekt, dat elk zuur door vereeniging met een tegengesteld ligchaam eene zoutachtige verbinding (sal salsum) vormt: „mirum dictu, quod aci-

„dus cremor salis saporem confestim acquirat, suumque salum acidum in *salum salsum* adeo libenter commutet.”

TACHENIUS ¹ zeide van alle zouten, dat zij zich in zuur en alkali laten ontbinden: „omnia salsa in duas dividuntur partes, in alcali nimirum et acidum.”

LEMERY ² stemde hiermede in: „un sel salé est un mélange d'acide et d'alcali, ou plutôt un alcali soulé ou rempli d'acide.”

BOERHAAVE echter, hoewel deze ontbindbaarheid niet ontkennde, geeft hun niet toe, dat hierdoor hunne zamenstelling uit zuur en alkali is uitgemaakt; er konde bij de ontbinding door het vuur eene verandering plaats hebben, waardoor andere bestanddeelen te voorschijn traden dan er in 't zout aanwezig waren. Eerst ROUELLE sprak het algemeen uit: „j'appelle sel neutre, tout sel formé par l'union de quelqu'acide que ce soit, ou minéral ou végétal, avec un alcali fixe, un alcali volatil, une terre absorbante une *substance métallique*, ou une huile.”

Une substance métallique, zeide hij. Want nog heerschte het gevoelen van STAHL, dat de *metaalzouten* uit zuur en metaal bestonden; eerst BERGMAN toonde aan, dat zij uit *metaalkalk* en zuur, dus volgens de phlogiston-theorie uit twee elementen bestonden. Deze beschouwingwijze werd na omverwerping der phlogiston-theorie door LAVOISIER (1785) behouden, en toen DAVY ook de aandachtige en alkalische bases, als uit metaal en zuurstof bestaande had aangetoond, was de eenheid van zamenstelling van alle neutrale zouten den scheikundigen voor oogen gesteld.

Maar deze eenheid, met zooveel moeite verkregen, moest weldra weder vernietigd worden. Reeds BERTHOLLET had (1798), steunende op zijn onderzoek omtrent de zwavelwaterstof en het pruisische zuur verklaard, dat niet alle zuren zuurstofhoudend zijn, en hoewel hij voor LAVOISIER's gezag moest wijken, en men tot handhaving van diens meening in zwavel en stikstof zuurstof aannam, zoo kon er na de onderzoekingen van GAY-LUSSAC, THENARD en DAVY (1809) over het zoutzuur, geen twijfel meer overblijven, of er bestonden zuurstofvrije zuren.

Tevens toonden GAY-LUSSAC en THENARD (1809) aan, dat, indien water vrij zoutzuur met bases zamentreedt, er zooveel water vrij wordt,

¹ Hippocrates chemicus, 1666.

² Cours de chimie.

als met het zuurstofgehalte van 't oxyde overeenkomt, en alzoo waren ook de zuurstofvrije zouten aangetoond, wier samenstelling DAVY (1810) onder een algemeen gezigtspunt zamenvatte. Deze zienswijze, door BERZELIUS hevig bestreden, werd ten laatste ook door hem aangenomen (1820) en toen door alle scheikundigen als de ware erkend.

Hoe de scheiding echter, die hierdoor in de beschouwingwijze der zouten ontstond, door DULONG (1816) en lateren werd opgeheven, door alle zouten te beschouwen als bestaande uit een metaal en een zoutvormer, 't zij als element Cl, Jd, Br, 't zij als zuurstofvrije groep CN^2 , of als zuurstofhoudende groep SO^4 , NO^6 , CO^3 ; hoe daarbij al de zuren worden beschouwd als verbindingen van H met den zoutvormer; welke schoone regelmaat DANIEL door deze beschouwingwijze in de elektro-chemische equivalenten heeft gebracht; dat alles kan hier niet nader worden aangevoerd. Het was ons te doen om aan te toonen, hoe men allengs tot de kennis van de *bestanddeelen* der zouten kwam. Deze werd voor de alkalische en aardzouten door GLAUBER, voor de metaalzouten door BERGMAN, voor de haloidzouten door DAVY gevestigd; — de latere meeningen verschillen niet omtrent de *bestanddeelen*, maar omtrent hunne *groepering*.

Thans, nu wij zich de begrippen van scheikundige grondstoffen, hare onveranderlijkheid en haar zamentreden tot zamengestelde verbindingen hebben zien ontwikkelen, *wenden wij ons tot ons hoofddoel: de hoeveelhedsbepalingen.*

Het eerst doen zich de gewigtsbepalingen van de bestanddeelen *der zouten* aan onze beschouwing voor.

De bepaling van de eigenschappen van zuren en loogen, als elkander opheffende, elkander verzadigende, welke wij bij de scheikundigen der 16^e eeuw zien uitgesproken, was naauw verwant met de overtuiging, dat die verzadiging ook volgens bepaalde hoeveelheden plaats greep.

HOMBERG was de eerste (1699), die de gewigtstoename van koolzure potasch door verzadiging met zuren bepaalde. 1 once wijnsteenzout (*carbonas potassae*) werd met verschillende zuren behandeld, totdat de loogachtige reactie verdwenen was. De hoeveelheid zuur, die was opgenomen, werd bepaald; — daarna werd de op-

lossing uitgedampt en sterk verhit, en het gewigt van het watervrije zout bepaald.

Opgenomen waterhoudend zuur.		Opgenomen watervrij zuur.	
Azijnzuur...	14 oncen.	3 drachmen	36 grein.
Zoutzuur....	2 " 3 drachmen.	3 "	14 "
Salpeterzuur..	1 " 2 " 36 gr.	3 "	36 "
Vitrioololie...	0.....5	3 "	5 "

Hoewel nu zijn besluit, dat eene bepaalde hoeveelheid basis door gelijke gewigten der verschillende zuren in watervrijen staat verzadigd wordt, geheel valsch was, zoo blijft deze eerste proeve van gewigtsbepaling toch steeds der vermelding waardig.

De nu te vermelden gewigtsbepalingen van BERGMAN en KIRWAN, hadden tot doel de bepalingen van de sterkte der verwantschap.

Van ouds reeds was het bekend, dat het eene zuur het andere uit zijne oplossing kon verdringen, en S. F. GEOFFROY (1718) poogde de sterkte van verwantschap in tafelen uit te drukken, waarin hij de metalen en aarden voor elk der verschillende zuren in verwantschaps-reeksen opstelde, en de zuren naar hunne verwantschap tot de vaste en vluchtige loogen, aarden en metalen evneens in reeksen ordende.

Deze verwantschaps-tafels waren in de vorige eeuw zeer in gebruik; eerst toen men de dubbele verwantschap en den invloed der warmte op de verwantschap nader leerde kennen, werd het onhoudbare van zulke verwantschaps-reeksen ingezien, en de tafelen kwamen in onbruik.

BERGMAN (1775) nam aan, dat een zuur zooveel *meer* basis ter verzadiging opneemt, hoe grooter zijne verwantschap tot die basis is, en dat eene basis zooveel *meer* zuur opneemt, hoe grooter hare verwantschap tot dat zuur is; en zijne gewigtsbepalingen waren *onnauwkeurig* genoeg om dit valsche begrip te staven.

De volgende tabellen, waarbij de thans vastgestelde verhoudingen tusschen parentheses zijn geplaatst, geven ons een denkbeeld van zijne wijze van arbeiden.

100 ℥ potasch verzadigen	100 ℥ soda verzadigen
78,5 Vitrioololie... (85).	177 Vitrioololie... (128).
64 Salpeterzuur (114).	135,5 Salpeterzuur (172).
51,5 Zoutzuur.... (58).	125, Zoutzuur.... (87).

KIRWAN stelde (1780), dat een zuur zooveel *minder* basis opneemt, hoe grooter zijne verwantschap tot die basis is, en dat eene basis zooveel *meer* zuur opneemt, hoe grooter hare verwantschap tot dat zuur is.

Maar zijne gewigtsbepalingen zijn *niet onnaauwkeurig genoeg* om deze valsche stellingen te bevestigen. Ook in de volgende tabel staan de thans vastgestelde verhoudingen tusschen parentheses.

Mct	verbinden zich:					
100	Potasch.	Soda.	Ammonia.	Baryt.	Strontiaan.	Kalk.
Zwavelzuur....	121 (118)	78 (78)	26 (42)	200 (192)	138 (130)	70 (71).
Salpeterzuur....	117 (87)	73 (58)	40 (31)	178 (142)	116 (96)	56 (53).
Zoutzuur.....	177 (172)	136 (114)	58 (62)	314 (280)	216 (190)	118 (104).
Koolzuur.....	95 (107)	150 (142)		354 (348)	231 (236)	122 (129).

Wat BERGMAN gekend en niet verklaard had, dat bij dubbele ontleding van twee onzijdige zouten de nieuw gevormde zouten onzijdig zijn, doorgrondde WENZEL in 1777. Hij ontdekte, dat de verschillende hoeveelheden der bases, die een en hetzelfde gewigt van een zuur verzadigen, alle ook door gelijke gewigten van een ander zuur verzadigd worden.

Volgens zijne proeven ¹ verzadigen:

240 Salpeterzuur	{ 123 Kalk.
	{ 222 Potasch.
181 Zwavelzuur	{ 123 Kalk.
	{ 220 Potasch.

Maar daar hij zijne groote ontdekking niet verder dan tot de verklaring van het verschijnsel der dubbele ontleding uitbreidde, en in zijne naauwkeurige uitkomsten van BERGMAN'S onjuiste maar algemeen geldende getallen afweek, werden zijne werken miskend en nevens de groote ontdekkingen van LAVOISIER der opmerking onwaardig gekeurd.

Hetzelfde lot trof RICHTER, en niet geheel onverdiend, niet-tegenstaande hij een man van een helder doorzigt en van uitstekende verdiensten omtrent de algemeene scheikunde, hoewel hij de grond-

¹ Lehre v. d. Verwandschaften. Dresden 1777.

legger der Stöchiometrie ¹ was. Zijne hoeveelheidsbepalingen, verre van WENZEL'S bewonderenswaardige naauwkeurigheid, moesten tot staving van nog valschere bespiegelingen dienen; in zijne vergelijkingen gaat hij bijna steeds uit van de koolzure aluinaarde, eene verbinding, waarvan wij thans weten, dat zij geene standvastige samenstelling heeft. Zijne proeven moesten herhaald worden, om de verdenking weg te ruimen, welke onwillekeurig bij den lezer opkomt, dat de begeerte van den scheikundige om zijn stelsel te zien bevestigen, op zijne uitkomsten invloed had gehad; zijne taal, tusschen phlogistische en anti-phlogistische uitdrukkingen zwevende, is duister, en deze onbepaaldheid mishaaide aan de aanhangers van de eene zoowel als aan die van de andere leer. Is het dan wonder dat de blik der scheikundigen, door LAVOISIER op het daadwerkelijke en zekere gerigt, zich van RICHTER afwendde, en alzoo de schoone waarheden nevens de onjuiste bespiegelingen onopgemerkt bleven?

RICHTER breidde WENZEL'S ontdekking uit, en schreef de onderling evenredige reeksen van gewigten der bases, die zich met bepaalde gewigten van onderscheiden zuren verbonden, in tafelen op.

Maar om deze verschillende reeksen in ééne tafel zamen te brengen, en alle verhoudingen tot ééne vaste eenheid te herleiden, dit denkbeeld is niet van RICHTER, hoewel ook deze het daarna opvatte en vasthield.

Aan FISCHER komt de eer toe, de door RICHTER aangegeven verhouding tot ééne vaste eenheid — zwavelzuur = 1000 herleid, en de eerste tafel van *aequivalent-getallen* vervaardigd te hebben.

Want dit is toch het ware begrip van eene tafel van aequivalent-getallen: dat men, ééne stof als eenheid aannemende, de verhoudingen aangeeft, volgens welke de andere stoffen zich met die ééne stof verbinden, of wel haar uit hare verbindingen verdringen, terwijl die verhoudingen dan tevens de uitdrukking zijn van de verbindingen dier andere stoffen onderling. Voor de zuren en zouten zagen FISCHER en RICHTER deze wetten volkomen in; voor de *elementen zelve* bragt eerst BERZELIUS de geheele waarheid aan het licht. Zie hier de getallen van FISCHER en die van onzen tijd:

¹ Stöchiometrie oder Messkunst Chymischer Elemente, J. B. RICHTER, 1792—95.

	FISCHER.	Nieuwste getallen ¹ .	Verhouding.
Aluinaarde.....	525	471,25	0,897.
Magnesia.....	615	250,0	0,406.
Ammoniak.....	672	325,0	0,408.
Kalk.....	793	350,0	0,441.
Soda.....	859	387,5	0,451.
Strontiaan.....	1329	647,5	0,487.
Potasch.....	1605	590	0,368.
Baryt.....	2222	956,25	0,430.
Vloispaatzuur....	427	250,0	0,585.
Koolzuur.....	577	276	0,478.
Zoutzuur.....	712	443,75	0,626.
Zuringzuur.....	755	450	0,596.
Phosphorzuur.....	979	987,5	1,008.
Mierenzuur.....	988	475	0,480.
Barnsteenzuur....	1209	737,5	0,609.
Salpeterzuur.....	1405	675	0,480.
Azijnzuur.....	1480	750	0,507.
Citroenzuur.....	1683	737,5	0,438.
Wijnsteenzuur....	1694	937,5	0,553.
Zwavelzuur.....	1000	500	0,500.

In eene latere tafel van RICHTER zelven (1803) komen eenige equivalenten van metaalkalken voor, insgelijks voor zwavelzuur = 1000; men ziet uit de verhouding tot de nieuwste getallen, hoe zij wel onderling maar niet met de boven opgegeven equivalenten overeenstemmen:

Metaalkalk.	RICHTER.	Nieuwste get. ¹	Verhouding.
Zinkkalk.....	1348	507,5	0,376.
Koperkalk.....	1416	496,25	0,350.
Loodkalk.....	3592	1396,25	0,388.
Zilverkalk.....	3728	1451,25	0,489.

Aleer wij nu de verdere verspreiding en verbetering nagaan van de equivalenten der zuren en alkaliën, door RICHTER nog ten halve als grondstoffen beschouwd, wenden wij ons thans tot de

Aequivalenten der heden als zoodanig erkende grondstoffen.

Toen het meer en meer duidelijk werd en algemeener werd uitgesproken, dat het gewigt van de metalen minder is dan dat van

¹ Jahresbericht von Liebig und Kopp. 1852.

de bij hunne verkalking ontstaande stoffen, trachtten vooral dezulken, welke die toename van gewigt aan een toetredend bestanddeel der lucht toeschreven, de hoegrootheid dier toename te bepalen.

Zoo ¹ TACHENIUS, die het zuur der houtvlam aannam als dat bestanddeel, hetwelk bij verkalking wordt opgenomen. Hij bepaalde, dat lood, tot menie verkalkt, $\frac{1}{10}$ in gewigt toeneemt, en bij herleiding zijn vorig gewigt weder aanneemt.

Zoo DUCLOS, die de zwavelachtige deelen der lucht bij de verkalking als opgenomen bestanddeel aannam, en de gewigtstoename van verkalkt antimoon op $\frac{1}{10}$ bepaalde.

BOYLE deed eene once lood in eene retort, wier hals hij luchtdigt sloot, en verhitte die eenigen tijd boven de spirituslamp.

„Eventus hic erat, quod, postquam metallum illud in flamma detentum erat per bihorium, sigillato retortae apice fracto, aer externus cum strepitu in eam irruit (indicio sane, vas omnino fuisse integrum), nosque insignem quantitatem plumbi invenimus; septem quippe fuerunt scrupula et amplius in calcem subcaesiam versa, quae una cum metalli residuo iterum appensa cum essent, deprehensum a nobis fuit, lucrum granorum sex hac operatione factum fuisse.”

Meer dan zeven scrupels lood hadden dus bij de verkalking zes greinen in gewigt gewonnen. Had BOYLE niet zoo vast aan zijne weegbare vuurstof geloofd, had hij langer bij het indringen der lucht bij het openen van de retort na de verkalking stilgestaan en er meer gevolgen uit getrokken dan het bewijs, dat zijne retort goed gesloten was geweest, had hij de retort met het lood 1°. vóór de verkalking, en na de verkalking 2°. vóór en 3°. na het openen der retort gewogen, zoo had de ontdekking van de werking der zuurstof meer dan eene eeuw vroeger plaats gegrepen, die nu voor LAVOISIER bewaard is gebleven.

Maar deze gewigtsbepalingen hadden meer ten doel, aan te toonen dat er gewigtstoename bestaat, dan om de hoegrootheid der gewigtstoename tot een punt van onderlinge vergelijking voor de verschillende metalen te maken.

BERGMAN hield zich onledig ² met het verschijnsel, dat, wanneer het eene metaal het andere uit zijne onzijdige zoutoplossing metallisch nederslaat, de oplossing onzijdig blijft.

¹ Hippocrates chemicus 1666.

² De diversa phlogisti quantitate in metallis.

Volgens zijne phlogistische denkbeelden is in de onzijdige oplossing aanwezig metaalkalk (een element) en zuur. Hierbij wordt gevoegd een metaal (metaalkalk + phlogiston). Het phlogiston van het bijgevoegde metaal treedt dus tot den metaalkalk van het opgeloste zout, en er wordt metaal nedergeslagen, terwijl het bijgevoegde metaal, van zijn phlogiston beroofd, als metaalkalk in de oplossing treedt. Daar deze echter weder een onzijdig zout vormt, en er verder niets ontweken noch bijgekomen is, zoo moet het toegevoegde metaal al zijn phlogiston aan het neêrgeslagene hebben afgegeven, en dus zullen de betrekkelijke hoeveelheden, waarin de metalen elkander uit de onzijdige oplossing verdringen, een betrekkelijke maatstaf zijn voor hun gehalte aan phlogiston, hetgeen BERGMAN aldus uitdrukt: „Phlogisti mutuas quantitates praecipitantis et praecipitandi ponderibus esse inverse proportionales.”

RICHTER vatte hetzelfde onderwerp op, maar de aanhaling van zijne eigene woorden zal iedereen doen inzien, waarom zijne denkbeelden geen ingang vonden.

„Die quantitative Ordnung spezifischer Neutralität der Metalle gegen eine Säure ist der umgekehrten quantitativen Ordnung der Entbrennstoffung und respective Lebensluftstoffung vollkommen analog, d. h. ein Metall neutralisirt sich in desto grösserer Masse mit Säure, je weniger sein Substrat Lebensluftstoff bedarf, um entbrennstofft zu werden.”

Hij bedoelt hiermede hetzelfde als BERGMAN, wat wij volgens de tegenwoordige opvatting dus zouden uitdrukken, dat een metaal, dat uit een onzijdig zout het metaal nederslaat, zich met dezelfde hoeveelheid zuurstof verbindt als welke dat metaal heeft losgelaten, terwijl het daarbij tevens met het zuur een onzijdig zout vormt: dat men dus de hoeveelheid der metalen, die zich met eene en dezelfde hoeveelheid zuurstof tot oxyden en vervolgens met eene en dezelfde hoeveelheid zuur tot onzijdige zouten verbinden, in eene reeks kan plaatsen, de reeks der aequivalenten van de *grondstoffen*. Dat ligt in de woorden van RICHTER besloten; maar hij zelf heeft het er niet uit ontwikkeld.

De ontdekking van BERGMAN en RICHTER ware ook nooit vruchtbaar geworden, zoo niet LAVOISIER de dwaling van het phlogiston had weggenomen. Hoewel hij en zijne Fransche navolgers den naam van aequivalenten niet genoemd hebben, zoo waren zij het toch, die met de weegschaal in de hand, alleen zich aan

de zuivere waarneming houdende, de zamenstelling van eene reeks van verbindingen vaststelden en den hechten grondslag legden, waarop later de *algemeene chemie* werd opgebouwd. Ik spreek van *algemeene*, niet van *theoretische* chemie, want de gezonde stöchiometrie van onze dagen is geene theorie; zij bevat het verband tusschen de enkele daadzaken, het algemeene van de wetenschap. Daarom heb ik mij beijverd, ten minste het een en ander van hunne zuiver praktische onderzoekingen, als daar zijn de proeven over de zamenstelling van het koolzuur, in den loop van mijn stuk te behandelen. Hier zij mij vergund, eene getrouwe overzetting in te voegen van de merkwaardige proef van LAVOISIER, die zoowel de zamenstelling van kwikoxyde als die van dampkringslucht aan het licht brengt.

„Ik nam eene retort van ongeveer 36 kubiekduimen inhoud, wier „hals zeer lang was en van binnen 6 à 7 lijnen wijd was; ik boog „hem, gelijk men in figuur 1, plaat 1 ziet, zoodat zij in een fornuis „M N kon geplaatst worden, terwijl het uiteinde O van haren „hals onder de klok P O moest reiken, welke op eenen kwikbak „R S geplaatst was. Ik bragt in deze retort vier oncen zeer zuiver kwik, en zoog toen met eenen hevel, welken ik onder de „klok P O bragt, het kwik tot de hoogte L L op; ik teekende „deze hoogte zorgvuldig aan met een reepje opgeplakt papier, en „nam barometer- en thermometerstand naauwkeurig waar.

„Na deze toebereidselen bragt ik vuur in het fornuis M N, en „onderhield dit bijna onafgebroken gedurende twaalf dagen, zoodat „het kwik bijna tot zijn kookpunt verhit werd.

„Er gebeurde niets merkwaardigs gedurende den eersten dag; „het kwik, hoewel niet kookende, was in eenen staat van voortdurende verdamping; het bekleedde het inwendige *van den toestel* „met droppeltjes, welke eerst zeer fijn waren, vervolgens grooter „werden, en, na eenen bepaalden omvang verkregen te hebben, „van zelve op den bodem van het vat terugvielen en zich met „het overige kwik vereenigden.

„Den tweeden dag begon ik eenige roode vlokjes waar te nemen, „welke op het kwik drevén en gedurende vier of vijf dagen in „getal en omvang toenamen, waarna zij ophielden zich te vermeerderen en volstrekt in denzelfden staat bleven. Na verloop van „twaalf dagen, ziende dat de *verkalking* (oxydatie) van het kwik

„niets meer vorderde, doofde ik het vuur uit en liet den toestel „afkoelen.

„Het volumen der lucht, zoowel in de retort als in den hals en „in het ledige gedeelte van de klok, herleid tot eene drukking „van 28 duimen en 19° van den thermometer, bedroeg vóór de „proef ongeveer 50 kubiekduimen.

„Na afloop van de proef bedroeg het volumen, bij gelijke drukking „en temperatuur, slechts 42 à 43 kubiekduimen. Als ik aan den „anderen kant de roode vlokjes zoo zorgvuldig mogelijk verzameld „en van het levende kwik afgescheiden had, vond ik dat zij „45 grein wogen.

„De lucht, die na deze proef overbleef en door de verkalking „van het kwik tot vijf zesde deelen van zijn volumen herleid was, „was niet geschikt meer voor ademhaling of verbranding; want de „dieven, die men er in bragt, stierven in weinig oogenblikken, „en de lichten werden er terstond in uitgedoofd, alsof men hen in „water hadde gedompeld.

„Vervolgens nam ik de 45 grein der roode stof, welke gedu- „rende de proef gevormd was, bragt hen in eene zeer kleine gla- „zen retort, waaraan ik eenen toestel had bevestigd, geschikt tot „verzameling der vloeibare luchtvormige zelfstandigheden, die er „uit mogten ontwijken; na daaronder vuur in een fornuis te heb- „ben aangebragt, zag ik dat, naarmate de roode stof verhit werd, „hare kleur in sterkte toenam. Toen nu de retort nabij de gloei- „hitte was, begon de roode stof langzamerhand in volumen te ver- „minderen en was binnen eenige minuten geheel verdwenen; en „ter zelfder tijd hadden zich in den kleinen ontvanger 41,5 grein „levend kwik verzameld, en onder de klok waren zeven à acht „kubiekduimen van eene veerkrachtige vloeistof overgegaan, veel „meer tot onderhouding van verbranding en ademhaling van dieren „geschikt, dan de dampkringslucht.

„Nadat ik een gedeelte van deze lucht in eene glazen buis „van een duim middellijn gebragt had en er eene kaars in dom- „pelde, verspreidde zij daarin een glansrijk licht; een aangestoken „stukje kool, in plaats van voort te glimmen zoo als in de lucht, „brandde met vlam en eene soort van uiteenspatting, op de „wijze van den phosphorus, en met eene levendigheid van licht, „welke de oogen nauwelijks konden verdragen.

„Nadenkende over de omstandigheden dezer proef ziet men, dat „het kwik, bij de verkalking, het gezonde en voor de ademhaling „geschikte deel der lucht opneemt; dat het gedeelte, wat overblijft, „eene soort van stiklucht is, ongeschikt voor verbranding en „ademhaling. De dampkringslucht is dus zamengesteld uit twee „veerkrachtige vloeistoffen van verschillenden en zoo te zeggen „tegengesteldend aard.

„Een bewijs van deze gewigtige waarheid is, dat, door de twee „veerkrachtige vloeistoffen, de 8 kubiekduim voor de ademhaling „geschikte lucht en de 42 kubiekduim stiklucht, zamen te her- „eenigen, men eene luchtsoort verkrijgt, volkomen gelijk aan die „van den dampkring, en in dezelfde mate geschikt voor de verbran- „ding, de verkalking der metalen en de ademhaling der dieren.”

LAVOISIER voegt hierbij, dat de verhouding van de voor de ademhaling geschikte lucht, door de proef gevonden, denkelyk wat te gering is, daar men haar nooit volkomen aan het kwik binden kan.

LAVOISIER ging voort om, op den ingeslagen weg, de zamenstelling der lichamen te onderzoeken, steeds het gewigt der eindproducten aan dat der aangewende hoeveelheden toetsende, en zich uitsluitend aan de scherpe mathematische methode houdende. Hij leerde, dat als men kwik in zwavelzuur oploste, het zwavelzuur, dat in zwaveligzuur werd omgezet, evenveel zuurstof verloren had als het kwik had opgenomen. Hij doorgrondde het verschijnsel van de gewigtstoename van sulphureten aan de lucht; hij bevestigde WATT'S en PRIESTLEY'S ontdekking van de zamenstelling van het water, en zijne schoone uitkomsten omtrent de zamenstelling van het koolzuur wijken slechts weinig van de jongste proeven af. Eene reeks van proeven, waarbij hij het eene metaal door middel van het andere uit de oplossing nedersloeg, gaven hem de bouwstoffen tot eene tafel van de verwantschappen der metalen tot de zuurstof. Deze wijze van arbeiden is wel het grootste bewijs, dat hij feitelyk de equivalenten kende.

Op zijn voetspoor gingen GUYTON-MORVEAU, VAUQUELIN, FOUCROY en zoovele anderen voort, de zamenstelling der lichamen te onderzoeken.

Terwijl aldus LAVOISIER en zijne volgelingen de vaste verhoudingen, in welke de scheikundige verbindingen plaats hebben, tot grondslag en toetssteen van hunne onderzoekingen maakten, dreigde

BERTHOLLET aan de geheele leer der vaste verhoudingen den ondergang. Hij bestreed te regt de verwantschaps-tafelen, zoo als die door BERGMAN in zwang waren gekomen, en toonde aan, ¹ dat de verschijnselen der dubbele ontleding daarmede in strijd waren, en dat het al of niet neêrgeslagen worden van de eene stof door de andere van allerlei natuurkundige omstandigheden afhing.

Maar volgens eene neiging van den menschelijken geest, om een nieuw denkbeeld op alles te willen toepassen, ging hij hierin wederom veel te ver, en de heldere, diepzinnige denker liet zich verleiden, om aan de natuurkundige eigenschappen zoodanige waarde toe te kennen, dat hij geen onderscheid meer maakte tusschen oplossing en verbinding, en aannam, dat de stoffen zich in alle denkbare verhoudingen zamen konden verbinden; dat er nooit eene uitsluitende verwantschap tusschen twee lichamen bestond, wanneer er een derde ligchaam in de oplossing was, maar dat het eene ligchaam zich dan over de beide anderen, in rede van de sterkte der verwantschap verdeelde. Kwam er al eens eene bepaalde, onveranderlijke verbinding tot stand, zoo was dit slechts het gevolg van de neiging van een der bestanddeelen, om zich vast (cohésion) of gasvormig (élasticité) af te scheiden, welke dan door eene bepaalde hoeveelheid van de andere stof moest opgeheven worden, alvorens eene verbinding kon tot stand komen.

Een merkwaardige strijd ontstond hierover tusschen hem en PROUST, welke van 1801 tot 1808 aanhield. PROUST bewees, dat twee stoffen zich slechts in ééne, of in eenige weinige vaste verhoudingen kunnen verbinden. Zijne wijze van de uitkomsten op te schrijven deed hem evenwel de wet over het hoofd zien, welke hij anders moest gevonden hebben.

Hij schrijft:

100 Tinoxydule bevatten 87 tin- en 13 zuurstof.

100 Tinoxyde „ 78,4 „ „ 21,6 „

Hadde hij aldus geschreven:

87 Tin verbinden zich met 13 zuurstof tot tinoxydule.

87 „ „ „ „ 24 „ „ tinoxyde

zoo had het hem niet kunnen ontgaan, dat de hoeveelheden zuur-

¹ Recherches sur les lois de l'affinité 1801. Suite 1802, 1806. Essai de statique chimique 1803.

stof, welke zich met eene en dezelfde hoeveelheid metaal verbonden, ongeveer in rede van 1: 2 tot elkander stonden.

HIGGINS ¹ had het reeds gezegd, dat de lichamen uit atomen of kleine deeltjes waren zamengesteld, en dat dit de oorzaak was, dat men uit eene verbinding, die uit een atome metaal en een atome zuurstof bestond, slechts daardoor een hooger oxyde kon verkrijgen, dat men een geheel atome zuurstof toevoegde.

DALTON ² nam deze beschouwingwijze op, en voegde er bij, dat de atomen van een en hetzelfde ligchaam allen gelijk, maar die der verschillende lichamen onderling verschillend waren.

Nevens de ontdekking van HIGGINS, die hij ook op proefondervindelijken weg uitbreidde en bevestigde, maakte hij eene andere, dat de som van de atoomgewigten der zamenstellende deelen tevens het atoomgewicht van de verbinding vormt; ook deze uit zijne theorie afgeleide ontdekking toetste hij aan de werkelijkheid.

Kortom, DALTON bragt klaarheid in de algemeene en theoretische scheikunde, gelijk LAVOISIER zulks in de praktische scheikunde gebragt had.

Wat DALTON onder atoomgewicht verstond is datgene, wat WOLLASTON (1813) equivalentgewicht noemde en wat in onzen tijd algemeen zoo genoemd wordt. DALTON vooronderstelde namelijk, dat de meest voorkomende verbindingen in rede van een en een atoom gevormd werden, en nam bij voorbeeld aan, dat het water uit een atoom waterstof en een atoom zuurstof bestond.

Toen evenwel de wet van VON HUMBOLDT ³ en GAY-LUSSAC bevestigd en algemeen aangenomen werd, dat de gassen zich in rede van geheele volumina zamen verbinden, toen nam men, voornamelijk door BERZELIUS daartoe aangespoord, het gewigt van het gas voor het atoomgewicht aan en, daar twee volumina waterstof en een volumen zuurstof zich tot water verbinden, dacht men zich in het water twee atomen waterstof en een atoom zuurstof. Maar de onmogelijkheid, om deze beschouwingwijze op de meeste metalen toe te passen, en de vreemde uitkomsten, die men daarbij voor eenige verbindingen verkreeg, zoodat men zich b. v. het zwa-

¹ A comparative view of the phlogistic and antiphlogistic theories 1789.

² In Thomson's system of chemistry 1807; — en in zijn eigen werk: A new system of chemical philosophy.

³ 1805, medegedeeld in de Mémoires de la société d'Arcueil 1809.

velzuur uit 1 atoom zwavel en 9 atoom zuurstof zamengesteld moest denken; de afkeerigheid eindelijk van alle bespiegelingen deed de geleerden allengs de atoomgewigten van BERZELIUS vergeten, en tot de equivalenten van WOLLASTON terugkeeren. BERZELIUS hield echter steeds zijne meening vast, hoewel hij haar later alleen tot de gassen bepaalde en de zwavel buiten sloot. Uit de isomorphie van de overchlorzure en de overmangaanzure zouten, door MITSCHERLICH bewezen, maakte hij de gevolgtrekking, dat een dubbel atoom (equivalent) van chloor een dubbel atoom (*dubbel* equivalent) van mangaan verplaatst. Uit de isomorphie van mangaan met chroom in de aluinen, en de isomorphie van chroomzuur met zwavelzuur in hunne zouten, besloot hij, dat een atoom chloor een atoom (equivalent) zwavel kon verdringen.

Dat atoomgewicht van het chloor was nu het soortelijk gewicht (dat der zuurstof = 100 gerekend) van een volumen chloor; chloor en waterstof verdringen elkander in rede van enkele volumina; dus was ook het atoomgewicht van de waterstof gelijk aan het soortelijk gewicht, en water bestond uit twee atomen waterstof en een atoom zuurstof.

Deze gronden van BERZELIUS acht H. ROSE¹ zoo gewichtig, dat zij zich niet goed laten wederleggen.

Wij zullen evenwel ons bij de thans gebruikelijke equivalentgewigten houden, en keeren ondertusschen na deze korte uitwijding, die ik meende voor het betere verstand van de zaak hier te moeten invoegen, tot DALTON terug.

DALTON's tijd- en landgenooten gingen ijverig op den ingeslagen weg voort; zoo DAVY, die eerst door de electrochemische theorie van de atomistische theorie werd afgetrokken, maar reeds in 1807 zich aan DALTON's denkbeelden aansloot en vele bepalingen deed; zoo THOMSON, die de eerste deelgenoot van DALTON's meeningen geweest was (1804), en veel in dit onderwerp werkte; zoo WOLLASTON, die in 1814 eene schaal van equivalenten opstelde, naar de beste opgaven van dien tijd, waaronder vele, van BERZELIUS, vervaardigd.

Ik laat hier eenige van hunne opgaven volgen, waarachter de

¹ Gedächtnissrede auf BERZELIUS, 1852.

thans vastgestelde verhoudingen, herleid naar de eenheid, die bovengemelde scheikundigen ten grondslag legden, geplaatst zijn.

Ik heb de thans vastgestelde verhoudingen in aequivalenten aangegeven, naar de opgaven van GRAHAM OTTO, 3^e druk, a^o 1852. Achter de getallen der Engelsche scheikundigen heb ik steeds den coëfficiënt geplaatst, waarmede zij moeten vermenigvuldigd worden, om tot aequivalentgetallen gebracht te worden.

THANS VASTGESTELDE AEQUIVALENTEN H = 1.		DALTON'S ATOMEN.	DAVY'S VERHOUDIN- GEN.	THOMSON'S ATOMEN.	WOLLASTON'S SCHAAL VAN AEQUIVALEN- TEN.	THANS VASTGESTELDE AEQUIVALENTEN O = 10.	
Waterstof ..	1	1	1	1	1,32	1,25	Waterstof.
Zuurstof....	8	6½ en 7	15 (× ½)	8	10,00	10,00	Zuurstof.
Koolstof....	6	5		6	7,54	7,50	Koolstof.
Stikstof....	14	5 (× 2)	26 (× ½)	14	17,54	17,50	Stikstof.
Phosphorus.	32			49,5	17,40 (× 2)	40,00	Phosphorus.
Chloor.....	35,46		67 (× ½)	36	44,10	44,33	Chloor.
Zwavel.....	16	13		16	20,00	20,00	Zwavel.
Potasch....	47,2	42		38	49,10	49,00	Potassium.
Soda.....	31	28		23,3	29,10	28,72	Sodium.
Baryt.....	76,5	68		63	97,00	95,65	Baryt.
Strontiaan..	51,8	46		37,6	63,00	64,80	Strontiaan.
Kalk.....	28	23		21,8	25,46	25,00	Calcium.
Magnesia...	20	20		17,6	24,60	25,00	Magnesia.

Vergelijken wij de voorgaande kolommen met WOLLASTON'S schaal, dan zien wij in de laatste de kennelijke sporen van de meesterlijke hand, die, wat hij deed, voortreffelijk deed. Het zijn geene afwijkingen meer van een derde gedeelte van het ware getal, het zijn slechts kleine verschillen, afwijkingen in decimalen, tusschen de cijfers van 1814 en die van 1853. DAT WAS BERZELIUS. Hij was het brandpunt, waarin zich de verstrooide lichtspranken verenigden; waarvan zij verhoordervuldigd in heerlijken glans naar

alle zijden afstraalden. Er is geen onderwerp, klein of groot, in de scheikunde, of BERZELIUS nam het op en gaf het in schooner gedaante terug. Maar nooit was hij zoo groot, dan toen hij, de algemeene wetten aan de bijzondere verschijnselen toetsende, en van de bijzondere verschijnselen tot de algemeene wetten opklimmende, het groote gebouw der *algemeene* scheikunde grondde, waarvan de leer der aequivalenten de grondslag was.

Toen BERZELIUS in 1806 en 1807 zijn leerboek bewerkte, was hij bekend met de wet van WENZEL van de ongestoorde onzijdigheid bij dubbele ontleding ¹, en vond deze door BUCHOLZ's en ROSE's analyses van zoutzure potasch, zoutzure soda, zoutzuur zilveroxyde, zwavelzure baryt, zwavelzure soda en zwavelzure potasch bevestigd. Door het bestuderen van het zoo diepzinnige werk van RICHTER werd het hem meer en meer duidelijk, dat men uit eenige weinige gegevens de samenstelling van alle zouten kon vinden ². Maar toen hij de galvanische proeven van DAVY over het zuurstofgehalte der alkaliën en aarden herhaalde, waarbij hij den gelukkigen kunstgreep aanwendde, om als negatieve pool een kwikdroppeltje te nemen, en daarin het vrij wordende metaal als amalgama op te vangen; toen kwam het denkbeeld bij hem op, ook de wet van BERGMAN, omtrent de standvastigheid van het zuurstofgehalte voor alle zouten van hetzelfde zuur, zoowel aan de alcalische metalen als aan de andere te toetsen.

Hij nam zijn verkregen amalgama, woog het, oxydeerde het alkali-metaal in water, woog het overgebleven kwik, en kende dus bij aftrekking het opgeloste alkali-metaal. Nu bond hij het oxyde aan zoutzuur, gloeide het zout, woog het, en berekende, volgens BUCHOLZ's en ROSE's analyses van zoutzure zouten, het gehalte aan metaaloxycide, in het zout voorhanden. Zoo geraakte hij tot de samenstelling der oxyden van potassium, sodium en calcium, en tot de samenstelling van hunne zouten.

Dergelijke bepalingen deed hij voor koper-, ijzer-, lood- en zinkoxyde, maar vond den regel van BERGMAN niet bevestigd, omdat hij vertrouwdde op de analyses van BUCHOLZ en ROSE, welke onnaauwkeurig waren; hij gaf derhalve deze reeks van onderzoekingen op.

¹ SCHWEIGGER, Bd. II, p. 297.

² Leerboek, 1808, Deel I, p. 398—401.

Ondertusschen had DALTON zijne atoomgewichtstafel in het licht gegeven; daarin waren echter slechts de verhoudingen aangegeven, volgens welke zich de *andere* lichamen met *zuurstof* verbinden [dit waren DALTON's *absolute* gewigten]; maar het was nog niet bekend, dat die verhoudingen tevens de uitdrukking waren voor de verbindingen der *andere* lichamen *onderling*. — Dit vond BERZELIUS.

Hij vergeleek DALTON's absolute gewigten van zwavel en waterstof met zijne eigene, reeds vroeger ¹ medegedeelde analyse van zwavelwaterstof, en vond, dat de absolute gewigten van zwavel en waterstof tevens de verhouding aangaven, volgens welke beide lichamen zich zamen verbonden. DAT WAS DE GROOTE STAP, waardoor, even als FISCHER voor de zuren en bases, BERZELIUS nu voor alle grondstoffen en voor al hare verbindingen tot de algemeene opvatting der atoomgewigten kwam. Deze ontdekking lag wel in de theorie van DALTON opgesloten, maar BERZELIUS bragt haar aan het licht. Hij toetste de wet aan vele zwavelverbindingen der metalen, en vond, dat er, bij dubbele ontleding, tusschen een oxyde en een sulphureet dezelfde wederzijdsche verzadiging plaats had, als welke volgens de wet van WENZEL tusschen twee onzijdige zouten bestond, en hij zag dadelijk in, dat de wet voor alle scheikundige verbindingen moest gelden.

Hij vond verder, dat, wanneer hij gegloeid zwavellood door middel van salpeterzuur oxydeerde, het verkregen zwavelzure loodoxyde dezelfde betrekkelijke hoeveelheden zwavel en lood bevatte als het zwavellood. Hetzelfde vond hij voor zwavelijzer en zwavelijzeroxydule. Maar wanneer dit zoo was, zoo bestond de wet, die voor de wederzijdsche verzadiging der *sulphureten* gold, ook voor de wederzijdsche verzadiging der *zwavelzure zouten*, en zoo werd BERZELIUS van zelve weder tot de wet van WENZEL, die hij verworpen had, teruggebracht.

Toen hij zich nu andermaal aan de zouten ging wijden, bleek het hem, uit eene vergelijking tusschen de analyses van zwavelzuur door KLAPROTH en die van BUCHOLZ, dat er in de analyses van BUCHOLZ en ROSE, waarop hij vertrouwd had, eene standvastige fout was.

BERZELIUS ontleedde nu zelf de zwavelzure baryt en het zout-

¹ Afhandlingar i Fysik, Kemi och Mineralogie, 2de stuk, bl. 78—99.

zure zilveroxyde, en vond de wet van WENZEL nu met al zijne analyses overeenkomstig.

Toen nu DALTON zijne wet, dat de lichamen zich alleen in geheele veelvoud van de atoomgewigten met de zuurstof verbonden, had bekend gemaakt, vond BERZELIUS dezen regel ook voor de verbindingen van andere stoffen onderling, met name voor de sulphureten, bevestigd ¹.

BERZELIUS vond verder door sulphureten in sulphaten te laten overgaan, dat de zuurstof van het zuur een geheel veelvoud van die der basis is; dat deze regel ook voor dat water geldt, hetwelk bij het zuur de plaats van basis inneemt en alleen door eene basis kan verdrongen worden. Hij vond eindelijk, dat die wet van de geheele veelvoud voor de verbindingen van verschillende bases onderling, kortom, voor alle andere vaste verbindingen, voor het kristalwater der onzijdige, zure, basische en dubbel-zouten, voor mineralen, voor phosphureten, arseniureten enz. doorgaat.

Hier zijn wij nu aan het tijdpunt gekomen, dat BERZELIUS zijne methoden volmaakt, zijne verbindingen kiest, uit welke hij de equivalentgetallen zal afleiden; maar nu kunnen wij hem niet verder op den voet volgen, en moeten het aan de bijzondere geschiedenis van elk equivalentgewicht overlaten, hem in zijne keurige methoden na te gaan.

De oorspronkelijke stukken zijn in het 3^e, 4^e, 5^e en 6^e Deel zijner Afhandlingar (1810—1818) en in de gedenkschriften der Stokholmer Academie bevat; zijne eerste volledige tafel is van 1815, zijne laatste, van 1826, bevat eenige verbeteringen, maar meer omtrent het getal dan omtrent de hoegrootheid der atomen. Zijne methoden waren van den beginne aan zoo juist, dat er slechts kleine wijzigingen in de uitkomsten zijn aangebragt. Hij onderzocht of berekende de samenstelling van alle scheikundige verbindingen, gelijk men uit de uitgebreide tabellen in zijne leerboeken zien kan.

Terwijl BERZELIUS zich hiermede onledig hield, waren GAY-LUSSAC, STROMEYER en anderen ook met hetzelfde onderwerp bezig; GAY-LUSSAC'S onderzoekingen, voor zoover zij op het soortelijk ge-

¹ Deze ontdekkingen zijn alle in eene nota van het voorjaar van 1810 aan de Koninklijke Academie overhandigd, zie Afhandlingar i Fysik, etc., 3de stuk.

wigt betrekking hebben, zullen in het volgende hoofdstuk vermeld worden.

Maar een belangrijke strijd ontstond er over de vraag, of de equivalent- of atoom-gewigten geheele veelvouden van dat van waterstof waren.

DALTON had deze wet ten deele stilzwijgend aangenomen, maar een Engelsch scheikundige, PROUT, wel te onderscheiden van den Franschman PROUST, den tegenstander van BERTHOLLET, maakte haar algemeen ¹. MEINECKE ² herleidde mede alle atoomgewigten tot ronde getallen, en THOMSON ³ liet zich ook geheel door deze rigting medeslepen, en zocht zelfs de wet door proeven te staven, wier uitkomsten of met de pen vervaardigd werden, of hier en daar eene zeer slechte wijze van arbeiden verraadden. Zie hier hunne uitkomsten, met de opgaven van BERZELIUS 1826 en de getallen door GRAHAM-OTTO aangenomen (1852) daarnevens.

¹ Annal. of Philos. 1815, 1816.

² Chemische Messkunst, 1815.

³ System. on chemistry, 1825.

	PROUT, 1815.	MEINECKE, 1825.	THOMSON, 1825.	BERZELIUS, 1826.	GRAHAM OTTO, 1852.
Waterstof.....	1	1	1	0,50 (× 2)	1
Zuurstof.....	8	8	8	8,01	8
Koolstof.....	6	6	6	6,13	6
Stikstof.....	14	14	14	7,09 (× 2)	14
Zwavel.....	16	16	16	16,12	16
Seleen.....			40	39,63	39,7
Telluur.....	32 (× 2)	32 (× 2)	32 (× 2)	64,25	64,2
Phosphorus.....	14 (× 2)	32	12 (× 2)	15,72 (× 2)	32
Chloor.....	36	36	36	17,74 (× 2)	35,46
Zilver.....	108	108	110	108,30	108
Potassium.....	40	40	40	39,26	39,2
Jodium.....	124	116	124	63,28 (× 2)	127
Fluoor.....		18		9,37 (× 2)	19
Silicium.....		8 (× 3)	8 (× 3)	22,22	22,2
Borium.....		16 (× ½)	8	10,91	10,9
Arsenicum.....	48 (× 2)	48 (× 2)	38 (× 2)	75,33	75
Natrium.....	24	24	24	23,31	23
Baryum.....	70	60	70	68,66	68,5
Strontium.....		36	44	43,85	43,8
Calcium.....	20	20	20	20,52	20
Magnesium.....	12	12	12	12,69	12
Aluminium.....	8	9	10	13,72	13,7
Beryllium.....		18	18	26,54	7
Zirconium.....		36	40	33,67	33,6
Yttrium.....		32	34	32,25	32,2
Cerium.....	92 (× ½)	46	50	46,05	47,3
Mangaan.....	56 (× ½)	28	28	27,72	27,6
IJzer.....	28	28	28	27,18	28
Nikkel.....	28	30	26	29,62	29,6
Kobalt.....	28	30	26	29,57	29,5
Zink.....	32	30	26	32,31	32,5
Cadmium.....			56	55,83	55,7
Lood.....	104	104	104	103,73	103,6
Koper.....	32	64 (× ½)	32	31,71	31,7
Uranium.....	96 (× ?)	120 (× ?)	208 (× ?)	217,26 (× ?)	60
Bismuth.....	72	72	72	71,07	212,8
Kwik.....	100	200 (× ½)	200 (× ½)	101,43	100
Goud.....	200	200	200	99,60 (× 2)	196,4
Platina.....	96	96	96	98,84	98,6
Iridium.....		48 (× ?)	30 (× ?)	98,84	98,5
Palladium.....		56	56	53,36	53,2
Rhodium.....	120 (× ½)	112 (× ½)	44	52,20	51,2
Titanium.....	144 (× ?)	72 (× ?)	32	24,33	25,2
Tantalum.....			18 (× ?)	92,45	
Wolframium.....	96	96	126	94,80	92
Molybdaenum.....	48	48	48	47,96	46
Chromium.....	18	28	28	78,43 (× ½)	26,7
Antimonium.....	88 (× 2)	48 (× 2)	44 (× 2)	64,62 (× 2)	129
Tin.....	60	59	57	58,92	58

Wij zien uit de voorgaande tafel, hoe ruw en van de waarheid afwijkende in vele gevallen de cijfers van de aanhangers van PROUT waren. Geen wonder dus, dat BERZELIUS zich over de bepalingen van THOMSON ergerde, en dat deze door zijn eigen landgenoot TURNER gelogenstraft en tot stilzwijgen gebragt werd. Uitvoeri-ger is deze strijd tusschen BERZELIUS en THOMSON door den Hr. A. C. OUDEMANS JZ. in zijne verhandeling beschreven, blz. 33 en volg. alsook door den Hr. L. MULDER, bl. 10 en 11 van zijn proefschrift.

Eene reeks van jaren heerschte BERZELIUS nu als vader der wetenschap, en hij was die onderscheiding waardig.

Maar ook de zon heeft hare vlekken, en gelijk de natuurkundige die vlekken niet voorbijgaat, maar daardoor in het wezen van dat hemelligchaam doordringt, zoo moet ook de geschiedkundige de feilen door een groot man begaan niet voorbijzien; ook zij zijn het, door welke wij in de geschiedenis van de wetenschap indringen.

Vijf en twintig jaren lang hadden de atoomgewigten van BERZELIUS gegolden, zonder eenige echt wetenschappelijke tegenkanting, toen DUMAS uit de analyse van koolwaterstoffen tot het vermoeden kwam, dat het atoomgewicht van de koolstof niet juist was. Zijne voortreffelijke proeven met STAS over de verbranding der diamanten, 1840, bevestigden zijn vermoeden, maar VON WREEDE en REGNAULT gaven tevens opheldering van deze onjuistheid, doordien zij aantoonde, dat het koolzuur, uit welks soortelijk gewigt het equivalent der koolstof berekend was, niet aan de wet van MARIOTTE voldeed. Deze zaak kon dus geenszins aanleiding geven, om BERZELIUS's talent te miskennen, maar de aanstoot was gegeven, en velen namen de herziening der equivalentgewigten op zich. Het was dan ook niet anders mogelijk, of bij de reusachtige vordering der wetenschap moesten bepalingen van vijf en twintig jaren herwaarts eene herziening vereischen. Maar hieruit blijkt het meest de grootheid van BERZELIUS dat, terwijl hij *geheel alleen* met de grootste bezwaren geworsteld had, nu *velen* de herziening van zijn werk op zich moesten nemen, en daarom toch slechts geringe verbeteringen konden aanbren-gen. Mannen als DUMAS, PELOUZE, MARIGNAC, ERDMANN en MARCHAND, en zoo vele anderen wijdden zich aan de bepaling der equivalentgetallen met alle volharding en met aanwending van de fijnste voorzorgen, die het meer gevorderde standpunt der wetenschap aanbood. Hierbij bleek het nu, dat de wet van PROUT althans bij nadering voor vele equivalenten geldig was.

Ofschoon nu velen onbevooroordeeld hierin te werk gingen, zoo waren sommigen in hunne onderzoekingen niet van vooringenomenheid vrij te pleiten, en dit was dan oorzaak, dat ook de waarlijk goede bedoelingen soms door BERZELIUS miskend werden. Hij zocht dan zijn eigen getallen in stand te houden door nieuwe proeven, in den zin van zijne vroegere gedaan, en zijne autoriteit in de wetenschap was de oorzaak, waardoor soms de uitkomsten der schoonste onderzoekingen verwaarloosd bleven. Had BERZELIUS vroeger het onwetenschappelijke verdraaijen der uitkomsten, om de wet van PROUT door te drijven, gelijk zulks door THOMSON was geschied, terecht bestreden, nu verdacht hij vaak de trouw van de waarnemers alleen op grond daarvan, dat zij een rond getal als uitkomst verkregen. Waren de mannen van den lateren tijd al *ingenomen* met de wet van PROUT, zoo waren velen dit, omdat zij haar al meer en meer bevestigd zagen, maar zij waren niet allen *vooringenomen*. BERZELIUS had dus geen regt, om onder anderen ERDMANN en MARCHAND te behandelen gelijk hij deed. Een treffend beroep op de regtvaardigheid van de scheikundigen schreef ERDMANN ¹, door het overlijden van zijn trouwen vriend en medearbeider MARCHAND diep geschokt, en door de volslagen vergetelheid, waartoe zijne uitkomsten werden veroordeeld, beleedigd. WEBER had deze, in zijne tabellen (1852) achter ROSE'S analytische scheikunde, geheel voorbijgezien. De reden hiervan was de volgende: BERZELIUS had proeven van ERDMANN en MARCHAND, welke de wet van PROUT bevestigden, niet onbevangen opgenomen, en zijn verslag daaromtrent ² was niet juist.

Met alle kieschheid en eerbied voor den grootsten scheikundige van hunnen tijd verdedigden zij zich hieromtrent ³, maar hoewel BERZELIUS met den toon, die in hunne verdediging heerschte, genoegzaam, week hij niet van zijn vroeger gezegde af.

„Ik heb,” zeide hij ⁴, „met alle achting voor de roemvolle bemoeijingen dezer scheikundigen, in mijn handboek de gronden aangegeven, waarom ik van hunne in *de meeste gevallen uit de veelvouds-*

¹ ERDMANN'S Journal 55, pag. 193, a^o 1851.

² Jahresbericht, bd. 25. Handbuch, bd. III. s. 118, 5e Auflage. Zie de Verhandeling van den Hr. L. MULDER, bij kwik (bl. 139).

³ ERDMANN'S Journal 37, pag. 66.

⁴ Jahresbericht, bd. 27.

„*verhoudingen afgeleide getallen* afwijk, en ik geloof aldaar ook genoegzame gronden voor deze mijne handelwijze te hebben aangevoerd.”

BERZELIUS bleef derhalve bij zijne opvatting, welke wij in dezen zin schijnen te moeten verklaren, dat hij meende dat ERDMANN en MARCHAND uit hunne proeven wel uitkomsten verkregen, die tot het ronde cijfer naderden, maar dat die nadering niet groot genoeg was om het ronde getal daarvoor in de plaats te stellen. ERDMANN en MARCHAND zwegen, daar er niets meer te zeggen viel, zoo zij de achting jegens den grooten BERZELIUS niet wilden verloochenen, en WEBER nam hunne cijfers niet op, omdat BERZELIUS hen niet had goedgekeurd.

Nu is het wel niet te ontkennen, dat de zuivere uitkomsten der proeven niet moeten voorbij gezien worden, en dat het de zucht naar waarheid was, die BERZELIUS aldus deed handelen; maar er zijn grenzen. ERDMANN en MARCHAND hadden met alle inspanning van krachten en naar hun beste weten de equivalentgetallen onderzocht; zij hadden daarbij steeds de overige scheikundigen uitgenoodigd en opgeroepen om hunne proeven te toetsen, en wanneer zij als uitkomst hunner proeven een rond cijfer aannamen, zoo lag de overgang van hun gemiddelde tot dat ronde cijfer geheel binnen de waarnemingsfouten, en had dat ronde cijfer dus evenveel waarschijnlijkheid als het gebroken getal, hetwelk het gemiddelde uit de proeven uitdrukte.

De lateren hebben veel beter dan BERZELIUS begrepen, welke grens men aan de opgave van cijfers stellen moet. BERZELIUS had voorliefde voor groote cijfers, en schreef zijne uitkomsten in zes cijfers, waar de afzonderlijke proeven reeds in het derde cijfer verschilden. Deze verkwisting van cijfers schijnt haren oorsprong gehad te hebben bij de Fransche sterrekundigen, die zich in het begin van deze eeuw met soortelijke en absolute gewigtsbepalingen van gassen onledig hielden, en de astronomische getallen in de scheikunde wilden invoeren. Zoo vinden wij de absolute gewigten der gassen bij BIOT aangegeven in zeven cijfers, herleid op de hoogte van de zee en de breedte van 45°. Maar deze beschouwingen behooren meer tot het onderwerp der soortelijke gewigten, waartoe wij thans zullen overgaan.

METHODISCH OVERZIGT

VAN DE

SOORTELIJKE GEWIGTSBEPALINGEN VAN GASSEN EN DAMPEN.

Wij hebben ons in dit overzicht ten doel gesteld, de verschillende verbeteringen na te gaan, welke in de soortelijke gewigtsbepalingen zijn aangebragt, voornamelijk wat die gassen betreft, wier equivalentgetallen in een volgend hoofdstuk zullen behandeld worden. De overige gassen en dampen, wier gewigt hetzij naar deze methoden hetzij naar de methoden voor de weging van dampen is bepaald, zijn censdeels niet met zoo groote voorzorgen en niet zoo dikwijls gewogen; anderdeels konde zich de beschrijving van de bijzondere voorzorgen, bij hunne weging in acht genomen, beter aansluiten aan de behandeling van de equivalentgetallen van hunne elementen. Daarom hebben wij ons voorbehouden, de toepassing van de methoden hier ter plaatse slechts over de hoofdgassen van het organische rijk, lucht, zuurstof, waterstof, stikstof en koolzuur, uit te breiden, terwijl wij voor de overige gassen en dampen slechts in het algemeen de methoden zullen aangeven.

De bepaling van het soortelijk gewigt van bovengemelde gassen vormt een vrij goed gesloten organisch geheel, waarom wij deze, tot beter overzicht van de zaak, zullen afscheiden van de methoden voor de dampen, die wij aan het einde van dit hoofdstuk zullen nagaan. Het doel van dit hoofdstuk is de *bepaling*, niet de *berekening* der soortelijke gewigten na te gaan, en hoewel wij ons tot het geven van vergelijkende tabellen vaak met reductiën hebben onledig gehouden, zoo kon toch het berekenende deel hier niet anders dan

soms bij wijze van voorbeeld opgenomen worden. Eene geschiedenis van de *berekening* zoude op zich zelve een boekdeel kunnen vullen, want vooral in vroeger tijd, toen men het soortelijk gewigt der gassen gedeeltelijk door meting, gedeeltelijk door weging bepaalde; toen men de gassen in vochtigen staat woog en allerlei correctiën moest aanbrengen, die men later leerde ontgaan; in dien tijd vooral waren de berekeningen zeer zamengesteld. Wij gaan dan nu over tot het eerste gedeelte van ons onderwerp,

DE SOORTELIJKE GEWIGTSBEPALINGEN VAN GASSEN,

en ontmoeten het eerst op onzen weg

de Engelsche scheikundigen.

MAYOW zocht reeds in 1669 het soortelijke gewigt van een kunstmatig bereid gas te bepalen; hij gaf aan omtrent het in water onoplosbare deel van de dampkringslucht, welke tot onderhouding van verbranding gediend had, dat het eenigzins ligter was dan gewone lucht. HALES beproefde later, het gewigt van het uit wijnsteen verkregen gas te bepalen, maar vond geen verschil in gewigt tusschen dit gas en de dampkringslucht.

CAVENDISH deed de eerste afdoende proeven over het gewigt van de gassen in betrekking tot dat van dampkringslucht; hem volgden PRIESTLEY en KIRWAN ¹, wiens bepalingen zeer in eere werden gehouden.

DALTON en DAVY hielden zich met hetzelfde onderwerp bezig; maar reeds begon bij de Engelschen de opgevatte meening bovende onbevanging waarneming de bovenhand te verkrijgen. Sinds de Engelschen van het denkbeeld uitgingen, dat alle equivalenten en soortelijke gewigten geheele veelvouden van dat van waterstof *moesten* zijn, verkregen zij uit hunne proeven altijd ronde getallen. De overige scheikundigen mogten jaren lang over het equivalentgewicht van de koolstof in twijfel zijn, geen nood: het soortelijk gewigt van koolzuur stond immers bij PROUT ² als een rond getal in de tafel? Jammer, dat REGNAULT later bewees, dat, juist in het geval dat de wet van PROUT doorgaat, het soortelijke gewigt van het koolzuur in

¹ Essay on Phlogiston, 1787.

² Ann. of Philos. 6, p. 321.

betrekking tot dat van zuurstof, onder de drukking van den dampkring, geen rond getal kan zijn, omdat dit gas slechts onder geringe drukking aan de wet van MARIOTTE gehoorzaamt.

THOMSON ¹ ging nog verder; dat het soortelijke gewigt van stikstof 0,875 was, dat van zuurstof = 1 gesteld zijnde, stond bij hem vast. Nu moest echter de lucht ook eene scheikundige verbinding zijn van vier maten stikstof met eene maat zuurstof, en hieruit vindt hij dan, het soortelijke gewigt der lucht = 1 stellende:

Soortelijk gewigt van O = 1,1111.

” ” ” N = 0,9722.

Zoo leidt hij alle soortelijke gewigten en equivalentgetallen uit de berekeningen van anderen en volgens eigen proeven en correctiën (!) zoodanig af, dat hij steeds ronde getallen verkrijgt.

Wij willen geenszins aan de verdiensten van enkele mannen, waar zij bestaan, te kort doen en erkennen volledig, dat de schoonste ontdekkingen omtrent den aard der gassen en hunne diffusie, omtrent het verschil tusschen gassen en dampen enz. in Engeland gedaan zijn. Maar wat de gewigtsbepalingen der Engelschen betreft, zoo meenen wij, dat zij voor de geschiedenis der methoden even weinig waarde hebben als voor de geschiedenis der uitkomsten, weshalve wij hen verder met stilzwijgen voorbij gaan. SAUSSURE zegt te regt, dat DAVY, die met 983 CC gas, en ALLEN en PEPYS ², die met 344 CC gas werkten, veel te geringe hoeveelheden tot hun onderzoek gebruikten. PHILLIPS, die in 1839 ³ waterstof, stikstof en zuurstof op hun soortelijk gewigt onderzocht, verkreeg weder dezelfde ronde uitkomsten.

Wij laten hier eenige opgaven volgen van soortelijke gewigtsbepalingen, door de Engelsche scheikundigen gedaan:

¹ Naamloos stuk in de Ann. of phil., bij Dr. THOMSON, Nov. 1815 en 1816, waarvan een uittreksel in de Ann. d. chim. et phys., 2e série, tome I, p. 411. — Voorts is er eene geheele reeks van zijne opgaven, deels van equivalenten, deels van soortelijke gewigten, in de Ann. of Philos., Dl. 2, 3, 4, 5, 7, 12, 16, 17, 18, waarvan nittreksels in SCHWEIGER's Journaal, Band 10, 11, 33, enz.; ERDMANN's Journaal, Band 8, enz. enz.; — het is eene onvruchtbare lectuur.

² Bibliothèque Britannique, vol. 33, p. 313.

³ Philos. transact.

	Lucht = 1.		Waterstof = 1.	
	CAVENDISH.	KIRWAN.	DAVY.	Aanhangers van PROUT.
Waterstof.....	0,09.....	0,084.....	1.....	1.
Zuurstof.....	.....	1,103.....	15.....	14.
Stikstof.....	.....	0,985.....	13.....	16.
Koolzuur.....	1,57.....	1,500.....	20,7.....	22.
Zwaveligzuur.....	.....	2,256 ¹	30.....	28.

Zeer merkwaardig zijn daarentegen voor onze beschouwing

de proeven der Fransche scheikundigen,

aan wier hoofd die van **LAVOISIER** staan.

LAVOISIER bepaalde het gewigt van verschillende gassen, en gebruikte daartoe den toestel, dien wij op plaat 1, fig. 2, hebben afgebeeld. De glazen klok A' werd met water gevuld en opgerigt op de tafel T van den pneumatischen bak B. — De inrigting van dezen zoo eenvoudigen en toch zoo vernuftig uitgedachten bak, waarvan LAVOISIER *zelf* de ontdekking aan PRIESTLEY toeschrijft, is te bekend, dan dat wij haar nader zouden behoeven te beschrijven. — Nu werd het gas uit den ontwikkelingstoestel in de klok A' geleid. Aan het monteersel m' van deze klok was de kraan r' geschroefd, en deze kon weder door middel van de dubbele schroefmoer s s' in verbinding gebragt worden met de kraan r, geschroefd aan het monteersel m van den ballon A.

De ballon A met zijne kraan was vooraf met water gevuld gewogen, daarop van binnen behoorlijk afgedroogd met een linnen doek, luchtledig gepompt en weder gewogen. Men kende dus door het gewigt van het water, dat hem vulde, zijn inhoud, en tevens het gewigt van den ledig gepompten ballon. Om naauwkeurig rekening te houden van de ledige ruimte in den ballon teekende men ook de drukking der bij het uitpompen teruggebleven lucht aan.

Nu werd de ledig gepompte ballon aan de klok A' geschroefd; de kranen r en r' werden geopend, en het gas steeg op in den ballon A. De inhoud van de klok A' was evenwel grooter dan die

¹ Dit getal is berekend uit de opgave van LAVOISIER, *Traité de chimie*, a^o. 1793; KOPF geeft 2,265: *Geschiede der Chemie*, Bd. III, p. 187.

van den ballon, zoodat er eenig gas boven in de klok overbleef, nadat het gas in den ballon was opgestegen. De klok werd nu in den bak B zoover omlaag gebragt, dat de oppervlakte van het water in A' op gelijke hoogte was met die van het water in den bak, en het gas in den ballon dus juist onder de drukking van den dampkring verkeerde. Daarop werden terstond de kranen gesloten en de barometer- en thermometerstand afgelezen.

De ballon werd nu gewogen, en men kende uit deze en de beide voorgaande wegingen het gewigt van eene bepaalde uitgebreidheid gas, bij de afgelezen drukking en temperatuur, en verzadigd met waterdamp (want het had lang boven water gestaan).

Dit gewigt werd nu herleid op de temperatuur van 10° R en op de drukking van 28 parijsche duimen = 0,75796 meters [later zullen wij kortweg 0,758 schrijven]. Wat de herleiding van de temperatuur betreft, zoo beijverde zich LAVOISIER, om deze zooveel mogelijk te ontgaan, door zijne proeven zoo nabij mogelijk op de temperatuur van 10° R te bewerkstelligen. Hij had namelijk niet veel vertrouwen in de door hen gebruikte uitzettingscoëfficiënten van gassen voor de warmte. Voor waterstof nam hij dien van MONGE, zijnde $\frac{1}{130}$ voor elken graad R, dat is: 0,00444 voor elken graad C. Voor de overige gassen nam LAVOISIER $\frac{1}{210}$ voor elken graad R, gelijk aan 0,0038 voor elken graad C, als uitzettingscoëfficiënt aan. Dit cijfer koos hij naar aanleiding van dat van DELUC, $\frac{1}{215}$ van den 81deelligen thermometer = $\frac{1}{212}$ R = 0,00377 C.

In zijn *Traité de chimie* geeft LAVOISIER de gewigten van den Parijschen kubiekduim gas in greinen aan; hieronder zijn eenige van zijn eigen bepalingen, welke ik hier laat volgen met de uit deze getallen berekende soortelijke gewigten der gassen, waarbij dat der lucht = 1 genomen werd. De soortelijke gewigten naar REGNAULT, voor lucht = 1, zijn daarnevens geplaatst.

	LAVOISIER.	REGNAULT.
Gewigt van den kub. duim in greinen.	Soortelijk gewigt, voor lucht = 1.	Soortelijk gewigt, voor lucht = 1.
Dampkringslucht.....	0,46005.....	1,000.....
Zuurstof.....	0,50694.....	1,102.....
Stikstof.....	0,44444.....	0,965.....
Waterstof.....	0,03539.....	0,079.....
Koolzuur.....	0,68985.....	1,500.....

Wij zullen in den loop van onze verdere beschouwingen nog gelegenheid hebben, op de deugden en gebreken van deze bepalingen van LAVOISIER terug te komen. Wij vinden al terstond bij

FOURCROY, VAUQUELIN EN SEGUIN¹

eene andere wijze van arbeiden, waardoor zij de methode van LAVOISIER meenden te verbeteren.

Deze scheikundigen wendden bij hunne proeven den gazometer van LAVOISIER en MEUSNIER aan. Dit zeer zamengestelde werktuig, — welks beschrijving² ons hier te ver zou voeren, — gaf naauwkeurig het volumen van het daarin aanwezige gas, zijne temperatuur en drukking aan. Vulde men den ballon met gas uit dezen gazometer, zoo kon men aan dat werktuig aflezen, hoe groot een volumen gas er in den ballon was overgebracht, en bij welke drukking en temperatuur de ballon daarmede gevuld was.

Zij behoefden den ballon dus niet vooraf met water gevuld te wegen, om zijn inhoud te kennen, en evenmin behoefden zij, bij het uitpompen van den ballon, rekening te houden van de spanning der overgebleven lucht. De gazometer gaf het volumen van het ingebragte gas aan; uit de gewigtsvermeerdering van den ballon na het inlaten van het gas kende men het gewigt van dat gas. Niettegenstaande deze voordeelen waren hunne getallen, gelijk hieronder blijken zal, nog verder van de waarheid dan die van LAVOISIER, hetgeen waarschijnlijk aan de fouten in den zamengestelden gazometer en aan de mindere volkomenheid van de methode van meten in vergelijking met die van wegen moet geweten worden. Zij zelve schreven het verschil tusschen hunne uitkomsten en die van LAVOISIER aan de onzekerheid van de uitzettingscoëfficiënten, die zij gebruikten, toe, maar hierin ligt het verschil voorzeker niet. Zij wogen de waterstof bij $13\frac{1}{2}^{\circ}$ R, en herleidden haar gewigt op 10° R, door middel van den uitzettingscoëfficiënt $\frac{1}{233,6} = 0,00419$ voor elken graad R (= $0,00335$ voor elken graad C). De zuurstof wogen zij bij 14° R, en herleidden haar gewigt op 10° R door middel van den uitzettingscoëfficiënt $\frac{1}{442,5}$ voor elken graad R = $0,0018$ voor elken graad C. De door FOURCROY c. s. gebruikte herleidingen

¹ Annal. d. Chim., tome 8 et 9, a^o. 1790.

² Zie LAVOISIER, Traité de chimie, a^o. 1793, I, 24.

zijn dus wel bezijden de waarheid, daar de uitzettingscoëfficiënt voor O en H 0,00366 voor den graad C is, maar haar invloed is te gering.

Wat het bereiden hunner gassen betreft, zoo werd de waterstof ontwikkeld uit een deel zink, een deel zwavelzuur en zeven deelen water; zij werd gereinigd door bijtende potasch. De zuurstof werd ontwikkeld uit goed gekristalliseerde chloorzure potasch (muriate suroxigéné de potasse) uit het laboratorium van LAVOISIER; zij werd gereinigd door sterke bijtende potasch-oplossing.

Wij laten hier de opgave in greinen van de door hen verkregen gewigten voor den Parijschen kubiek duim gas volgen. Daaronder staat het soortelijk gewigt voor dat der lucht = 1. Daar mij andere elementen voor de berekening ontbraken, heb ik de berekening van DE SAUSSURE (zie pag. 44), om de soortelijke gewigten van BIOT in absolute te veranderen, hier eenvoudig in omgekeerden zin toegepast, waarbij dan moet opgemerkt worden, dat het verkregen soortelijk gewigt dat van het *drooge* gas is bij 0° C en 0,760 meters drukking, dat der lucht onder dezelfde omstandigheden = 1 zijnde, terwijl de uit de getallen van LAVOISIER berekende boven vermelde soortelijke gewigten voor vochtige gassen en lucht bij 10° R en 0,758 meters gelden. Eindelijk heb ik ook de soortelijke gewigten volgens REGNAULT hier weder bijgevoegd. — De herleiding voor de temperatuur en drukking in de eerste kolom geschiedde naar de formule

$$d' = \frac{0,758 (1 + a t)}{h}$$

waarin d' de digtheid van het gas bij h drukking en $10 + t$ ° R temperatuur, a de uitzettingscoëfficiënt voor elken graad R, en d de gevraagde digtheid bij 10° R en 0,758 meters druk is.

Nommer der proef.	WATERSTOF.		ZUURSTOF.	
	Gewigt van den kub. duim bij 13½° R en 0,758 m.		Gewigt van den kub. duim bij 14° R en 0,758 m.	
1°	0,040501	grein	0,49213	grein.
2°	0,040483	"	0,49287	"
3°	0,040454	"		
4°	0,040373	"		
Gemiddelde	0,040452	grein	0,49950	grein.
Gemiddelde, herleid op 10° R	0,041045	"	0,49845	"
Gemiddelde, herleid voor het koolgehalte van de waterstof	0,040635			

Soortelijk gewigt, voor lucht = 1.	FOURCROY, SEGUIN EN VAUQUELIN.	REGNAULT.
Waterstof.....	0,0877.....	0,06926.
Zuurstof.....	1,0770 ¹	1,10563.

Wij gaan nu over tot de proeven van

BIOT EN ARAGO ²,

welke de methode invoerden, om bij de proef terstond het soortelijk gewigt van het gas met betrekking tot dat der lucht te bepalen. Zij wogen hunnen ballon eerst met lucht gevuld, daarna luchtledig en eindelijk met gas gevuld. De verhouding tusschen het verschil van de derde en tweede en tusschen het verschil van de eerste en tweede weging gaf hun terstond het soortelijk gewigt van het gas, zonder dat zij daartoe zijn volumen behoefden te weten, of de capaciteit van den ballon, door dezen met water gevuld te wegen, behoefden te bepalen. Dat zij daarbij de drukking van de bij het uitpompnen teruggelaten lucht ook niet in rekening behoefden te brengen, wanneer de barometerstand gedurende de beide laatste wegingen niet veranderde, kan men ligtelijk nagaan. Maar daar er steeds geringe veranderingen in den dampkring zijn, wogen BIOT en ARAGO hunnen ballon meestal na de weging met het gas nogmaals luchtledig, en namen dan het gemiddelde tusschen de tweede en vierde weging als het ware gewigt van den ledigen ballon, op het oogenblik van de derde weging, aan. Ook deze voorzorg was echter niet voldoende, want zij konden nooit zeker zijn, dat de barometerstand gedurende den tijd der proeven gelijkmatig was gerezen of gedaald; en ook in dat geval was het gemiddelde slechts dan de uitdrukking van de waarheid, wanneer er tusschen de wegingen 2, 3 en 4 even veel tijd verloopen was.

De gassen en de lucht werden in vochtigen staat gewogen, maar de uitkomsten werden op den toestand van volkomen droogheid herleid. Tot deze herleiding dienden hun zoowel de opgaven van DE SAUSSURE aangaande het waterdampgehalte der lucht voor elken graad van den hygrometer, als ook de formule van LAPLACE in de *Mé-*

¹ DUMAS en BOUSSINGAULT, Ann. d. chim. et phys. III^e serie, tome 3, geven voor FOURCROY's soortelijk gewigt van zuurstof 1,087 op.

² Mémoires de l'institut, 1807.

canique céleste voor het watergehalte van de lucht bij het verzadigingspunt, afgeleid uit proeven van DALTON en THÉODORE DE SAUSSURE; daar deze opgaven echter niet juist waren en door DE SAUSSURE later zelve gewantrouwd werden [DE SAUSSURE en WATT vonden het soortelijk gewigt van den waterdamp = $\frac{5}{7}$; GAY LUSSAC gaf later $\frac{5}{8}$ op], zoo was deze herleiding op den toestand van droogheid niets minder dan voorzigtig.

Wat de herleiding voor de temperatuur betref, zoo gebruikten zij nevens den uitzettingscoëfficiënt voor de lucht ook dien voor het glas, welken LAVOISIER en LAPLACE in eene onuitgegeven verhandeling op 0,0000262716 kubieke uitzetting voor elken graad C vaststelden. Zij herleidden hunne uitkomsten op 0° C en 0,76 m. druk, en waren hierin dus minder voorzigtig dan hunne voorgangers, die uit vreeze voor onnaauwkeurige formules de herleidingen zoo klein mogelijk maakten. Niettegenstaande deze onvoorzigtigheid verkregen zij op verschillende dagen en bij verschillende toestanden der lucht uitkomsten, die slechts zeer geringe afwijkingen vertoonden.

Twee van de door hen in acht genomen voorzorgen waren van een gunstigen invloed op hunne uitkomsten. De eene bestond daarin, dat zij de wegingen van den ballon zoo kort mogelijk na elkander deden, opdat de laag waterdamp, op de buitenste oppervlakte van het glas, zooveel mogelijk dezelfde zoude blijven.

De tweede bestond in het gebruik van de derde zijdelingsche kraan, zie plaat 1 fig. 3, waardoor de ruimte tusschen de beide kranen van den gashouder en van den ballon ook luchtledig kon gemaakt worden. De vroegeren hadden deze voorzorg verzuimd, en hun gas was dus steeds verontreinigd met de hoeveelheid lucht, in de tusschenruimte tusschen beide kranen bevat.

Wij laten hier de opgave van hunne cijfers nevens die van REGNAULT volgen.

Soortelijk gewigt der drooge gassen,
voor lucht = 1, bij 0° C en 0,76 m.

	BIOT EN ARAGO.	REGNAULT.
Dampkringslucht.....	1,00000.....	1,00000.
Zuurstof.....	1,10359.....	1,10563.
Stikstof.....	0,96913.....	0,97137.
Waterstof.....	0,07321.....	0,06926.
Koolzuur.....	1,51961.....	1,52961.

Met het oog op deze uitkomsten en op de voordeelen, welke het wegen van den ballon met lucht boven de weging met water of de meting heeft, met het oog op de boven gemelde verdere voorzorgen, mogen wij veilig besluiten, dat de bepalingen van BIOT en ARAGO meesterlijk zijn verrigt, en dat de daaraan nog klevende fouten grootendeels aan de onnaauwkeurigheden der herleidingscoëfficiënten te wijten zijn. Op eene alle vroegere bepalingen aanklevende hoofdfout voor de waterstof, door DULONG en BERZELIUS vermeden, komen wij later terug.

De proeven van

THÉODORE DE SAUSSURE

gaven het gewigt van een bepaald volumen gas, niet onmiddellijk het soortelijke gewigt aan. Even als LAVOISIER en FOURCROY c. s. herleidde hij zijne uitkomsten op de temperatuur van $12\frac{1}{2}^{\circ}$ C = 10° R, en op den barometerstand van 0,758 meters, en vermeed hierdoor groote correctiën; zijne proeven verrigte hij zoo nabij mogelijk op de temperatuur van $12\frac{1}{2}^{\circ}$ C, en verwierp eene van zijne vroegere bepalingen, bij $22\frac{1}{2}^{\circ}$ C verrigt, waarbij hij voor den liter zuurstof het gewigt van 1,3719 gram verkreeg.

Door eigen proeven, waarbij hij de gassen bij 0° C woog en hieruit (volgens den uitzettingscoëfficiënt voor gassen van GAY-LUSSAC = 0,00375) het soortelijk gewigt bij $12\frac{1}{2}^{\circ}$ C berekende, vond hij, dat dit berekende gewigt steeds geringer was dan datgene, wat de directe weging bij $12\frac{1}{2}^{\circ}$ C hem gaf. Dit was de reden, waarom hij den uitzettingscoëfficiënt wantrouwde.

Even weinig vertrouwen schonk hij aan zijn eigen formules voor de vochtigheid der gassen, en herleidde daarom het gewigt van zijn vochtig gas niet op het punt van volkomen droogheid, maar op het naderbij gelegen punt van verzadiging met waterdamp.

DE SAUSSURE gebruikte voor zijne wegingen eenen ballon van 5941,6 kubiekduimen inhoud; eene balans van FORTIN, welke bij een kilogram belasting op een milligram doorsloeg, diende tot de wegingen. Zijne gassen waren niet zuiver, maar hij onderzocht hunne samenstelling door middel van de toen ter tijde gebruikelijke eudiometers. Zie hier eene opgave van zijne uitkomsten: ¹

¹ Ann. d. Chim., tome 71, n^o. 1809.

DRUKKING IN DEN UITGEPOMPTEN BALLON.	TEMPERATUUR VAN HET GAS.	BAROMETER- STAND, HERLEID OP 12,5° C.	GEWIGT VAN HET GAS ZONDER HERLEIDING.	ZAMENSTELLING VAN HET GAS.
ZUURSTOF.				
A 0,0056 meters	18,2° C	0,7299 meters	7,52 gram	98 O — 2 N
B 0,005 "	5,0° C	0,7204 "	7,77 "	98 O — 2 N
KOOLZUUR.				
C 0,007 "	14,0° C	0,7295 "	10,476 "	99,071 CO ² — 0,929 lucht.
D 0,005 "	5,9° C	0,7265 "	10,775 "	98,93 CO ² — 0,69 N — 0,38 O
D 0,005 "	5,0° C	0,7232 "	10,765 "	98,3 CO ² — 0,92 N — 0,78 O

DE SAUSSURE berekende nu uit deze gegevens *het gewigt van den liter gas bij 12,5° C onder de drukking van 0,758 meters en verzadigd met waterdamp.*

Hij deed dit zoo voor zijn eigen uitkomsten als voor die van vroegere scheikundigen, en herleidde de soortelijke gewigten van BIOT en ARAGO in absolute gewigten, welke herleiding wij (zie pag. 40) voor FOURCROY's getallen in omgekeerden zin hebben verrigt, even als wij zulks hier beneden in de tweede kolom ook voor SAUSSURE's opgaven gedaan hebben. SAUSSURE nam het gemiddelde uit de opgaven van zijne voorgangers en van zich zelve als het waarschijnlijkste cijfer aan, en verwierp hierbij proef B, als gevende cene te groote afwijking. Zie hier de opgaven:

	Liter vochtig gas bij 12,5° en 0,758 m.	Soortelijk gewigt, voor lucht = 1.
ZUURSTOF.		
LAVOISIER ¹	1,3583 gram.....	1,1072.
FOURCROY, etc. ²	1,3523 ".....	1,0770.
BIOT EN ARAGO ³	1,3538 ".....	1,1026.
DE SAUSSURE A.....	1,3563 ".....	1,1056.
Gemiddelde.....	1,3552 gram.....	1,1055.
REGNAULT.....		1,1056.
KOOLZUUR.		
LAVOISIER.....	1,8470 gram.....	1,5000.
BIOT ⁴	1,8591 ".....	
BIOT EN ARAGO ⁵	1,8717 ".....	1,5196.
DE SAUSSURE.....	1,8560 ".....	1,5130.
Gemiddelde.....	1,8576 gram.....	1,5142.
REGNAULT.....		1,5290.

Verrassend is de uitkomst van THÉODORE DE SAUSSURE, wat de zuurstof aangaat. Ik spreek niet van zijn gemiddelde uit de proeven van alle vroegeren zamen; zulk een getal komt mij voor al de gebreken en geene enkele van de deugden der afzonderlijke cijfers te hebben; het is eene toevalligheid, zoo het juist is, en het mist de leerzaamheid van de enkele opgaven. — Maar SAUSSURE's eigen uitkomst, welke volmaakt met die van REGNAULT overeenkomt, deze is het, die ons verrast. Het cijfer was evenwel geene uitkomst van vele proeven, maar slechts één enkel getal, uit drie uitkomsten gekozen, zoodat het eerder eene gelukkige greep dan eene vast-

¹ Elemens de Chimie, II, pag. 250, a°. 1793, zoo als DE SAUSSURE zelve opgeeft; hoe hij echter tot dit getal komt, is mij een raadsel; de rekening geeft 1,348 gram, en voor het soortelijk gewigt 1,102.

² FOURCROY, Ann. d. Chimie, 1^e serie, tome 8 et 9, 1790. — Dit getal heeft DE SAUSSURE, naar eigen reductiën, uit hunne ruwe uitkomst berekend.

³ BIOT EN ARAGO, Mémoires de l'institut, 1807.

⁴ BIOT, Bulletin de la société philomatique, 1807.

⁵ Dit is het gemiddelde uit drie opgaven, de eerste uit het Journal de physique, tome 64, de twee anderen uit de proeven C en D ontleend, welke opgaven DE SAUSSURE bij het trekken van zijn geheele gemiddelde alle drie in rekening heeft gebragt.

gestelde daadzaak kan genoemd worden. Ook zoude er, wanneer men voor de ingemengde stikstof, in plaats van het soortelijke gewigt volgens LAVOISIER, het thans vastgestelde cijfer in rekening bragt, en voor den uitzettingscoëfficiënt 0,00375 dien van 0,00366 invoerde, wel iets op de overeenkomst tusschen de cijfers van DE SAUSSURE en REGNAULT zijn af te dingen; maar er blijft toch nog genoeg grond over, om DE SAUSSURE als een uitstekend scheikundige te erkennen en zijne uitkomsten voor buitengewoon naauwkeurig voor den tijd, waarin zij aan het licht kwamen, te verklaren.

Tot nog toe hadden de scheikundigen de absolute en soortelijke gewigten der gassen slechts gebruikt als grondslag van de gazometrie (bepaling van de hoeveelheden gas door het meten van hun volumen), en tot eenige andere doeleinden, als bij voorbeeld tot de kennis van het verband tusschen gewigt en straalbrekend vermogen ¹.

Toen echter de wet, door ALEXANDER VON HUMBOLDT en GAY-LUSSAC in het jaar 1805 ontdekt, volgens welke de gassen zich in verhouding van geheele volumina zamen verbinden, meer en meer algemeen bevestigd werd, toen verkregen de soortelijke gewigten hunne beteekenis met betrekking tot de equivalent-getallen. Men begon nu ook, gelijk men het equivalentgetal van de zuurstof = 100 aannam, de gewigten der gassen volgens het soortelijke gewigt van *zuurstof* = 1 te berekenen, hoewel men ook de methode, om de *lucht* = 1 te stellen, niet liet varen.

De bepalingen van DULONG en BERZELIUS werden al dadelijk in het werk gesteld, om eene tegenstrijdigheid tusschen de soortelijke gewigten en de langs anderen weg verkregen equivalenten van waterstof en zuurstof uit den weg te ruimen, maar alvorens wij tot deze overgaan, willen wij hier nog eens de uit de gegevens van de vroegeren berekende soortelijke gewigten voor *lucht* = 1 en *zuurstof* = 1 nevens elkander plaatsen, ter vergelijking weder de getallen van REGNAULT daarbij opgevend.

¹ BIOT en ARAGO, Mémoires de l'Institut, 1807.

	LAVOISIER.	FOURCROY C. S.	BIOT EN A.	DE SAUSSURE.	REGNAULT.
Lucht.....	1,000.....	1,0000.....	1,0000.....	1,0000.....	1,00000.
Zuurstof.....	1,102.....	1,0770.....	1,1036.....	1,1056.....	1,10563.
Waterstof....	0,079.....	0,0877.....	0,0732.....		0,06926.
Stikstof.....	0,965.....		0,9691.....		0,97137.
Koolzuur.....	1,500.....		1,5196.....	1,5130.....	1,52901.
Zuurstof.....	1,0000.....	1,0000.....	1,0000.....	1,0000.....	1,00000.
Waterstof....	0,0698.....	0,0814.....	0,0663.....		0,06264.
Stikstof.....	0,8757.....		0,8781.....		0,87856.
Koolzuur....	1,3609.....		1,3770.....	1,3685.....	1,38293.
Lucht.....	0,9074.....		0,9061.....		0,90438.

DULONG EN BERZELIUS

hadden uit hunne proeven omtrent de synthese van het water (zie aeq. v. wat.) de zekerheid verkregen, dat, wanneer de wet der volumina van HUMBOLDT en GAY-LUSSAC waar was, de vroegere bepalingen omtrent de digtheid van de waterstof allen moesten falen.

De oorzaak van deze fouten zochten en vonden zij in het verzuim van eene voorzorg, wier noodzakelijkheid DALTON had aangetoond. Deze had bewezen, dat een gas, dat in water oplosbaar is, niet boven water verblijven kan, zelfs niet een vrij korten tijd, of er heeft diffusie plaats tusschen het boven het water staande gas en de lucht welke in dat water is opgelost. Wanneer een zoo ligt gas als waterstof op deze wijze met lucht werd verontreinigd, zoo was het duidelijk, dat zijn soortelijk gewigt daardoor aanmerkelijk moest veranderd worden. DULONG en BERZELIUS vermeden deze fout, door het water, waarop het gas in den gashouder rustte, met eene laag vette olie van 2 à 3 centimeters dikte te overdekken.

Zij toetsten verder de methode, om hunne gassen in vochtigen staat te wegen, maar vonden deze minder goed dan die, volgens welke zij de gassen over chloor-calcium lieten strijken en dus in volmaakt droogen staat wogen. Het was niet de vrees voor de onjuistheid van de formules voor het watergehalte der gassen, die hen dezen weg deed inslaan, want deze formules waren sinds de voormelde onderzoekingen verbeterd. Maar bij het instroomen van

het vochtige gas in den ledig gepompten ballon, zette zich het gas uit, en hierdoor daalde de temperatuur dermate, dat er water in vloeibaren staat werd nedergeslagen; dit water verdampte niet weder, omdat, bij het stijgen der temperatuur op het einde van het instroomen, het gas in den ballon mede ten koste van het gas daar buiten water opnam, zoodat er ten laatste eene te groote hoeveelheid water in den ballon werd ingebracht.

De wijze van BIOT en ARAGO, om den ballon voor en na de weging met gas luchtledig te wegen en uit beide wegingen het gemiddelde te nemen, keurden zij af om redenen die wij boven vermeld hebben. Zij beijverden zich daarentegen, om de wegingen van den ballon, met lucht gevuld, luchtledig en met gas gevuld, zoo snel mogelijk op elkander te laten volgen, opdat de veranderingen in den dampkring zoo weinig mogelijk invloed zouden hebben.

Wat de bereiding hunner gassen betrof, — de zuurstof werd uit chloorzure potasch ontwikkeld, en door eene sterke oplossing van bijtende potasch van eenig koolzuur, van plantaardigen oorsprong, bevrijd; — de waterstof, uit zink- en zwavelzuur bereid, werd door potasch gereinigd; — het koolzuur, uit wit marmor door salpeterzuur ontwikkeld, streck door eene lange buis met fijn gemaakte gekristalliseerde onderkoolzure soda; — de stikstof, uit de ontleding van ammonia door chloor verkregen, werd door een zuur vocht en door eene oplossing van potasch gevoerd, door het eerste om ammonia, door de laatste om zuur terug te houden. Zij verkregen hierdoor de volgende uitkomsten:

GASSEN, BIJ HET WEGEN.	TEMPERATUUR VAN HET GAS.	DRUKKING VAN HET GAS.	DRUKKING IN DEN UITGEPOMP- TEN BALLON.	GEWIGT VAN DEN GEVULDEN BALLON.	GEWIGT VAN DEN LEDIGEN BALLON.	GEWIGT VAN HET DROEGE GAS BIJ 0° C EN 0,76 M.	SOORT. GEWIGT. LUCHT = 1. ZUURST. = 1.
DROOG.							
Lucht.....	20,5° C	0,7565 meters.	0,0044 m.	741,798 gram.	731,730 gram.	10,995 gram.	1,0000
Zuurstof.....	21,5° C	0,7575 "	0,0044 "	741,810 "	731,733 "	10,993 "	1,0000
Koolzuur.....	18,0° C	0,7635 "	0,0044 "	742,765 "	731,605 "	12,122 "	1,0000
		0,7550 "	0,0044 "	747,175 "	731,720 "	16,760 "	1,3826 ¹
		0,7663 "	0,0044 "	747,225 "	731,540 "	16,760 "	1,3826 ¹
VOCHTIG.							
Lucht.....	8,8° C	0,7587 "	0,0022 "	949,915 "	941,165 "	9,1358 "	1,0000
Zuurstof.....	10,7° C	0,7458 "	0,0022 "	950,573 "	941,170 "	10,0743 "	1,1027
Waterstof.....	6,0° C	0,7541 "	0,0022 "	941,805 "	941,140 "	0,2676 "	0,0623
Lucht.....	8,8° C	0,7635 "	0,0022 "	842,562 "	836,583 "	6,2026 "	1,0000
Stikstof.....	8,6° C	0,7472 "	0,0022 "	842,280 "	836,565 "	6,0521 "	0,9760

¹ Volgens de opgave van DULONG en BERZELIUS: 1,3822; wordt zuurstof = 1,1027 als eenheid genomen, zoo verkrijgt men: 1,3825.

Het aanzien, hetwelk DULONG en BERZELIUS bij de scheikundigen genoten, en de bijzonder schoone overeenkomst tusschen hunne opgaven voor de soortelijke gewigten van zuurstof, waterstof en stikstof en de uitkomsten van hunne analytische proeven ($H = 6,23$, $N = 88,52$ volgens de soortelijke gewigten ($H = 6,24$, $N = 88,61$ volgens de analyse); deze omstandigheden waren oorzaak dat hunne getallen voor onomstootelijk werden aangezien, zoodat zij twintig jaren lang zonder tegenspraak (behalve bij de Engelschen) golden; er waren in hunne methode ook geene hoofdgebreken, en het waren alleen allerlei kleine voorzorgen, die zij niet hadden in acht genomen, maar welke, te zamen een groot geheel vormende, nog aanmerkelijke fouten aan hunne getallen deden kleven.

In den tijd tusschen 1819 en 1841 werden wel *andere* gassen op hun soortelijk gewigt onderzocht, door DUMAS, MITSCHERLICH, BINEAU en anderen, maar deze onderzoekingen sluiten zich meer aan die omtrent de dampen aan, welke wij later zullen behandelen en daarbij tevens GAY-LUSSAC zullen leeren kennen. Hier maken wij slechts gewag van BUFF, die zich nevens andere bepalingen aan eene *nieuwe* bepaling van het gewigt van koolzuur en zuurstof waagde¹. Zijn toestel was eene omkeering van dien van FOURCROY, c. s. Deze hadden hunne gassen door het aflezen van het uit den gazometer *ontweken* volumen gemeten en door de gewigtsvermeerdering van den ballon gewogen; hij daarentegen leidde zijne gassen van uit de kolf, waaruit hij hen ontwikkelde, in den gazometer, woog de kolf, waaruit hij het gas ontwikkelde, voor en na de proef, en kende uit hare *gewigtsvermindering* zijn gewigt, en uit het in den gazometer *ingebrachte* gas zijn volumen. Op deze wijze vond hij:

¹ POGGEND. 22 p. 242.

	GEWIGT VAN EEN LITER BIJ 0° C en 758 m.	SOORT. GEWIGT, LUCHT = 1 ¹ .		SOORT. GEWIGT, ZUURSTOF = 1.	
		a.	b.	BUFF.	REGNAULT.
Zuurstof.....	1,433 gram.	1,106.	1,110.	1,000.	1,00000.
Koolzuur.....	1,973 "	1,523.	1,529.	1,377.	1,38293.
Zwavelig zuur.....	2,895 "	2,235.	2,244.	0,902.	

De uitkomsten van BUFF zijn nooit algemeen geldend geweest, hoewel zij nader bij de waarheid komen dan die van DULONG en BERZELIUS. Wij keeren dan na dezen korten uitstap op Duitschen bodem tot de Franschen terug.

De bepalingen van

DUMAS EN BOUSSINGAULT ²,

welke wij nu zullen behandelen, geschiedden naar aanleiding van hunne proeven over de zamenstelling der lucht. Zij wendden namelijk eene nieuwe methode van luchtanalyse aan, waarbij zij, na koolzuur en water verwijderd te hebben, de zuurstof aan koper bonden, de stikstof als gas opvingen, en door *weging* beide bestanddeelen bepaalden. Hun toestel was dezelfde, die hun tot de bepaling van het soortelijke gewigt van stikstof diende en hieronder zal worden beschreven.

De eerste reeks van proeven, 27, 28 en 29 April 1841 bij droog weder en zonneshijn volvoerd, gaf hun de volgende uitkomsten:

¹ De getallen van kolom *a* zijn berekend naar het door BUFF gebruikte absolute gewigt van de lucht, hetgeen (uit zijne reductie van DULONG's soortelijk gewigt voor koolzuur tot het absolute gewigt 1,980) blijkt te zijn het cijfer van BIOT en ARAGO, nl. 1,299 gram. voor den liter bij 0° C en 0,76 m.; de getallen van kolom *b* zijn berekend naar het absolute gewigt van lucht volgens REGNAULT, = 1,293; hoe BUFF zeggen kan, dat zijne uitkomst voor zuurstof tusschen die van BIOT c. s. en DULONG c. s. het midden houdt, is onverklaarbaar.

² Ann. de Chim. et Phys., 3e. série tome 3 p. 257.

PROEVEN.	OP 100 GEWIGTSDEELEN LUCHT	
	GEWIGTSDEELEN ZUURSTOF.	GEWIGTSDEELEN STIKSTOF.
1.	22,92.	77,08.
2.	22,92.	77,08.
3.	23,03.	76,97.
4.	23,09.	76,91.
5.	23,05.	76,97.
6.	23,04.	76,96.
gemiddelde	23,005. ¹	76,995.

Eene proef bij regenachtig weder 29 Mei volvoerd, gaf hun
23,015 zuurstof, 76,987 stikstof.

Zij namen de cijfers **23** en **77** aan, en toetsten hunne uitkomsten aan het soortelijke gewigt van zuurstof en stikstof, door BERZELIUS en DULONG gevonden.

Wanneer die soortelijke gewigten juist waren, zoo moest, even als in *gewigten*

$$23 \text{ O} + 77 \text{ N} = 100 \text{ Lucht}$$

was, desgelijk in *maten*

$$\frac{23}{1,1026} \text{ O} + \frac{77}{0,976} \text{ N} = \frac{100}{1} \text{ Lucht}$$

zijn; nu is echter

$$\frac{23}{1,1026} + \frac{77}{0,976} = 99,75,$$

waaruit eene fout van $\frac{1}{400}$ wordt aangewezen. Zulk eene fout aan hunne proeven toe te kennen streed met de schoone overeenkomst der uitkomsten en de zekerheid van hunne methode; zij besloten dus, dat de fout in de bepalingen van BERZELIUS en DULONG moest gelegen zijn.

Terwijl zij nu de vroegere methoden onderzochten, die bij de soortelijke gewigtsbepalingen gebruikt waren, ontdekten zij daarin de volgende bronnen van fouten. Men had steeds het gas eerst

¹ DUMAS geeft eenigzins willekeurig de gemiddelden 23,01 en 76,99.

in eenen gashouder opgevangen en van daar in den ballon overgebracht; om de drukking in het gas te kennen, moest men die in den gashouder waarnemen, wat nooit met genoegzame zekerheid kon verrigt worden. Vervolgens werd de temperatuur van het gas in den ballon bepaald door thermometers, die in zijnen omtrek waren opgehangen. Hoe weinig zekerheid had men hierdoor aangaande de temperatuur daar binnen? Bij het indringen in den ballon wordt het gas verwarmd, en door de onvolkomen geleiding van het glas blijft de binnentemperatuur dus altijd hooger dan die daar buiten. Voorts, wanneer de ballon niet op eene bijzondere wijze daartegen beschut werd, bleef hij blootgesteld aan allerlei warmtestralingen van buiten. Zij besloten dan, met het oog op deze bijzonderheden, de bepalingen van eenige soortelijke gewigten te herhalen, en wendden zich het eerst tot

DE ZUURSTOF.

Vooreerst droegen zij zorg, om het gas terstond in den ballon te brengen, en het niet van te voren in een ander reservoir op te vangen. Zij vermeden hierdoor vele bronnen van fouten.

Hun toestel nu, om het gas zuiver in den ballon te brengen, was als volgt (vergelijk plaat 3): In een glazen ballon B, rustende op een omkleedsel van metalliek gaas en geplaatst in een fornuis, werd uit bruinsteen en zwavelzuur bij zachte warmte de zuurstof ontwikkeld. In den hals van den ballon stak eene tweemaal doorboorde kurk, met een hard geworden lutum van dextrine en lijnkoekenmeel bestreken, door een stuk karton ee tegen de hitte van het fornuis beschermd, en bedekt door een caoutchoucuisje g, hetwelk met lood bekleed was. Deze bekleeding met lood verhinderde bij het luchtledig maken van den toestel het naar beneden dringen van de kurk: — dergelijke met lood bekleede caoutchoucuisjes c verbonden de verschillende deelen van den toestel, en bekleedden ook de kurken b.

De ballon B nu stond aan de eene zijde in verbinding met een proefglasje E, met kwik gevuld, dienende tot regeling van den druk van het gas, welke verbinding door eene kraan r kon afgesloten worden: — deze kraan, even als de twee volgende r', r'' diende tevens bij het luchtledig maken van den toestel, en was na afloop der proef van dienst om den toestel met zuurstof gevuld te houden.

Aan de andere zijde stond de ballon in verbinding met een paar buizen, door welke het gas geleid werd in eene Woulsche flesch F, waarin het medegevoerde water werd teruggehouden. Eene tweede Woulsche flesch F' met glas en bijtende potaschoplossing, een kali-apparaat van LIEBIG L, benevens vier U-vormige buizen T, met puimsteen en potaschoplossing gevuld, hielden het koolzuur terug. Een gewogen apparaat van LIEBIG L', met barytwater gevuld, diende als controle voor de verwijdering van het koolzuur.

Het aldus van koolzuur bevrijde gas werd gedroogd door eene U-vormige buis T'' met stukjes bijtende potasch, door eene Woulsche flesch F'' met zwavelzuur, en door twee U-vormige buizen T' met puimsteen en zwavelzuur. Een gewogen proefbuisje T''' met puimsteen en zwavelzuur diende als controle voor de verwijdering van het water. Dit proefbuisje was aan de eene zijde voorzien met eene gelakte kurk b, aan de andere zijde met een vernist glazen klokje. Voorts waren de uiteinden van alle U-vormige buizen met astbest-proppen gevuld. Aldus werd het gas van koolzuur en water bevrijd. De lucht was vóór de ontwikkeling van het gas uit den toestel gepompt, en door genoegzaam voortgezette ontwikkeling van het gas verder geheel verwijderd.

Nu werd het gas gevoerd in den ballon EF, insgelijks luchtledig gepompt. Op weg daarheen ontmoette het nog eene zijbuis p q, uitkomende in een proefglasje E' met kwik, ter regeling van den druk van het gas. Vervolgens werd de intrede van het gas in den ballon geregeld door de kraan R (plaat 2 fig. 2 en 3), met een langwerpig gat f voorzien, en bevestigd aan een verdeelden halven cirkel c c. Deze kraan was geschroefd aan de buis TT, en deze buis weder aan den ballon EF. De beide schroeven waren bekleed met leder r r, dat met gesmolten caoutchouc doortrokken was.

Veel zorg werd er besteed om de temperatuur van het gas in den ballon naauwkeurig te kennen. Een thermometer II (plaat 2 fig. 2), waarop honderdsten van graden konden worden afgelezen, hing in de buis TT op, en reikte met zijnen bol door de schroef heen tot in den ballon F. De ballon EF (plaat 3) rustte in eene kuip CC van zink met dubbele wanden, tusschen welke eene ruimte van twee Ned. palmen breedte overbleef, welke ruimte met water gevuld werd. De temperatuur van dit water werd afgelezen op de thermometers VV. Het deksel MN, waardoor de op den bal-

lon geplaatste buis heenstak, behoefde men niet op te ligten om de temperatuur van den ballon af te lezen. Op deze wijze werd de ballon steeds op eene gelijkmatige temperatuur gehouden, welke des te standvastiger was, hoe meer de temperatuur van het water met die van den ballon overeenkwam.

Wanneer de ballon met zuurstof gevuld was, werd hij lediggepompt en nogmaals gevuld. Dus was de zuurstof volkomen zuiver ¹). Op het oogenblik dat de temperatuur in ballon en kuip nagenoeg gelijk was, werd de kraan gesloten, de temperatuur en drukking van het gas opgeteekend ² en 1^o de ballon gewogen. Daarop 2^o werd de ballon lediggepompt en gewogen; daarop 3^o werd het gewigt van den ballon, met drooge lucht gevuld, bepaald. Door deze drie wegingen in deze orde te verrigten, behoefde men de drukking niet te kennen, waaronder het gas in den luchtledigen ballon stond. 1^o—2^o gaf het gewigt van een zeker volumen zuurstof bij de waargenomen temperatuur en barometerstand. 3^o—2^o gaf het gewigt van een zelfde volumen lucht bij den waargenomen barometerstand. De barometer behoefde niet naauwkeurig te zijn, omdat hij alleen diende om drukkingen, die zeer nabij elkander lagen, tot ééne normale drukking te herleiden.

Eene hoofdzaak is nog de wijze, waarop de ballon gewogen werd. Eene Fortinsche balans was geplaatst op eene looden kast, voorzien met een thermometer en droog gehouden door ongebluschte kalk; In deze kast hing de ballon in eenen bajonettenhaak CC (plaat 2 fig. 4), door het deksel van de kast heen met den arm van de balans verbonden. Bij het aanhaken van den ballon behoefde slechts een half klepje van de kast geopend te worden, welke overigens zorgvuldig gesloten bleef en den ballon tegen alle luchtstroomen beveiligde. Op het oogenblik der weging werden de barometerstand en de temperatuur der kast afgelezen, om het gewigt op het luchtledige te kunnen herleiden; tevens werd ook de temperatuur van den ballon zelven opgeteekend; deze was en bleef altijd iets hooger dan die in de kast; wanneer het verschil niet meer dan 3 à 4 hon-

¹ [Immers verkreeg Dumas voor eene tweede vulling 1387,948: voor eene derde vulling 1387,951, onder overigens gelijke omstandigheden.]

² Werd de zuurstof door middel van een' hulpballon met de atmosfeer in evenwigt gesteld, even als Dumas zulks bij de soortelijke gewigtsbepaling der stikstof deed?

derdsten van graden bedroeg, en de temperatuur van den ballon drie vierde uur onveranderd bleef, werd de weging verrigt.

Bij deze voorzorgen konden DUMAS en BOUSSINGAULT voor elk verschil in gewigt van denzelfden ballon eene kleine verandering in de temperatuur van de kast vinden, en, wanneer zij deze correctiën aanbragten, kwamen de wegingen steeds overeen. Evenwel kon die overeenkomt tusschen de wegingen van denzelfden ballon alleen verkregen worden, nadat de ballon de temperatuur der kast ongeveer had aangenomen en er tevens eenige tijd na het afdroogen en ophangen verlopen was; hetzij het afzetten van hygrometrisch water op de oppervlakte van het glas, hetzij de electrisering van het glas bij het afdroogen onregelmatigheden te weeg bragt.

Vele proeven werden door DUMAS en BOUSSINGAULT verrigt, voordat zij al deze voorzorgen hadden leeren in acht nemen; bij deze voorloopige proeven wisselde het cijfer voor het soortelijke gewigt van zuurstof tusschen 1,105 en 1,107. De drie laatste proeven welke met inachtneming van alle voorzorgen verrigt zijn en alle, blijken van de hoogste voortreffelijkheid dragen, gaven:

	1 ^o .	2 ^o .	3 ^o .
Gewigt van den ballon met zuurstof.....	1387,955 gram.	1387,980 gr.	1387,933 gr.
Temperat. " " " " ".....	18,45° C "	18,05° C	18,5° C.
Temperatuur der lucht.....	18,75° C	19,28° C	17,70° C.
Barometerstand.....	0,7659 meters	0,7630 m.	0,7670 m.
Gewigt van den ledigen ballon.....	1379,173 gram.	1379,256 gr.	1379,142 gr.
Temperat. " " " " ".....	18,45° C.		
Temperatuur der lucht.....	18,75° C	19,45° C	17,70.
Barometerstand.....	0,7659 meters	0,7634	0,7667.
Gewigt van den ballon met drooge lucht.....	1387,102 gram.	1387,157 gr.	1387,102 gr.
Temperat. " " " " ".....	18,40° C	17,90° C	18,38° C.
Temperatuur der lucht.....	18,60° C	19,25° C	17,7° C.
Barometerstand.....	0,7659 meters	0,7641 m.	0,7664 m.
Soortelijk gewigt van zuurstof...	1,1055	1,1058	1,1057.
Gemiddelde.....	1,1057		

Dit cijfer, dat zich zeer nabij aan dat van DE SAUSSURE aansloot, kon nog geene rekenschap geven van de zamenstelling der lucht.

Integendeel, wanneer men het aan het cijfer van BERZELIUS en DULONG voor het soortelijke gewigt van stikstof aanknoopte, werd het verschil nog grooter.

Verkregen wij op pag. 52.

$$\frac{23}{1,1026} + \frac{77}{0,976} = 99,75 \text{ in plaats van} \\ = 100,$$

nu verkrijgen wij

$$\frac{23}{1,1057} + \frac{77}{0,976} = 99,69 \text{ in plaats van} \\ = 100.$$

Ook aan het soortelijke gewigt van de stikstof moest derhalve eene fout kleven, en DUMAS en BOUSSINGAULT wendden zich tot de

STIKSTOF.

Denzelfden toestel, dien DUMAS en BOUSSINGAULT tot bepaling van de zamenstelling der lucht gebruikten, wendden zij tot het wegen van de stikstof aan (plaat 2, fig. 1). Door de buis X kwam de lucht van buiten het vertrek in den toestel. Zij werd van koolzuur bevrijd door een kali-apparaat van LIEBIG L en vier U-vormige buizen, waarvan twee TT met puimsteen en potaschoplossing, eene derde T' met stukjes potasch, eene vierde T'' met stukjes gegloeide potasch gevuld waren. Het water werd opgenomen in een apparaat van LIEBIG L' met zwavelzuur en in twee U-vormige buizen met zwavelzuur en puimsteen.

Aan deze buizen was door middel van eene kraan eene buis van hard glas CC' verbonden, gevuld met koper, door herleiding van koperoxyde verkregen; deze buis rustte in een fornuis, bij elementairanalysen gebruikelijk. De buis stond aan de andere zijde, mede door middel van eene kraan, in verbinding met een kleinen hulpballon, en deze met den hoofdballon, welke op gelijke wijze was ingerigt als die voor de soortelijke gewigtsbepaling van de zuurstof.

Eerst werden de koper-buis CC', de kleine en de groote ballon en de deze verbindende buizen luchtledig gepompt, en daarna alle kranen gesloten. Nu werd de koper-buis CC' tot de roodgloei-hitte verwarmd, en daarop de kraan tusschen de U-vormige buizen en de koper-buis geopend. De lucht stortte in de buis en gaf er oogenblikkelijk hare zuurstof af aan het gloeiende koper. Daarop opende

men den toegang tusschen buis en ballon, en er drong zuivere stikstof in den ballon.

Dat bij den snellen stroom de lucht al hare zuurstof afgaf werd door proeven bewezen; de lucht werd met driemaal grootere snelheid dan gewoonlijk doorgevoerd, zonder dat er eenige zuurstof aan de werking ontsnapte; het koperoxyde vormde aan het begin van de buis steeds een laagje van 2 à 3 Ned. duim dikte, terwijl de overige ruimte door metalliek koper gevuld bleef.

Vochtigheid in het kopermetaal werd vooraf door een droogen luchtstroom, terwijl de buis gegloeid werd, verwijderd. Hierbij verloor men eenig kopermetaal, maar dat deed niets ter zake. De kleine ballon diende om, wannecr beide ballonnen met stikstof gevuld waren, de stikstof in den grooten ballon op de drukking van de buitenlucht te brengen. De verbinding tusschen den kleinen ballon en de koper-buis werd verbroken, de kleine ballon werd in verbinding met de buitenlucht gebragt, daarna werd de kraan van den grooten ballon gesloten en de kleine ballon afgeschroefd. De voorzorgen bij het aflezen van de temperatuur in den ballon, de maatregelen bij het wegen, waren dezelfde als bij de soortelijke gewigtsbepaling der zuurstof. Voorts werd dezelfde orde bij het wegen in acht genomen; eerst woog men den ballon met stikstof, dan met drooge lucht gevuld. De uitkomsten hunner proeven waren als volgt:

	1 ^o .	2 ^o .	3 ^o .
Gewigt van den ballon met stikstof....	1401,190 gram.	1397,692	1183,346.
Temperat. " " " " " ".....	19 ^o ,3	11 ^o ,5	11 ^o ,6.
Temperatuur der lucht.....	12 ^o ,2	10 ^o ,0	13 ^o ,8.
Barometerstand.....	0,764 meters.	0,7568	0,7505.
Gewigt van den luchtledigen ballon....	1388,032 gram.	1385,018	1175,608.
Temperatuur der lucht.....	12 ^o ,5	10 ^o ,5	14 ^o ,0.
Gewigt van den ballon met drooge lucht.	1401,190	1398,075	1183,540.
Temperat. " " " " " ".....	13 ^o ,0	11 ^o ,5	12 ^o ,0.
Temperatuur der lucht.....	13 ^o ,0	10 ^o ,5	13 ^o ,95.
Barometerstand	0,761	0,7568	0,7505.
Soortelijk gewigt van stikstof.	0,970	0,972	0,974.
Gemiddelde	0,972.		
Soort. gew. van stikstof voor O = 1..	0,87908.		

Uit het soortelijke gewigt van zuurstof en stikstof naar DUMAS en BOUSSINGAULT vinden wij nu voor de samenstelling van de lucht in maten:

$$\begin{array}{r} 23,005 \\ \hline 1,1057 \\ 76,995 \\ \hline 0,972 \end{array} = 20,805 \text{ zuurstof.} \\ = 79,213 \text{ stikstof.} \\ \hline 100,019 \text{ lucht } ^1.$$

Of wel

$$\begin{array}{r} 23 \\ \hline 1,1057 \\ 77 \\ \hline 0,972 \end{array} = 20,80 \text{ zuurstof.} \\ = 79,22 \text{ stikstof.} \\ \hline 100,02 \text{ lucht.}$$

De nauwkeurigheid der overeenkomst was dus gebragt tot $\frac{2}{10000}$, en DUMAS nam voor de samenstelling der lucht de cijfers 23 en 77 in gewigten en 20,8 en 79,2 in volumina aan.

Eindelijk deden DUMAS en BOUSSINGAULT nog eenige bepalingen omtrent het soortelijke gewigt van de

WATERSTOF ²,

welker uitkomsten tusschen 0,0691 en 0,0695 liggen; hieruit vinden wij:

$$\begin{array}{l} \text{soortelijk gewigt van waterstof (lucht = 1)} = 0,0693 \\ \text{soortelijk gewigt van waterstof (zuurstof = 1)} = 0,06267. \end{array}$$

Hoe volledig de proeven van DUMAS en BOUSSINGAULT in hare soort nu ook waren, zoodat men zich bezwaarlijk denken kan, dat

¹ DUMAS verkrijgt uit zijne eenigzins willekeurige gemiddelden:

$$\begin{array}{r} 23,01 \\ \hline 1,1057 \\ 76,99 \\ \hline 0,972 \end{array} = 20,81 \text{ zuurstof.} \\ = 79,19 \text{ stikstof.} \\ \hline 100,00 \text{ lucht,}$$

maar 79,19 is fout, en moet zijn 79,21, en zoo verkrijgt hij ook hier 100,02 in plaats van 100,00. Het gewigt van een liter lucht, van waterdamp en koolzuur bevrijd, bij 0° C en 760 m. drukking, is volgens hem = 1,2995.

² Ann. d. Chim. et Phys. 3^e serie, tome 8, p. 201.

men met hunne methode digter bij de waarheid zoude hebben kunnen komen, zoo werden zij evenwel door REGNAULT overtroffen.

Het is toch in de analyse wel verdienstelijk om zwarigheden te overwinnen, maar het is nog veiliger, haar te vermijden. Nu waren er bij de methode van DUMAS en BOUSSINGAULT zoo tallooze voorzorgen in acht te nemen, dat men zich niet anders kan voorstellen, of er moest nu en dan wel eens eene enkele verzuimd zijn.

Gaan wij nu de elementen na, welke volgens vroegere methoden tot de berekening noodig waren, zoo vinden wij dat er *eigenlijke* vier wegingen van den ballon vereischt werden: — 1°. Met drooge lucht bij eene temperatuur t en eenen barometerstand H . — 2°. Na uitpomping dier lucht tot op eene geringe drukking h , bij eene temperatuur t , welke wij gelijk zullen nemen aan de vorige. 3°. Met zuiver gas, bij eene temperatuur t' en eenen barometerstand H' . — 4°. Na uitpomping van dat gas tot op eene geringe drukking h' , bij eene temperatuur t' , welke wij gelijk zullen nemen aan de vorige.

P , p , P' , p' mogen de gevonden gewigten zijn, zoo is:

$$P - p$$

het gewigt der lucht, welke bij de temperatuur t en de drukking $H - h$ den ballon vult. — Het gewigt van de lucht, welke de ballon bij 0° en 0,760 m. druk zoude bevatten, is dan

$$(P - p) \cdot \frac{760}{H - h} \cdot \frac{1 + \alpha t}{1 + k t}, \dots \dots \dots A,$$

wanneer α de uitzettingscoëfficiënt van lucht, en k die van glas is.

$$P' - p'$$

is het gewigt van het gas, onder de drukking $H' - h'$ en bij de temperatuur t' . Het gewigt van het gas, hetwelk de ballon bij 0° en 0,760 m. barometerstand zoude bevatten is dus:

$$(P' - p') \cdot \frac{760}{H' - h'} \cdot \frac{1 + \alpha t'}{1 + k t'}, \dots \dots \dots B,$$

wanneer de uitzettingscoëfficiënt van het gas gelijk aan die der lucht is. De digtheid van het gas is dus gelijk aan het quotiënt van beide gewigten B en A, dus:

$$\frac{P' - p'}{P - p} \cdot \frac{H - h}{H' - h'} \cdot \frac{1 + k t}{1 + k t'} \cdot \frac{1 + \alpha t'}{1 + \alpha t}$$

Deze wijze vorderde derhalve, behalve de uitzettingscoëfficiënten, de kennis van ten minste tien gegevens, waarvan sommige vrij onzeker in de bepaling zijn. Bij al de voorzorgen van DUMAS en BOUSSINGAULT, als daar zijn het plaatsen van een' thermometer in den hals van den ballon zelve, de het gebruik van het waterbad en het wegen van den ballon in een' gesloten kast, waarvan zij de temperatuur nauwkeurig kenden; — bij al deze voorzorgen bleven nog onzekerheden over. De opligting, die een ballon met gas door de lucht ondervindt, bedraagt soms meer dan het gewigt van het daarin aanwezige gas. Nu zijn er zoo vele redenen van storing van de bestanddeelen en de digtheid der lucht, haar gehalte aan waterdamp verandert zoo onophoudelijk, hare temperatuur is zoo weinig standvastig, dat zelfs de voorzorgen van DUMAS en BOUSSINGAULT ontoereikend zijn. Want ofschoon de kast onder de balans ook al chloorcalcium bevatte, zoo spreken DUMAS en BOUSSINGAULT zelve van een laagje waterdamp, dat zich langzamerhand op den ballon afzette, nadat hij afgedroogd in de kast van de balans gekomen was. Dat laagje waterdamp moest dan bij eene andere temperatuur anders zijn, en ook de vochtigheidstoestand moest met die der lucht, wel is waar binnen kleine grenzen, kunnen veranderen. Deze kleine verschillen konden des te gemakkelijker ontstaan, door dien, bij het ophangen van den ballon aan de balans, de kast, al ware 't dan ook maar voor een klein gedeelte, geopend werd.

De electricisering van den ballon bij het afdroogen met een droogen doek vond REGNAULT van grooten invloed; volgens zijne waarnemingen woog de ballon daardoor in de eerste oogenblikken 0,75 gram te veel; na een uur was het overwigt nog 0,15 gram; na vijf uren nog meer dan 0,01 gram, en vooral wanneer de wand der kast met lood bekleed en de ballon weinig van den bodem verwijderd was, was de invloed der electriciteit zeer sterk.

REGNAULT ¹

vermeed deze bronnen van fouten door eene even eenvoudige als afdoende kunstgreep.

Terwijl hij ook in andere opzigten de vroegere methoden ver-

¹ Ann. d. Chim. et Phys. III, 14, 211.

eenvoudigde, hing hij, bij het wegen van den ballon, aan den andereren arm van de balans een tweeden ballon, van dezelfde uitgebreidheid als de eerste. Deze tweede ballon, welken wij *hulpballon* of *tegenballon* zullen noemen, was hermetisch gesloten; de inwendige toestand van den ballon bleef dus volkomen dezelfde; slechts de toestand der buitenlucht oefende invloed uit op zijn gewigt, en deze invloed was juist even groot als die, welken de ballon met gas ondervond. Daar de ballons in eene en dezelfde kast, gelijk aan die van DUMAS en BOUSSINGAULT, waren opgehangen en uit de zelfde soort van glas bestonden, kon men ook het laagje vochtigheid, dat zich op hen afzette, als voor beiden gelijk aanmerken. Om hen van gelijke uitgebreidheid te verkrijgen zocht hij eerst twee zooveel mogelijk even groote ballons uit. Deze werden met hunne monteersels onder water gewogen, waarna aan den eenen een glazen buisje van zoodanigen inhoud bevestigd werd, dat beiden juist evenveel water verplaatsten. — Hierdoor was de gelijkheid van uitgebreidheid tot stand gebracht; wat hun gewigt betreft, zoo werd door de zwaarte van het monteersel zorg gedragen, dat de hulpballon minder woog dan die welke de gassen zoude opnemen. Er werd dan in den hulpballon zooveel kwik gegoten, dat hij 10 grammen zwaarder woog dan de andere, zoo deze met lucht gevuld was. Daarop werd de hulpballon hermetisch gesloten.

De hoofdballon had geen' thermometer, zooals bij DUMAS en BOUSSINGAULT. Hij droeg een monteersel (zie plaat 4, deel 1, fig. 1), bestaande uit twee stukken a b c d, en e f g h, welke door twee schroeven, bij e a en f b, verbonden werden. Het bovenste stuk bevatte eene kraan en eene smalle buis, die met afgeslepen vlakken bij m n juist op den hals A B van den ballon paste. Rondom den hals was eene holte 0 0 tusschen beide stukken van het monteersel overgelaten.

Om de toetreding van alle lucht te verhinderen en het monteersel voor eene verwarming tot op 100° C geschikt te maken, werd het op de volgende wijze bevestigd: eene prop van hennip werd met een lutum bedeed van gelijke deelen menie en was, met lijnolie zaâmgewreven. Deze hennipprop werd om den hals A B gewikkeld, waarna de twee deelen van het monteersel werden vastgeschroefd. Doordien de twee buizen bij m n op elkander pasten, kon er niets van de prop binnen in den toestel dringen. Het overtollige van de prop werd deels in de holte 0 0 gedrongen, deels naar buiten ge-

perst. Het lutum werd spoedig hard, vooral wanneer de ballon herhaaldelijk in den damp van kokend water werd gebragt. Het kon dan eene groote hitte doorstaan, zonder dat het door plotselinge veranderingen van temperatuur barstte.

Wanneer de ballon met gas gevuld werd, stond hij in een bak met smeltend ijs; hierdoor werd elke correctie van temperatuur overbodig, en had men met den uitzettingscoëfficiënt niets van nooden. De ballon werd niet eerder voor goed gesloten, dan nadat hij met het gas lang genoeg in den bak met smeltend ijs verkeerd had om volkomen de temperatuur van 0° aan te nemen, en nadat het gas daarenboven met de buitenlucht in aanraking gebragt en volkomen onder de drukking van den dampkring gekomen was.

Nadat de ballon tweemaal met gas gevuld en weder ledig gepompt was, begon men bij de derde vulling met de wegingen. Eerst na de vierde vulling bleef het gewigt van het gas onveranderlijk hetzelfde. Vóór de weging werd de ballon met een' eenigzins vochtigen doek afgeveegd, waardoor niet de minste electrisering plaats greep; hij werd daarna met den tegenballon in de kast van de balans gebragt, en na zoolang daarin verkeerd te hebben, dat het evenwigt van temperatuur volkomen kon tot stand gekomen zijn, 1° gewogen. Men kende dus het gewigt van het gas, dat bij 0° en den afgelezen barometerstand den ballon vulde.

De ballon werd nu weder in den bak met smeltend ijs gebragt, en ledig gepompt. Om de drukking van het overblijvende gas naauwkeurig te kennen, werd de ballon door middel van eene drietakkige buis te gelijker tijd in verbinding gebragt met de luchtpomp en met den barometer-manometer (plaat 4, deel 1, fig. 3). Deze inrigting bestond uit twee barometerbuizen; de eene A B, van boven gesloten, gaf de drukking van den dampkring aan; de andere C D, welke van boven door middel van het looden buisje a b in verbinding met den ledigen ballon gebragt werd, gaf de drukking van den dampkring aan, verminderd met de drukking van het gas in den lediggepompten ballon. A B — C D gaf dus de zuivere drukking van het gas in den ledigen ballon aan. Het bakje, waarin beide buizen gedompeld waren, was door een tusschenwand m n, welke echter niet tot aan den rand reikte, in tweeën gescheiden. Door het kraantje R liet men, alvorens men de buis C D met den uitgepompten ballon in verbinding bragt, zooveel kwik afloopen, dat het kwik in beide afdeelin-

gen afgescheiden was. Deze inrigting was daarom noodzakelijk, omdat bij het tot stand brengen der verbinding tusschen de buis CD en den ballon de oppervlakte van het kwik in het bakje in schommeling geraakte; wanneer deze schommeling zich over de geheele oppervlakte en rondom de buis AB voortzette, drongen er volgens de waarneming van REGNAULT kleine luchtblaasjes in de buis AB, en de barometer was bedorven. Nadat de buis CD met den ballon in verbinding was gebracht, werd er in het bakje zooveel kwik bijgegoten, dat de oppervlakte weder tot boven den wand mn reikte. Eene schroef V had twee zwartgemaakte punten, en werd met de eene punt in aanraking gebracht met de kwikoppervlakte. De afstand van beide punten was bekend, en met den kathetometer werd nu het verschil in hoogte tusschen de bovenste punt der schroef en de kwikoppervlakten in AB en CD bepaald. — Men kende aldus den barometerstand en de drukking in den ledig gepompten ballon; deze werd nu 2^o gewogen, waardoor men het gewigt van het gas onder de afgelezen geringe drukking en bij de temperatuur van 0^o kende. Het verschil tusschen deze en de vorige weging gaf dus het gewigt aan van het gas bij 0^o en onder de drukking, uitgedrukt door het verschil der drukkingen, bij de eerste en tweede weging gevonden. Woog men daarna weder bij 0^o C den ballon 3^o met lucht en 4^o luchtledig, zoo kon men zijnen inhoud bepalen en uit de gegevens het soortelijk gewigt van het gas bij 0^o C en 0,76 m drukking vinden. Maar om de herleiding van de drukking op 0,76 m. te bewerkstelligen, moest men overtuigd zijn, dat het gas de wet van MARIOTTE volgde voor drukkingen gelijk aan en geringer dan die van den dampkring. Slechts in dat geval ging de wet der volumina door en had de soortelijke gewigtsbepaling eenige waarde voor de kennis der scheikundige aequivalenten. Daarom woog REGNAULT het gas onder verschillende, allengskens verminderde drukkingen, welke alle bepaald werden door den barometer-manometer. Ook toetste hij *de wet van MARIOTTE bij 100^o C*, door den ballon in een dampbad te verhitten, een grooter of kleiner deel van het gas er uit te pompen, en te wegen.

De vergelijking van de gewigten gas, die den ballon bij 0^o C en bij 100^o C vulden, gaf hem tevens gelegenheid, om den *uitzettings-coëfficiënt* van de lucht te bepalen. Hij had hiertoe de volgende gegevens noodig: — het gewigt van de lucht in den ballon bij 0^o,

onder de drukking $H - h$ (waarbij H de drukking in den gevulden, h die in den ledigen ballon is) $= P$; — den barometerstand, terwijl de ballon in het dampbad verkeerde, $= H'$; — de hieruit berekende temperatuur, tot welke de ballon verhit werd, $= T$; — het gewigt van de lucht, die bij de temperatuur T en den barometerstand H' uit den ballon ontweken was, $= p$; — den uitzettingscoëfficiënt van glas $k = 0,0000233$. — Uit deze gegevens berekende hij den uitzettingscoëfficiënt op de volgende wijze:

Gewigt van het gas, dat bij 0° en H' druk den ballon zoude vullen:

$$P \frac{H'}{H - h} \dots \dots \dots A$$

Gewigt van het gas, dat bij T graden en H' druk den ballon zoude vullen:

$$P \frac{H'}{H - h} - p.$$

Gewigt van het gas, dat bij T graden en H' druk den ballon zoude vullen, zoo hij denzelfden inhoud had als bij 0° :

$$\left(P \frac{H'}{H - h} - p \right) \cdot \frac{1}{1 + k T} \dots \dots \dots B$$

Betrekking tusschen de digtheden van hetzelfde volumen bij 0° en bij T graden, n.l. $\frac{B}{A}$, gelijk zijnde aan $\frac{1}{1 + \alpha T}$, wanneer α de uitzettingscoëfficiënt der lucht is:

$$\frac{\left(P \frac{H'}{H - h} - p \right) \cdot \frac{1}{1 + k T}}{P \frac{H'}{H - h}} = \frac{1}{1 + \alpha T}$$

$$\frac{(1 + k T) H'}{H' - \frac{p}{P} (H - h)} = 1 + \alpha T.$$

Deze methode om den uitzettingscoëfficiënt te vinden is zeer juist, en de eenige die bij gassen welke kwik aantasten aanwendbaar is¹.

¹ De rekening is verbeterd volgens de in Ann. d. Chim. et Phys. 3^e serie, tome 15, opgegeven drukfouten.

Wij gaan thans over tot de beschrijving van REGNAULT's proeven; hij begon met

DE BEPALING VAN HET GEWIGT VAN DE
DROOGE LUCHT, WELKE BIJ 0° C EN 0,76 M. DRUKKING
DEN BALLON VULDE.

De lucht werd geput buiten de kamer, van eene groote binnenplaats; zij streek door eene eerste Uvormige buis, met glas en oplossing van bijtende potasch gevuld, door eene tweede met stukjes potasch en door eene derde met puimsteen en sterk zwavelzuur. Nadat de ballon door opzuiging met lucht gevuld was, werd een overschot van drukking aangebragt door middel van eene blaasbalg, welke aan de buis, die de lucht van buiten invoerde, bevestigd was. Om nu het evenwigt met de drukking van den dampkring tot stand te brengen, nam men het proefbuisje met kwik weg, waarin eene buis stond, die met den ballon in verbinding was. Deze voorzorgen waren noodzakelijk, omdat de lucht, in den ballon door opzuiging gebragt, vaak onder geringere drukking stond dan de dampkringslucht: de reden hiervan was de weêrstand, dien het gas bij het strijken door de ledige ruimten der Uvormige buizen ondervond. Negen proeven gaven hem de volgende uitkomsten:

NOMMER DER PROEF.	BIJ HET SLUITEN VAN DEN MET LUCHT GEVULDEN BALLON WAARGENOMEN BAROMETERSTAND, OP 0° C HERLEID.	GEWIGT BIJ DEN MET LUCHT GEVULDEN BALLON TOEGEVOEGD, OM EVENWIGT MET DEN TEGENBALLON TE MAKEN.	DRUKKING VAN DE LUCHT IN DEN UITGEPOMPTEN BALLON.	GEWIGT BIJ DEN UITGEPOMPTEN BALLON TOEGEVOEGD, OM EVENWIGT MET DEN TEGENBALLON TE MAKEN.	GEWIGT DER LUCHT DIE BIJ 0° C EN 0,76 M DRUKKING DEN BALLON VULDE.
1.	0,76119 meters.	1,487 gram.	0,00843 met.	14,141 gram.	12,7744
2.	0,75466 "	1,588 "	0,00700 "	14,1555 "	12,7800
3.	0,75861 "	1,516 "	0,00462 "	14,196 "	12,7809
4.	0,74610 "	1,718 "	0,00293 "	14,2115 "	12,7764
5.	0,74723 "	1,7005 "	0,00197 "	14,232 "	12,7795
6.	0,74721 "	1,699 "	0,00756 "	14,1345 "	12,7775
7.	0,75376 "	1,4375 "	0,00597 "	14,013 "	12,7808
8.	0,77446 "	1,0663 "	0,00558 "	13,9915 "	12,7759
9.	0,77441 "	1,064 "	? ¹	?	12,7790
Gemiddelde.....					12,7781
Grootste onderlinge afwijking der proeven.....					$\frac{1}{2000}$

REGNAULT meende, dat de afwijkingen waarschijnlijk aan de kleine verschillen in de samenstelling der lucht lagen. Hij bejammerde het, dat men de lucht als eenheid bij de soortelijke gewigtsbepalingen genomen had, en niet de zuurstof, die gemakkelijk zuiver te verkrijgen was, en daarenboven reeds als eenheid bij de equivalentbepalingen was aangenomen. — Met sommige van zijne proeven over het soortelijke gewigt van dampkringslucht verbond hij nu de *toetsing van de wet van MARIOTTE voor dampkringslucht*, en woog den ballon eerst gevuld, en daarna half ledig.

¹ Hier waren twee getallen van de vorige proef in de opgave opgenomen, waaruit hij in de laatste kolom 12,7774 gram. verkreeg. Het schijnt evenwel eene vergissing te zijn geweest, want bij de berekening van het gemiddelde zoowel als bij de toetsing aan de wet van MARIOTTE is het cijfer 12,7790 gebruikt.

NOMMER DER PROEF IN DE VOORGAANDE TABEL.	DRUKKING VAN DE TERUGGEBLEVEN LUCHT.	GEWIGT BIJ DEN BALLON GEVOEGD.	GEWIGT VAN DE LUCHT IN DEN BALLON BIJ DE OPgegeVEN DRUKKING NA DE HERLEIDING OP 0° C;	
			UIT DE WAARNE- MING AFGELEID.	UIT MARIOTTE'S WET BEREKEND.
4.	0,30603 meters.	9,123 gram.	5,0895 gram.	5,0954 gram.
5.	0,31432 "	8,981 "	5,2510 "	5,2522 "
9.	0,36380 "	7,969 "	6,0225 "	6,0233 "

Men ziet hieruit, dat de berekening volgens de wet van MARIOTTE steeds een eenigzins grooter getal gegeven heeft dan het uit de waarneming afgeleide; maar de verschillen zijn te klein, dan dat men hen waarschijnlijkerwijze voor iets anders den waarnemingsfouten zoude houden. — Ook den *uitzettingscoëfficiënt der lucht* berekende hij bij de 1^e en 2^e proef, volgens de boven beschreven methode.

Gewigt van de lucht in den ballon bij 0° C en 0,76 m. drukking; zie naastvoorgaande tabel...	12,7744 gram.	12,7800 gram.
Barometerstand, terwijl de ballon in het dampbad verkeerde	0,76046 meters.	0,75541 meters.
Hieruit berekende temperatuur, tot welke de bal- lon verhit werd.....	100°,02 C	99°,80 C.
Gewigt van de lucht, die gedurende de verhoog- ging van temperatuur, bij den afgelezen baro- meterstand uit den ballon ontweken was.....	3,421 gram.	3,366 gram.
Uitzettingscoëfficiënt van glas.....	0,0000233.	
Uitzettingscoëfficiënt van lucht	0,003667.	0,003663.

REGNAULT ging nu over tot de bepaling van

DE DIGTHEID VAN STIKSTOF;

zie hier de uitkomsten:

NOMMER DER PROEF.	BAROMETERSTAND BIJ HET SLUITEN VAN DEN MET STIKSTOF GEVULDEN BALLON, HIERLEID OP 0° C.	GEWIGT, BIJ DEN MET STIKSTOF GEVULDEN BALLON TOEGEVOEGD, OM EVENWIGT MET DEN BALLON TE MAKEN.	DRUKKING VAN DE STIKSTOF IN DEN UITGEFOMPTEN BALLON.	GEWIGT, BIJ DEN UITGEFOMPTEN BALLON GEVOEGD, OM EVENWIGT MET DEN TEGENBALLON TE MAKEN.	GEWIGT VAN DE STIKSTOF, DIE BIJ 0° C EN 0,76 M BAROMETERSTAND DEN BALLON VULDE.	SOORTELIJK GEWIGT VAN STIKSTOF, UIT DE WEGINGEN VAN DEN BALLON MET LUCHT EN MET STIKSTOF AFGELEID.
1.	0,75855 meters.	1,8725 gram.	0,00218 meters.	14,227 gram.	12,4137 gram.	0,97148.
2.	0,75855 "	1,8725 "	0,00781 "	14,185 "	12,4137 "	0,97148.
3.	0,76282 "	1,802 "	0,00781 "	14,185 "	12,4145 "	0,97154.
4.	0,76284 "	1,802 "	0,00506 "	14,1805 "	12,4147 "	0,97155.
5.	0,76242 "	1,815 "	0,00506 "	14,1805 "	12,4086 "	0,97108.
6.	0,76242 "	1,815 "	0,00300 "	14,165 "	12,4085 "	0,97108.
Gemiddelde.....						0,97137.
SOORTELIJK GEWIGT (0 = 1).....						0,87856.
AEQUIVALENTGEWIGT.....						175,712.

De stikstof werd bereid door lucht over gloeiend koper te laten strijken en vervolgens door twee U-vormige buizen te voeren, waarvan de eene met glas en sterke potaschoplossing, de andere met puimsteen en zwavelzuur gevuld was.

Om de digtheid van

DE WATERSTOF

te bepalen, ontwikkelde REGNAULT dit gas uit zink en zoutzuur; het zuur werd kokend opgegoten, om het indringen van lucht te beletten. Het gas streek door eene U-vormige buis met glas en stukjes bijtende potasch, door eene tweede met stukjes glas en bichloruur van kwik (warm verzadigd en dus kristallen op het glas afzettende); door eene derde met stukjes bijtende potasch; door eene vierde met puimsteen en zwavelzuur. De toestel kon luchtledig gemaakt worden, waardoor de zuivering van het gas zeer bevorderd werd.

De proeven gaven de volgende uitkomsten:

NOMMER DER PROEF.....1.	2.	3.
{ Barometerstand bij het sluiten van den gevulden ballon, herleid op 0°.....0,75616 meters.	0,74879.	0,75550.
{ Toegevoegd gewigt, om met den tegenballon evenwigt te maken.....13,301 gram.	13,308	13,301.
{ Drukking van het gas in den uitgepompten ballon.....0,00340 meters.	0,00138.	0,00138.
{ Gewigt, bij den uitgepompten ballon gevoegd, om met den tegenballon evenwigt te maken.14,1785 gram.	14,178.	14,179.
Gewigt van het gas, dat bij 0° en 0,760 m. den ballon vult.....0,88591 gram.	0,88465.	0,88484.
Soortelijk gewigt.....0,06932.	0,06923.	0,06924.
Gemiddelde.....0,06926.		
Soortelijk gewigt (0 = 1)	0,06264.	
Aequivalentgewigt	12,528.	

DE ZUURSTOF

werd voor de soortelijke gewigtsbepaling ontwikkeld uit chloorzure potasch en gevoerd door eene U-vormige buis met glas en bijtende potaschoplossing; door eene tweede met stukjes bijtende potasch; door eene derde met puimsteen en zwavelzuur: de uitkomsten van de proeven waren:

NOMMER DER PROEF....1.	2.	3.	4.
Barometerstand bij het sluiten van den gevulden ballon, herleid op 0°. .0,74621 meters.	0,74849	0,75022	0,74849.
Toegevoegd gewigt, om met den tegenballon evenwigt te maken.....0,317 gram.	0,270	0,172	0,204.
Drukking van het gas in den uitgepompte ballon.....0,00369 meters.	0,00360	0,0059	0,00456.
Toegevoegd gewigt, om met den tegenballon evenwigt te maken....14,115 gram.	14,115	14,033	14,033.
Gewigt van het gas, dat bij 0° en 0°76 m. den ballon vult.....14,1230 gram.	14,1276	14,1281	14,1283.
Soortelijk gewigt.....1,10525	1,10561	1,10564	1,10565.
Gemiddeld uit 2, 3 en 4	1,10563.		

De eerste proef werd verworpen bij de berekening van het gemiddelde, omdat hij berustte op eene weging, welke na eene derde vulling verrigt was; de ballon was vroeger met waterstof gevuld geweest, zoodat er zeker iets van dat gas in was teruggebleven, waardoor het soortelijke gewigt van de zuurstof te ligt uitviel; — om echter geene van zijne proeven te verzwijgen, heeft REGNAULT ook deze medegedeeld.

HET KOOLZUUR

bereidde REGNAULT uit wit marmor en zoutzuur, dat kookend werd opgegoten. Het gas streek door eene waschflesch, met eene oplossing van bicarbonas sodae gevuld, en door eene lange buis met puimsteen en zwavelzuur.

De proeven gaven:

NOMMER DER PROEF.	BAROMETERSTAND BIJ HET SLUITEN VAN DEN MET GAS GEVULDEN BALLON, HERLEID OP 0° C.	TOEGEVOEGD GEWIGT, ENZ.	OVERGEBLEVEN DRUKKING, NA UITPOMPING.	TOEGEVOEGD GEWIGT, ENZ.	GEWIGT VAN HET GAS BIJ 0° EN 0,76 M.	SOORTELIJK GEWIGT.
1.	0,76304 m.	0,6335 gr.	0,00157 m.	20,211 gr.	19,5397 gr.	1,52915
2.	0,75913 "	0,736 "	0,00157 "	20,211 "	19,5377 "	1,52900
3.	0,75672 "	0,796 "	0,00157 "	20,211 "	19,5397 "	1,52915
4.	0,75634 "	0,808 "	0,00171 "	20,2085 "	19,5385 "	1,52910
5.	0,75339 "	0,8835 "	0,00171 "	20,2085 "	19,5396 "	1,52915
GEMIDDELDE.....						1,52901

Met deze wegingen verbond REGNAULT bepalingen van den uitzettingscoëfficiënt van het koolzuur.

NOMMER DER PROEF IN DE VOORGAANDE TABEL.	GEWIGT VAN HET KOOLZUUR IN DEN BALLON BIJ 0° C EN 0,76 M.	BAROMETERSTAND, TERWIJL DE BALLON IN ROKEND WATER WAS.	KOOKHITTE.	UITGEDREVEN GAS.	UITZETTINGSCOEFFICIENT VAN KOOLZUUR.
2.	19,5397 gr.	0,75853 m.	99°, 94 C.	5,2658 gr.	0,003719
4.	19,5385 "	0,75568 "	99°, 85 "	5,247 "	0,003719

Hij had in eene vroegere verhandeling ¹ gevonden door dergelijke proeven

$$a = 0,0037099.$$

¹ Ann. d. Chim. et Phys. III^e serie, tom. 5, pag. 68.

Eindelijk toetste hij voor het koolzuur de wet van MARIOTTE bij 0° C en 100° C.

NOMMER DER PROEF IN DE NAASTVOORGAANDE TAFEL.	TEMPERATUUR VAN HET GAS.	DRUKKING VAN HET GAS.	GEWIGT VAN HET GAS IN DEN BALLON BIJ DE OPGEGEVEN DRUKKING EN TEMPERATUUR.	
			UIT DE WAARNEMING AFGELEID.	VOLGENS MARIOTTE'S WET BEREKEND.
5.	0°	0,76000 met.	19,5396 gram.	
	0°	0,37413 "	9,5845 "	9,6628
	0°	0,25588 "	5,7345 "	5,7634
NIEUWE PROEF.	100°,00	0,76000 "	14,2717 "	
	100°,01	0,33839 "	6,3549 "	6,3545

Men ziet uit de getallen der twee laatste kolommen, dat het koolzuur bij 0°, zelfs onder zwakke drukkingen, vrij sterk van de wet van MARIOTTE afwijkt; maar dat bij 100° voor drukkingen beneden die van den dampkring de afwijking onmerkbaar is: 6,3549 volgens de waarneming en 6,3545 volgens de berekening komen zeer schoon overeen. Wij zullen, om den invloed van deze afwijkingen op het soortelijke gewigt van koolzuur aan te toonen, de soortelijke gewigten van koolzuur bij verschillende temperaturen en drukkingen aangeven, welke MARIOTTE uit de gegevens van bovenstaande proeven heeft afgeleid:

TEMPERATUUR.	DRUKKING.	SOORTELIJK GEWIGT. (LUCHT = 1).	SOORTELIJK GEWIGT. (ZUURSTOF = 1).
0°	0,76000 meters.	1,52910	1,38300
	0,37413 "	1,52366	1,37809
	0,22417 "	1,52145	1,37609
100°	0,76000 "	1,52418	1,37856
	0,38339 "	1,52410	1,37849

Wij zullen later gelegenheid hebben, om op deze cijfers terug te komen, die den naam van DULÓNG en BERZELIUS zuiverden van den blaam, welken DUMAS daarop zocht te werpen, als waren hunne gewigtsbepalingen van het koolzuur verre bezijden de waarheid.

Wat de geheele verhandeling van REGNAULT betreft, het is boven ons vermogen, er aanmerkingen op te maken; zijne proeven zijn de schoonste, die de wetenschap bezit, en niemand heeft ze nog verbeterd.

Evenwel mogen wij ook aan

MARCHAND ¹

de eer niet ontzeggen, van eene even vernuftige als eenvoudige en doelmatige methode te hebben aan de hand gedaan, en tevens door schoone uitkomsten te hebben bevestigd; wat wij van REGNAULT zeiden, dat het beter was zwarigheden te vermijden dan haar te overwinnen, geldt niet minder van hem. Hij vermeed alle bronnen van fouten, door de groote ballons veroorzaakt, op eene afdoende wijze, — door geene ballons te gebruiken. Uit eene ruimte en bij eene drukking, welke voor alle gassen dezelfde was, werden zij geleid in eene absorberende zelfstandigheid, waarin zij gewogen en hunne gewigten onderling vergeleken werden. Den inhoud van de ruimte behoefde men voor de bepaling der soortelijke

¹ Erdm. Journ. 44, p. 38 (1848).

gewigten niet te kennen, en het waren slechts kleine toestellen, die men te wege had.

Om de gassen uit de eerstgenoemde ruimte in de condensatoren te brengen, verdreef hij door middel van een gas, wat in de condensatoren niet werd opgenomen. De ruimte, waarin zijne gassen besloten waren, was een glazen ballon, met een monteersel voorzien, waardoor twee glazen buizen gingen, waarvan de eene tot op den bodem van den ballon, de andere slechts tot onder het monteersel reikte. De eerste was met eene kraan met drie openingen voorzien, de andere met eene eenvoudige kraan. Met de zijdelingsche opening der eerste kraan correspondeerde eene U-vormige glazen buis, welke kwik bevatte en als manometer diende. Op deze buis was eene verdeling in strepen, en daarachter stond een spiegel, die insgelijks eene verdeling in strepen bevatte, wier lijnen in het midden tusschen de lijnen op de buis vielen. Aldus kon hij $\frac{1}{2}$ streep aflezen en $\frac{1}{10}$ streep schatten. Deze inrigting liet toe den druk van het gas naauwkeurig na te gaan. De ballon had bij den eenen toestel circa zes liters, bij den anderen drie liters inhoud. De wone kraan werd met eene luchtpomp verbonden; — de lucht uitgepompt, dan het te wege gas ingebracht door de drietakkige kraan, weder uitgepompt, en dit 4 à 5 maal herhaald. Dan werden de kranen gesloten, de ballon in een net gehangen en in eene houten kuip, met gaten in den bodem en door een deksel gesloten, waardoor de glazen buizen heenstaken, opgehangen. De tusschenruimte tusschen ballon en kuip werd met stukken smeltend ijs gevuld, ook het deksel daarmee bedekt. De kamer was maar weinig graden boven 0 warm. Na eenige uren, als het gas in den ballon eene constante temperatuur had kunnen aannemen, werd nog zooveel gas bijgeperst, dat de druk des manometers, met den gelijktijdig op den barometer waargenomenen en op 0^o gereduceerden te zamen, meer dan 0,765 m. bedroeg. Wanneer de afkoeling van het nieuwe gas in den ballon de spanning weder onder 0,765 m. deed dalen, werd op nieuw gas ingebracht, enz.; — beter was het, de drukking in den beginne op 0,770 m. te brengen, en door uitlaten van het gas, juist op 0,765 m., *den normalen druk bij alle proeven*, te brengen. Was de barometerstand zelf geringer dan 0,765 m. (en dit had bij alle proeven plaats), zoo werd er kwik in den manometer bijgegoten, totdat het kwik aan een *bepaald punt* gekomen

was en aldus de gassen *steeds ééne en dezelfde* ruimte innamen bij 0° en 0,765 m.

Nu werden de condensatoren met de eenvoudige kraan verbonden; zij waren niet naar het gewigt bepaald, maar zeer benaderend getareerd door gelijkvormige toestellen van hetzelfde glas, en door kleine stukjes gewigt gelijk gemaakt. Nu werd de manometer door eene halve omdraaijing van de drietakkige kraan gesloten en tevens een niet absorbeerbaar gas in den ballon geleid, welke het eerste verdrong. Dit kon men naar verkiezing voortzetten, totdat al het gas er uit gedreven was. Men woog nu de condensatoren met werkelijke gewigten, nadat men hen, zoo noodig, weder met dampkringslucht gevuld had, en vond zoo het gewigt van het gas, dat in het volumen van den ballon bevat was.

MARCHAND nam nu de zuurstof als eenheid aan, en deelde deze in de gewigten der overige gassen, waardoor hij hunne soortelijke gewigten vond. De

ZUURSTOF

werd geabsorbeerd door metallisch koper, bevat in eene glazen buis, zes palmen lang, 25 strepen wijd, ter weërszijden in lange einden uitgetrokken. De einden werden vóór de weging toegesmolten. De buis was met droog koolzuur gevuld, luchtledig gepompt, toegesmolten en gewogen. Zij was onder het doorvoeren van koolzuur gegloeid geworden, zoodat *geene bij het reduceren teruggeblevene* waterstof daaraan kon kleven, en er dus bij de absorptie van zuurstof *volstrekt geene watervorming* plaats had. Het voor de buis aangebragte buisje met zwavelzuur had tweemaal 1 milligram en eenmaal niets in gewigt toegenomen.

De zuurstof was bereid uit chloorzure potasch; zij werd door eene met boomwol gevulde buis onmiddellijk uit de retort geleid, daarna door eene lange U-vormige buis met potasch en eindelijk door twee dergelijke met puimsteen en zwavelzuur gevoerd. Nadat de ballon gevuld was, werd dit deel van den toestel vervangen door een' toestel tot ontwikkeling van koolzuur, hetwelk, uit Carrarisch marmor ontwikkeld, door eene oplossing van bicarbonas sodae geleid werd, dan, om alle zwavelwaterstof te verwijderen, door twee flesschen met opgelost zwavelzuur-zilveroxyde, dan door buisjes met

zwavelzuur. Het gas was voorts reeds zoo lang van te voren ontwikkeld, dat het door potaschloog geheel werd opgenomen.

Zie hier de opgave zijner proeven:

EERSTE REEKS.

Barometer op 0° gereduceerd....	0,75936 m.	0,75725 m.	0,76155 m.	0,76033 m.
Temperatuur van het vertrek....	2,6°	3,8°	1,6°	3,75°
Manometerdruk zonder reductie wegens de temperatuur.....	0,00565 m.	0,00775 m.	0,00345 m.	0,00465 m.
Drukking van het gas.....	765,01	765,00	765,00	764,98
Gewigtstoename der koper-buis..	8,505 gram.	8,510 gram.	8,511 gram.	8,508 gram.
Gemiddelde.....	8,5085 gram.			

TWEEDE REEKS met eenen ongeveer half zoo grooten ballon.

Barometer op 0° gereduceerd.....	758,10 mm.	757,23 mm.	758,21
Manometerdruk zonder reductie wegens de temperatuur.....	6,90	7,75	6,80
Drukking van het gas.....	765,00	764,98	765,01
Kamertemperatuur.....	4,25°	3,15°	3,25°
Gewigtstoename der koperbuis.....	3,956 gram.	3,949 gram.	3,952 gram.
Gemiddelde.....	3,9523		

MARCHAND nam nu 8,5085 als factor voor zijne volgende bepalingen met gassen in den grooten ballon, en 3,9523 voor den kleinen. Met de zuurstofbepalingen verbond hij steeds wegingen van het

KOOLZUUR.

Nadat de zuurstof uit den ballon door koolzuur geheel verdrongen was, werd het koolzuur door lucht uitgedreven en opgevangen in drie voor de lamp toegeblazen Woulfscbe fleschjes met potasch, aan welke eene Uvormige buis met stukken bijtende potasch verbonden was; aan deze sloot zich een buisje met zwavelzuur aan. Bij elke proef bevatteden de toestellen ongeveer 45 à 50 gram potasch in oplossing. Vóór elke proef werd het soortelijke gewigt der loog bepaald, na de proef wederom, en dan de weging op het luchtledige herleid.

EERSTE REEKS.

Kamertemperatuur.....	3,1°	4,2°	1,8°	2,05°
Barometerstand.....	758,75	757,50	762,05	760,21
Manometerdruk.....	6,25	7,50	3,00	4,75
	<u>765,00</u>	<u>765,00</u>	<u>765,05</u>	<u>764,96</u>
Gewigtstoename op 't luchtledige herleid..	11,765	11,768	11,761	11,761
Gemiddeld.....	11,7637.			

TWEEDE REEKS.

Kamertemperatuur.....	5,1°	3,75°	4,0°	PHOSPHOR- PROEF. 3, 5
Barometerstand.....	758,20	758,20	758,72	760,45
Manometerdruk.....	6,80	6,80	6,25	4,60
	<u>765,00</u>	<u>765,00</u>	<u>764,97</u>	<u>5,459</u>
Gemiddeld.....	5,4615.			

Dus hebben wij voor het soortelijk gewigt van koolzuur, dat van zuurstof = 1 zijnde:

$$\begin{array}{l} \text{EERSTE REEKS.} \\ \frac{11,7637}{8,5085} = 1,3825 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{TWEEDE REEKS.} \\ \frac{5,4615}{3,9523} = 1,3819 \end{array}$$

Dit moge genoeg zijn, om zijne methode te leeren kennen, welke hij mede op kooloxyde en zwaveligzuur toepaste. Voor de gassen, waarbij zij bruikbaar is, is zij voorzeker even gemakkelijk als zeker, en zijne getallen komen dan ook zeer nabij met die van REGNAULT overeen.

Eindelijk gewagen wij nog van VON WREEDE, die voor het soortelijke van koolzuur, dat van lucht = 1 zijnde, 1,5201 vond.

Alvorens wij nu tot de beschouwing van de soortelijke gewigtsbepalingen van dampen overgaan, willen wij nog eens de uitkomsten van vroegeren en lateren nevens elkander stellen, gelijk wij dit hier boven reeds voor de vroegeren deden; wij nemen hier weder beide lucht en zuurstof als eenheid aan.

VOOR LUCHT = 1.

PROEFNEMERS.	ZUURSTOF.	WATERSTOF.	STIKSTOF.	KOOLZUUR.	ZWAVELIGZUUR.
LAVOISIER.....	1,1020	0,0790	0,9650	1,5000	2,256
FOURCROY c. s..	1,0770	0,0877	.....	.....	.....
BIOT c. s.....	1,1036	0,0732	0,9691	1,5196	.....
DE SAUSSURE....	1,1056	.....	.....	1,5130	.....
DULONG c. s....	1,1026	0,0687	0,9760	1,5230	.....
BUFF.....	1,1060	.....	.....	1,5230	2,235
DUMAS c. s.....	1,1057	0,0693	0,9720	.....	.....
REGNAULT.....	1,1056	0,0693	0,9714	1,5291	.....

VOOR ZUURSTOF = 1.

PROEFNEMERS.	LUCHT.	WATERSTOF.	STIKSTOF.	KOOLZUUR.	ZWAVELIGZUUR.
LAVOISIER.....	0,9074	0,0698	0,8757	1,3609	2,0473
FOURCROY c. s..	.....	0,0814	.....	.....	.....
BIOT c. s.....	0,9061	0,0663	0,8781	1,3770	.....
DE SAUSSURE....	.....	.....	.....	1,3685	.....
DULONG c. s....	0,9069	0,0623	0,8852	1,3826	.....
BUFF.....	0,9424	.....	.....	1,3771	2,0202
DUMAS c. s.....	0,9044	0,0627	0,8791	.....	.....
REGNAULT.....	0,9045	0,0626	0,8786	1,3830	.....
MARCHAND.....	.....	.....	.....	1,3822	2,0323

DE OVERIGE GASSEN EN DE DAMPEN

werden door velen op velerlei wijzen gewogen, maar de zamengestelde wetten omtrent hunne uitzetting, waardoor hun gewigt niet met zooveel zekerheid tot grondslag voor de kennis der aequivalenten kon gelegd worden, waren oorzaak, dat de scheikundigen in den regel zich niet zoo veel daarom bekommerden, en de methoden in dezen van veel eenvoudiger aard gebleven zijn. Niettegenstaande dit zijn er toch in dezen eenige bepalingen gedaan, welke niet slechts als controle bij, — maar zelfs als grondslag van — de kennis der aequivalentgetallen konden dienen, en wij achten het daarom van belang, hieronder een overzicht te geven van hetgeen omtrent de gewigtigste anorganische verbindingen in dezen is verrigt. De acht eerste kolommen van de hier volgende tafel geven de uitkomsten van de bepalingen van verschillende scheikundigen, aangegeven in soortelijke gewigten voor lucht = 1. De negende kolom ¹ daarentegen geeft het soortelijke gewigt, berekend uit het aequivalentgewicht. Tot deze berekening dienen de drie volgende kolommen, n.l. de aequivalentgewigten zelve; — de formules voor de samenstelling der verbindingen; — eindelijk de verdigting. Het is bekend, dat bij eene zamengestelde veerkrachtige vloeistof de enkele volumina der samenstellende gassen tot een, twee, drie, of vier volumina verdigt zijn. Maar de formules zijn in de elfde kolom niet naar volumina maar naar aequivalenten aangegeven, zoodat H, N, Cl, Br, Jd enz. dubbele volumina beteekenen. Wil men dus b. v. uit het soortelijke gewigt van zuurstof ($O = 1,1056$) en uit dat van waterstof ($H = 0,0691$) de digtheid van den waterdamp berekenen, zoo verandere men de formule der aequivalenten, $H + O$, in die der volumina, $2 H + O$; wij tellen nu $2 + H = 0,1382$
en $O = 1,1056$ bij elkander op, en onze uitkomst. $1,2438$ zoude het soortelijke gewigt van waterdamp geven, wanneer zich de drie maten der samenstellende gassen tot *éne* maat water verdigten;

¹ Deze kolom en de drie volgende zijn ontleend uit MARCHAND'S chemische Tafeln 1847, aan welke over het algemeen de meest waarschijnlijke aequivalentgewigten grondslag liggen, en welke nog heden ten dage de beste opgaven verleen; WEBER'S tabellen geven niet altijd de nieuwste getallen; GMELIN'S nieuwe uitgave bevat dezelfde cijfers als die van 1843.

maar zij verdigten zich tot *twee* maten, en zoo wordt ons gevraagde soortelijke gewigt $\frac{1,2438}{2} = 0,2619$.

De dampen zijn natuurlijkerwijze bij eene verhoogde temperatuur in den toestel, waarin zij gemeten of gewogen zouden worden, gebragt, en om hunne digtheid bij 0° C op te geven (zooals in de naastvolgende tafel alle digtheden op 0° C en 0,76 m herleid zijn), moet men ter herleiding hunnen uitzettingscoëfficiënt voor de warmte kennen ¹. Daarvoor nu neemt men ondertusschen gewoonlijk dien van de lucht aan, omdat die der dampen niet naauwkeurig bekend is, en wij hebben hier reeds eene aanmerkelijke bron van fouten, welke nevens zoo vele anderen het onderzoek naar het soortelijke gewigt van dampen bezwaart.

¹ Bij de behandeling van de methode van GAY-LUSSAC geven wij de formules voor de herleidingen op; voor de verdere berekeningen verwijzen wij, behalve op de handboeken, hoofdzakelijk op POGGEND. bnd. 43. — Anweisung und Tafeln zur leichtern Berechnung des specifischen Gewichts von Dämpfen aus den Ergebnissen der Beobachtung.

OVERZICHT VAN DE SOORTELIJKE GEWIGTEN VAN GASSEN EN DAMPEN
 NAAR DE UITKOMSTEN VAN VERSCHILLENDE PROEFNEMERS EN NAAR DE BEREKENING.

	KIRWAN K. DALTON D.	DAVY H en J.	THOMSON.	ANDEREN UIT VROEGER TIJD.	GAY-LUSSAC	DUMAS.	MITSCHE- LICH.	ANDEREN UIT LATER TIJD.	VOLGENS BEREKE- NING.	AEQUIVA- LENTEN.	FORMU- LEN.	VERDIG- TING TOT	
Ammonia	0,600 K		0,593	0,597 BIOT en ARAGO					0,5873		N H ₃	4	Ammonia.
Antimoon									17,7838	1612,8	Sb	...	Antimoon.
Antimoonchloruur							7,800		8,1193		Sb Cl ₃	4	Antimoonchloruur.
Arseniek							10,650		10,3652	937,5	As	.....	Arseniek.
Arseniekchloruur						6,301			6,2646		As Cl ₃	4	Arseniekchloruur.
Arseniekjoduur							16,100		15,7427		As J ₃	4	Arseniekjoduur.
Arseniek waterstof		0,555 II		0,529 TROMMSDORF		2,695			2,6949		As H ₃	4	Arseniekwaterstof.
Arsenigzuur							13,850		13,6820		As O ₃	1	Arsenigzuur.
Bismuth									9,7791	2660,8	Bi	.....	Bismuth.
Bismuthchloride								11,160 JACQUELAIN	11,4170		Bi Cl ₃	3	Bismuthchloride.
Boor									1,5993	136,2	Bo	.....	Boor.
Boorchloride						3,942			4,0731		Bo Cl ₃	4	Boorchloride.
Boorfluoride		2,371 J	2,369			2,312			2,3331		Bo Fl ₃	4	Boorfluoride.
Broom							5,540		5,5281	1000,0	Br	.....	Broom.
Broomphosphorwaterstof ..								1,906 BINEAU	2,0269		Br H, P H ₃	3	Broomphosphorwat.st.
Chloor		2,395 II	2,500	2,340 DESPRETZ		2,470			2,4489	443,3	Cl	.....	Chloor.
Chloorwaterstof	{ 1,930 K 1,230 D }		1,284	{ 1,247 BIOT en ARAGO 1,430 BRISSON }		1,275			1,2590		Cl H	4	Chloorwaterstof.
Cyaan			1,804			1,806			1,7966		C ₂ N	2	Cyaan.
Cyaanwaterstof						0,946			0,9328		C ₂ N H	4	Cyaanwaterstof.
Fluoor						1,275			1,2889	235,4	Fl	.....	Fluoor
Jood						4,346			8,716		Jd	.....	Jood.
Joodwaterstof			4,376						8,7676	1586,0	Jd	.....	Jood.
Kiezel									4,3883		Jd H	4	Joodwaterstof.
Kiezelchloride						5,939			1,9629	177,9	Si	.....	Kiezel.
Kiezelfluoride	4,170 D	3,573 J	2,990			3,600			5,8792		Si Cl ₂	1	Kiezelchloride.
Koolstof									3,5592		Si Fl ₂	1	Kiezelfluoride.
Koolhyperchloride									0,8292	75,0	C	.....	Koolstof.
Kooloxyde	0,940 D			{ 0,957 CRUICKHANCKS 0,941 CLÉMENT en DESORMES }		2,643		5,300 REGNAULT	5,3124		C ₂ Cl ₄	4	Koolhyperchloride.
Koolsulphide								{ 0,968 V. WREEDÉ 0,968 MARCHAND }	0,9674		CO	.....	Kooloxyde.
Koolwaterstof (ligt)	0,600 D	0,491 H	0,555	{ 0,677 CRUICKHANCKS 0,556 HENRY }				2,648 MARCHAND	2,6258		C S ₂	2	Koolsulphide.
									0,5528		C H ₂	2	Koolwaterstof.

OVERZIGT VAN DE SOORTELIJKE GEWIGTEN VAN GASSEN EN DAMPEN
 NAAR DE UITKOMSTEN VAN VERSCHILLENDE PROEFNEMERS EN NAAR DE BEREKENING.

	KIRWAN K. DALTON D.	DAVY H en J.	THOMSON.	ANDEREN UIT VROEGER TIJD.	GAY-LUSSAC.	DUMAS.	MITSCHE- LICH.	ANDEREN UIT LATER TIJD.	VOLGENS BEREKE- NING.	AEQUIVA- LENTEN.	FORMU- LEN.	VERDIG- TING TOT	
Ammonia	0,600 K		0,593	0,597 BIOT en ARAGO					0,5873		N H ₃	4	Ammonia.
Antimoon									17,7838	1612,8	Sb	...	Antimoon.
Antimoonchloruur							7,800		8,1193		Sb Cl ₃	4	Antimoonchloruur.
Arseniek							10,650		10,3652	937,5	As	.....	Arseniek.
Arseniekchloruur						6,301			6,2646		As Cl ₃	4	Arseniekchloruur.
Arseniekjoduur							16,100		15,7427		As J ₃	4	Arseniekjoduur.
Arseniek waterstof		0,555 H		0,529 TROMMSDORF		2,095			2,6949		As H ₃	4	Arseniekwaterstof.
Arsenigzuur							13,850		13,6820		As O ₃	1	Arsenigzuur.
Bismuth									9,7791	2660,8	Bi	.....	Bismuth.
Bismuthchloride								11,160 JACQUELAIN	11,4170		Bi Cl ₃	3	Bismuthchloride.
Boor									1,5993	136,2	Bo	.....	Boor.
Boorchloride						3,942			4,0731		Bo Cl ₃	4	Boorchloride.
Boorfluoride		2,371 J	2,369			2,312			2,3331		Bo Fl ₃	4	Boorfluoride.
Broom							5,540		5,5281	1000,0	Br	.....	Broom.
Broomphosphorwaterstof ..								1,906 BINEAU	2,0269		Br H, P H ₃	3	Broomphosphorwat.st.
Chloor		2,395 H	2,500	2,340 DESPRETZ	2,270				2,4489	443,3	Cl	.....	Chloor.
Chloorwaterstof	{ 1,930 K 1,230 D }		1,284	{ 1,247 BIOT en ARAGO 1,430 BRISSON }	1,275				1,2590		Cl H	4	Chloorwaterstof.
Cyaan			1,804		1,800				1,7966		C ₂ N	2	Cyaan.
Cyaanwaterstof					0,945				0,9328		C ₂ N H	4	Cyaanwaterstof.
Fluor					1,277				1,2889	235,4	Fl	.....	Fluor
Jood					4,847				8,716		Jd	.....	Jood.
Joodwaterstof			4,376						8,7676	1586,0	Jd H	4	Joodwaterstof.
Kiezel									4,3883		Jd H	4	Joodwaterstof.
Kiezelchloride						5,939			1,9629	177,9	Si	.....	Kiezel.
Kiezelfluoride	4,170 D	3,573 J	2,990		3,600				5,8792		Si Cl ₂	1	Kiezelchloride.
Koolstof									3,5592		Si Fl ₂	1	Kiezelfluoride.
Koolhyperchloride									0,8292	75,0	C	.....	Koolstof.
Kooloxyde	0,940 D			{ 0,957 CRUICKHANCES 0,941 CLÉMENT en DESORMES }	2,045			5,300 REGNAULT	5,3124		C ₂ Cl ₄	4	Koolhyperchloride.
Koolsulphide									0,9674		CO	.....	Kooloxyde.
Koolwaterstof (ligt)	0,600 D	0,491 H	0,555	{ 0,677 CRUICKHANCES 0,556 HENRY }				2,648 MARCHAND	2,6258		C S ₂	2	Koolsulphide.
									0,5528		C H ₂	2	Koolwaterstof.

	KIRWAN K DALTON D.	DAVY H en J.	THOMSON.	ANDEREN UIT VROEGER TIJD.	GAY-LUSSAC SAC C.
Koolwaterstof (zwaar).....			0,971	{ 0,909 DEIMANN 0,967 HENRY 0,985 DE SAUSSURE }	
Koolzuur.....	Zie vroegere tabellen.				
Kwik.....					
Kwikbromide.....					
Kwikchloride.....					
Kwikjodide.....					
Kwicksulphide.....					
Phosphorus.....					
Phosphorchloride.....					
Phosphorwaterstof.....					
Seleen.....					
Selenigzuur.....					
Stikstof.....	Zie vroegere tabellen.				
Stikstofoxyde.....	1,614 H		1,041	1,039 BÉRARD	
Stikstofoxydule.....			1,527	1,5204 COLIN	
Telluur.....					
Telluurwaterstof.....					
Tin.....					
Tinchloride.....					
Titaan.....					
Titaanchloride.....					
Water.....				{ 0,625 DESPRETZ 0,690 TRALLES }	0,625
Waterstof... } Zuurstof... }	Zie vroegere tabellen.				
Zwavel.....					
Zwavelchloruur.....					
Zwaveligzuur.....	2,265 K	2,416 H	2,222	{ 2,234 THÉNARD 2,247 BERZELIUS }	2,120
Zwavelzuur.....					
Zwavelzuur 1 ^e . hydraat....					
Zwavelwaterstof.....	1,106 K	1,197 H	1,179	1,236 THÉNARD	1,191

DUMAS.	MITSCHE- LICH.	ANDEREN UIT LATER TIJD.	VOLGENS BEREKE- NING.	AEQUIVA- LENTEN.	FORMU- LEN.	VERDIG- TING TOT	
			0,9674	.....	C ₄ H ₄	4	Koolwaterstof (zwaar).
6,976		1,520 V. WREEDE	1,5202	.....	CO ₂	2	Koolzuur.
	7,030		6,9100	1250,0	Hg	.....	Kwik.
	12,160		12,4381	.....	Hg Br	2	Kwikbromide.
	9,800		9,3589	.....	Hg Cl	2	Kwikchloride.
	16,200		15,6776	.....	Hg Jd	2	Kwikjodide.
4,350	5,950		5,3437	.....	Hg S	3	Kwicksulphide.
4,875	4,580		4,4225	400,0	P	.....	Phosphorus.
	4,850		4,8186	.....	P Cl ₅	6	Phosphorchloride.
		1,147 H. ROSE	1,2090	.....	PH ₃	4	Phosphorwaterstof.
			5,4533	495,3	Se	.....	Seleen.
	4,030		3,8322	.....	Se O ₂	2	Selenigzuur.
		0,971 REGNAULT	0,9670	175,0	N	.....	Stikstof.
			1,0365	.....	NO ₂	4	Stikstofoxyde.
			1,5202	.....	NO	2	Stikstofoxydule.
			8,8450	801,8	Te	.....	Telluur.
		4,490 BINEAU	5,1135	.....	Te H ₃	2	Telluurwaterstof.
9,200			8,1073	735,3	Sn	.....	Tin.
			8,9514	.....	Sn Cl ₂	2	Tinchloride.
6,836			3,3484	301,6	Ti	.....	Titaan.
			6,5720	.....	Ti Cl ₂	2	Titaanchloride.
			0,6219	.....	HO	2	Water.
		0,0693 REGNAULT	0,0691	12,5	H	.....	Waterstof.
6,551		1,1056 "	1,1056	100,0	O	.....	Zuurstof.
	6,900		6,6337	200,0	S	.....	Zwavel.
		4,770 MARCHAND	4,6601	.....	S ₂ Cl	2	Zwavelchloruur.
			2,2112	.....	S O ₂	2	Zwaveligzuur.
	3,010		2,7641	.....	S O ₃	2	Zwavelzuur.
		2,280 BINEAU	2,2583	.....	SO ₃ HO	3	Zwavelzuur, 1 ^e . hydr.
			1,1741	.....	S H	2	Zwavelwaterstof.

	KIRWAN K DALTON D.	DAVY H en J.	THOMSON.	ANDEREN UIT VROEGER TIJD.	GAY-LUSSAC
Koolwaterstof (zwaar).....			0,971	{ 0,909 DEIMANN 0,967 HENRY 0,985 DE SAUSSURE }	
Koolzuur.....Zie vroegere tabellen.					
Kwik.....					
Kwikbromide.....					
Kwikchloride.....					
Kwikjodide.....					
Kwiksulphide.....					
Phosphorus.....					
Phosphorchloride.....					
Phosphorwaterstof.....					
Seleen.....					
Selenigzuur.....					
Stikstof.....Zie vroegere tabellen.					
Stikstofoxyde.....	1,614 H		1,041	1,039 BÉRARD	
Stikstofoxydule.....			1,527	1,5204 COLIN	
Telluur.....					
Telluurwaterstof.....					
Tin.....					
Tinchloride.....					
Titaan.....					
Titaanchloride.....					
Water.....				{ 0,625 DESPRETZ 0,690 TRALLES }	0,625
Waterstof... } Zuurstof... }	Zie vroegere tabellen.				
Zwavel.....					
Zwavelchloruur.....					
Zwaveligzuur.....	2,265 K	2,416 H	2,222	{ 2,234 THÉNARD 2,247 BERZELIUS }	2,120
Zwavelzuur.....					
Zwavelzuur 1 ^e . hydraat....					
Zwavelwaterstof.....	1,106 K	1,197 H	1,179	1,236 THÉNARD	1,191

DUMAS.	MITSCHE- LICH.	ANDEREN UIT LATER TIJD.	VOLGENS BEREKE- NING.	AEQUIVA- LENTEN.	FORMU- LEN.	VERDIG- TING TOT	
			0,9674	.....	C ₄ H ₄	4	Koolwaterstof (zwaar).
6,976		1,520 V. WREEDE	1,5202	.....	CO ₂	2	Koolzuur.
	7,030		6,9100	1250,0	Hg	.....	Kwik.
	12,160		12,4381	.....	Hg Br	2	Kwikbromide.
	9,800		9,3589	.....	Hg Cl	2	Kwikchloride.
	16,200		15,6776	.....	Hg Jd	2	Kwikjodide.
4,350	5,950		5,3437	.....	Hg S	3	Kwiksulphide.
4,875	4,580		4,4225	400,0	P	.....	Phosphorus.
	4,850		4,8186	.....	P Cl ₅	6	Phosphorchloride.
		1,147 H. ROSE	1,2090	.....	PH ₃	4	Phosphorwaterstof.
			5,4533	495,3	Se	.....	Seleen.
	4,030		3,8322	.....	Se O ₂	2	Selenigzuur.
		0,971 REGNAULT	0,9670	175,0	N	.....	Stikstof.
			1,0365	.....	NO ₂	4	Stikstofoxyde.
			1,5202	.....	NO	2	Stikstofoxydule.
			8,8450	801,8	Te	.....	Telluur.
		4,490 BINEAU	5,1135	.....	Te H ₃	2	Telluurwaterstof.
9,200			8,1073	735,3	Sn	.....	Tin.
			8,9514	.....	Sn Cl ₂	2	Tinchloride.
6,836			3,3484	301,6	Ti	.....	Titaan.
			6,5720	.....	Ti Cl ₂	2	Titaanchloride.
			0,6219	.....	HO	2	Water.
		0,0693 REGNAULT	0,0691	12,5	H	.....	Waterstof.
6,551		1,1056 "	1,1056	100,0	O	.....	Zuurstof.
	6,900		6,6337	200,0	S	.....	Zwavel.
		4,770 MARCHAND	4,6601	.....	S ₂ Cl	2	Zwavelchloruur.
			2,2112	.....	S O ₂	2	Zwaveligzuur.
	3,010		2,7641	.....	S O ₃	2	Zwavelzuur.
		2,280 BINEAU	2,2583	.....	SO ₃ HO	3	Zwavelzuur, 1 ^e . hydr.
			1,1741	.....	S H	2	Zwavelwaterstof.

LITERATUUR.

- KIRWAN — Essay on Phlogiston 1787.
- DALTON, DAVY, THOMSON, HENRY — Philos. Transact.; Ann. of Philos.; Bibliothèque Britannique; Schweigger.
- CRUICKHANCKS. GILBERT 9, pag. 116.
- BIOT en ARAGO — Mémoires de l'Institut 1807.
- GAY-LUSSAC et THÉNAED — Recherches physico-chimiques, tome II, a° 1811.
- GAY-LUSSAC — Ann. de Chim. et Phys., 2^e série, tome 1, 2, a° 1816.
- COLIN — Ann. de Chim. et Phys., 2^e série, tom. 1, a° 1816.
- BÉRARD — Ann. de Chim. et Phys., 2^e série, tome 1, a° 1816.
- BERZELIUS — Schweigger, bd. 23, pag. 117, a° 1818.
- DUMAS — { Ann. de Chim. et Phys., 2^e série, tome 33, 50, a° 1826, 1832.
in POGGENDORFF, bd. 9, hetzelfde.
- MITSCHERLICH — Pogg., bd. 29, a° 1835.
- BINEAU — { Ann. de Chim. et Phys., 2^e série, 68, a° 1838.
Erdmann's Journ., bd. 33, a° 1844.
- REGNAULT — Ann. de Chim. et Phys., 2^e série, tome 69—71, 3^e série, tome 14, a° 1845.
- MARCHAND — Erdmann's Journ., bd. 44, a° 1848.

Wij vinden in de bovenstaande tafel eene zoo groote menigte van scheikundigen, welke zich met de soortelijke gewigtsbepalingen van gassen en dampen hebben bezig gehouden, dat eene afzonderlijke behandeling van hen ons verre buiten ons bestek en van ons doel zoude brengen. De behandelde *gassen* zijn evenwel of naar de in het voorgaande gedeelte van dit hoofdstuk aangegeven methoden bepaald, of naar andere minder belangrijke; of wel men is bij hen eene van de twee wijzen gevolgd, die wij nader zullen beschrijven, en welke voornamelijk met het oog op de *dampen* zijn tot stand gebragt.

De eerste methode, welke wij zullen beschouwen, is die van **GAY-LUSSAC**. Hij nam glazen bolletjes *b* (fig. 1 van het 2^{de} stuk van de 4^{de} plaat), welke eerst met lucht en daarna met de vloeistof gewogen werden, wier damp hij wegen wilde. Als zij met de vloeistof gevuld waren, werden zij voor de lamp digt geblazen en daarna gebragt in de verdeelde buis B, welke, nog tot boven toe met kwik gevuld, op den kwikbak K stond; zij stegen dan tot aan den top van de buis op. Nu werd om de buis een glazen cylinder G geplaatst, welke met water gevuld werd; daarop werd er vuur in het fornuis O gebragt. Het water, het kwik en de vloeistof in het bolletje *b* werden warm, en eindelijk sprong het bolletje, en de

damp vervulde het bovenste gedeelte van de buis B. Men ging voort met verwarmen, totdat het water kookte; het water bleef eenigen tijd koken; nu werd de barometerstand afgelezen en met behulp van de verdeelde staaf *s* naauwkeurig de hoogte van de kwikkolom in de buis B bepaald. Uit den barometerstand kende men de temperatuur van het kokende water en van den damp in de buis. Het verschil tusschen de hoogte van het kwik in den barometer en in de buis B gaf de drukking aan, onder welke de damp verkeerde; men kende vervolgens uit de verdeeling op de buis het volumen van het gas, en had dus alle gegevens, om de digtheid van den damp te berekenen, nl. zijn gewigt, zijn volumen, zijne drukking en zijne temperatuur. De bolletjes mochten evenwel niet te veel vocht bevatten, anders zoude slechts een gedeelte van het vocht verdampen. Men kon zich evenwel van de geheele verdamping vergewissen, door uit de wetten van DALTON te berekenen, of het volumen, hetwelk de damp innam, al dan niet overeenkwam met zijn maximum van digtheid bij de temperatuur van kokend water. Alleen in het eerste geval bestond er gevaar, dat niet alle vloeistof verdampt was.

Wat de herleiding van het volumen van den damp tot de temperatuur van 0° C en de drukking van 0,76 betreft, zoo hebben wij daartoe de volgende factoren noodig:

1^o. is de temperatuur *T* van kokend water afhankelijk van den barometerstand *h*, zoodat

$$T = \frac{h}{0,76} 100;$$

2^o. wordt het volumen van den damp niet uitgedrukt door het volumen (*V*), dat men op de verdeeling van de buis afleest; het glas heeft zich uitgezet, en wanneer *T* de temperatuur van het kokende water is, en *a* de kubieke uitzetting van het glas, zoo is het ware volumen van den damp:

$$V \times (1 + aT);$$

3^o. is de damp onder de drukking *h—p*, wanneer *h* de barometerstand en *p* de hoogte van het kwik in de verdeelde buis B is. Op de drukking van 0,76 m. herleid, wordt zijn volumen:

$$V \times (1 + aT) \frac{h-p}{0,76}$$

4°. Om nu het volumen tot de temperatuur van 0° te herleiden, moeten wij de uitzetting in rekening brengen; zij α de coëfficiënt van uitzetting voor elken graad, zoo hebben wij:

Dampvolumen bij 0° en 0,76 m. = $V \times (1 + \alpha T) \left(\frac{h - p}{0,76} \right) \left(\frac{1}{1 + \alpha T} \right)$,
 waarin wij nu de waarde van $T = \frac{h}{0,76} 100$ nog moeten substituëren.

Deelt men dit volumen door het, uit het wegen van het bolletje met vloeistof, gevonden gewigt van den damp, zoo verkrijgt men zijne *digtheid* bij 0° en 0,76 m., welke dan, door de *digtheid* van de lucht gedeeld, zijn soortelijk gewigt geeft.

Hocwiel de methode van GAY-LUSSAC hare nadeelen heeft door de velerlei herleidingen en het minder zekere van het *meten*, in vergelijking met het *wegen*, zoo is zij toch in vele gevallen met goed gevolg gebruikt. Thans is zij grootendeels verdrongen door de

METHODE VAN DUMAS,

welke veel eenvoudiger en zekerder is, en daarenboven toelaat, ook dampen, die kwik aantasten, te wegen.

Een ballon van bekenden inhoud werd met damp gevuld onder de drukking der dampkringslucht en bij eene bepaalde temperatuur, hooger dan het kookpunt der verdampte stoffen. Om dit te bereiken, werd een ballon met uitgetrokken hals, met een' overvloed van het druipend vloeibare of vaste ligchaam, gevuld. Deze ballon werd langzamerhand verwarmd tot 40° C boven het kookpunt der zelfstandigheid, waarmede zij gevuld was; wanneer niets dan damp in den ballon was overgebleven, werd het bad, waarin hij verwarmd werd, eenigen tijd op dezelfde temperatuur gehouden, vervolgens werden de temperatuur van het bad en de barometerstand nauwkeurig afgelezen, en met de blaasbuis de punt van den ballon digt geblazen. De verwarming geschiedde (zie plaat 4, 2^e, gedeelte, fig. 2, 3, 4) in een bad van zwavelzuur, water, of ligt smeltbaar alliage van d'Arcét. — De inrigting voor het *bad van sterk zwavelzuur*, geschikt voor temperaturen van 150° C tot 200° C, was aldus: de ballon was geplaatst in een bekerglas R R, met sterk zwavelzuur gevuld, welk bekerglas in een zandbad S S rustte, dat door een fornuis verwarmd werd. De ballon werd naar beneden gehouden en tevens tegen den invloed van het zwavelzuur beveiligd door

een looden gewigt P, van onderen aangebragt, hetwelk daaraan was vastgehecht door middel van een looden plaat L L, welke den geheelen ballon omgaf en aan den hals met een looden band of een platinadraad was vastgehouden. Een looden deksel I I op het be-kerglas had drie openingen, twee om thermometers, een om de punt van den ballon door te laten. Om die punt lagen gedurende de verwarming eenige gloeiende kolen, om de verdigting van den damp aldaar te beletten. Bij deze inrigting moest de verwarming langzaam geschieden, ten minste zoodra de temperatuur tot het kookpunt der zelfstandigheid naderde, opdat niet eensklaps een te sterke stroom van damp zich zoude ontwikkelen.

De inrigting voor het *bad van water of verdund zwavelzuur*, geschikt voor temperaturen beneden 150° C, was gemakkelijker in het gebruik dan de voorgaande. Op een ijzeren bakje O O, met kwik M M gevuld, werd een glazen klok E E zonder bodem geplaatst. Die klok werd met water of verdund zwavelzuur gevuld, hetwelk door het kwik rondom de klok in evenwigt werd gehouden. Het bakje met kwik, dat onmiddellijk op het fornuis stond, diende dus tevens tot bad en tot bodem. Binnen de klok E E was de ballon geplaatst; hij werd door een glaasje met kwik M' omlaag gehouden, en daar de ballon tegen het verdunde zwavelzuur niet behoefde beveiligd te worden, was dit kwikglaasje M' slechts door eenige looden reepjes aan den ballon vastgehecht. Bij deze inrigting kon men dus het inwendige van den ballon zien, en tevens geschiedde de verwarming hier veel sneller dan bij den voorgaanden toestel, daar er in plaats van een zandbad een kwikbad gebruikt werd. Maar zij was niet geschikt voor temperaturen boven 150° C, daar men dan zooveel zwavelzuur bij het water zoude moeten voegen, dat het kwik aangetast zoude worden, terwijl het kwik, sterker verwarmd dan het zure water, langs de vrije oppervlakte O O gevaarlijke dampen zoude verspreiden.

Voor het *bad van ligt smeltbaar alliage* was de ballon met een omgebogen hals voorzien. Hij rustte in een ijzeren bak, waarin hij omlaag gehouden werd door eene Uvormig gebogen ijzeren staaf a a, waaraan in den ondersten tak een cirkeltje en staaffes van ijzerdraad bevestigd waren, welke den ballon vasthielden. Deze ijzeren staaf was aan de hengsels van den bak met ijzerdraad vastgehecht. De ijzeren bak, op een fornuis geplaatst, werd met stukjes alliage

voorzien, en tot het smeltpunt van het alliage verwarmd; alsdan werd nog eenig gesmolten alliage voorzigtig bijgegoten, en de temperatuur verder verhoogd. Wanneer de krachtige, tot vier voet hooge dampkolom, die sissend uit den ballon ontweek, tot een gering dampzuiltje verminderd was, en het gesis ophield, werd de punt van den ballon digt geblazen. — Glazen buizen met nauwe halzen, met lucht gevuld, hingen in het alliage en dienden tot thermometers. Op het oogenblik, dat de ballon gesloten werd, werden ook zij digt geblazen. De punt werd nu bij 0° onder kwik afgebroken, en het volumen der daarin overgebleven lucht bepaald. Was V het geheele volumen van den thermometer, v het volumen van de daarin overgebleven lucht, zoo was de temperatuur voor den ouden uitzettingscoëfficiënt der lucht:

$$t = \frac{\frac{V}{v} - 1}{0,00375}.$$

Maar het volumen V moest nog gewijzigd worden wegens de uitzetting van het glas en werd dan V'' ; zoodat dan de juiste temperatuur werd:

$$t' = \frac{\frac{V''}{v} - 1}{0,00375}.$$

Bij de afkoeling van den toestel werd zorg gedragen, dat het alliage, alvorens het vast werd, uit den bak werd uitgegoten. Het dunne huidje van alliage, wat daarna nog den ballon bedekte, bewaarde hem voor snelle afkoeling en springen. Het werd daarna voorzigtig weggekrabt, terwijl de laatste sporen door kwik werden opgelost en verwijderd.

Dit waren dan de drie verschillende methoden van verwarming van den ballon. Nadat de ballon, met damp gevuld, was digt geblazen, werd hij 1° . na behoorlijke afkoeling gewogen. Men kende hieruit het gewigt P' van den (luchtledigen) ballon, vermeerderd met het gewigt van de zelfstandigheid, wier damp bij de afgelezen temperatuur met de dampkringslucht in evenwigt was. Maar om nu te bepalen, of er soms nog lucht was overgebleven, werd de punt van den ballon onder water of kwik afgebroken, de lucht gemeten en in rekening gebracht. Daarna 2° . werd de ballon met water ge-

vuld gewogen; eindelijk 3^o. werd het gewigt van den ballon, met lucht gevuld, bepaald.

Uit 2^o. en 3^o. kon men het gewigt van de lucht in den ballon (dus den inhoud van den ballon), alsmede het gewigt van den luchtledigen ballon zelven vinden.

Zij P het gewigt van den ballon, met water gevuld, x het gewigt van het water, y het gewigt van den ballon, zoo is

$$P = x + y.$$

Zij verder p het gewigt van den ballon, met lucht gevuld; zij δ het soortelijke gewigt van lucht, dat van water = 1 gesteld zijnde; zoo is het gewigt van de lucht in den ballon = δx , en het gewigt van ballon en lucht te zamen wordt:

$$p = \delta x + y.$$

Uit bovenstaande vergelijkingen vinden wij:

$$\text{gewicht van het water } x = \frac{P - p}{1 - \delta};$$

$$\text{gewicht van den ballon } y = \frac{p - \delta P}{1 - \delta}.$$

Men kende dus door x den inhoud van den ballon, en y gaf zijn gewigt; alzoo kon men uit de eerste weging het gewigt van den damp alleen, die bij de kookhitte met den dampkring in evenwigt was, vinden, zijnde

$$P - y.$$

Uit het volumen van dien damp (= x) en na herleiding voor temperatuur en drukking kende men dus zijne digtheid bij 0^o en 0,76 m.

Om de wijze van arbeiden van DUMAS te leeren kennen, willen wij hier een paar van zijne bepalingen aanvoeren; vooreerst nemen wij die van den jodiumdamp, dien hij niet in het werk stelde om GAY-LUSSAC te verbeteren, maar slechts om *zijn eigen methode te toetsen*.

Jodium, overgehaald over chloorcalcium, schoone kristallen van 8 à 10 lijnen lang, werd tot 185^o verwarmd in het bad van sterk zwavelzuur. De ballon werd door potasch gereinigd, alvorens hij met gedestilleerd water gewogen werd; vervolgens onder de luchtpomp, na verwarmd te zijn, gedroogd, alvorens hij met drooge lucht gewogen werd.

		TEMPERA- TUUR.	BAROMETER- STAND.
Gewigt van den ballon met drooge lucht.....	107,532 gram.	24° C	0,757 m.
Gewigt van den ballon met jodiumdamp en lucht.	110,025 "	185° C	0,755 "
Gewigt der ingenengde lucht.....	0,066 "	22° C	0,757 "
Gewigt van den ballon met water.....	664,550 "	22° C	
<hr/>			
Gewigt van een liter jodiumdamp.....	11,323 "	0° C	0,760 "
digtheid van den jodiumdamp.....	8,716.		

Beschouwen wij thans nog zijne proeven omtrent den *kwikdamp*. Zuiver kwik werd in het bad van alliage zeer langzaam verwarmd; nochtans ontstond er bij het kookken zulk een vreeselijk gesis en eene zoo verbazende dampontwikkeling, dat DUMAS niet anders dacht, of eene geweldige ontploffing zoude een einde maken — aan de proef. Maar alles liep goed af; bij het sluiten van den ballon teekenden de luchtthermometers 444° C en 448° C. De inhoud van den ballon bij 0° was

0,235186 liters;

het gewigt van den kwikdamp was

0,812 gram. bij 446° C en 0,765 m.

In den ballon waren eenige korreltjes rood kwikoxyde voorhanden. Daarom werd niet het gewigt van kwik en kwikoxyde, = 0,820 gram, bij de berekening opgenomen, maar dat van het kwikbolletje alleen, buiten den ballon gewogen en 0,812 gram bedragende. Lucht was er niet merkbaar in teruggebleven.

Het gewigt van een liter kwik vond DUMAS diensvolgens

9,0625 gram.

en het soortelijke gewigt van kwikdamp

6,9760.

Deze bepalingen, met zorg volvoerd, sluiten zich, — voor zoover men dit van eene bij den analytischen weg verre achterstaande methode kan verwachten, — vrij goed aan de uit de aequivalenten berekende soortelijke gewigten aan.

In de methode van DUMAS zijn door MITSCHERLICH en anderen slechts kleine wijzigingen aangebragt, welke wij hier niet nader zullen behandelen, terwijl wij verdere bijzonderheden aan de toepassing der soortelijke gewigten op elk aequivalent in het bijzonder overlaten, en ons thans tot de behandeling van de aequivalentgewigten van zuurstof, waterstof, koolzuur en stikstof wenden.

AEQUIVALENT-GEWIGTEN

VAN

ZUURSTOF EN WATERSTOF.

Daar in de tafelen der equivalenten alom hetzij de zuurstof hetzij de waterstof tot eenheid worden aangenomen, zoo verdienen zij het eerst behandeld te worden. Aangezien steeds uit de analyse of de synthese van *water* de equivalentgewigten van zuurstof te zamen zijn bepaald, zoo moeten wij hen ook hier vereenigen. Daar wij nu de aanname, om het equivalentgewicht van de zuurstof = 100 te stellen, zullen volgen, zullen wij daarop niet meer terugkomen, tenzij daarvoor een ander cijfer worde gebruikt.

De ontdekking nu der zamenstelling van het water ging al dadelijk gepaard met de opgave van de verhouding zijner bestanddeelen, weshalve het niet onbelangrijk is, deze ontdekking wat van naderbij te beschouwen. De zuurstof en de waterstof waren reeds bekend. HOOKE ¹, MAYOW ² en WILLIS ³ hadden in de lucht eene stof ontdekt, zonder dat zij deze echter zuiver konden afscheiden, welke bij de salpetervorming in het spel was, aan den salpeter zijne dephlogistiserende (oxyderende) werking gaf, en zelve die werking uitoefende: daarom noemde hem MAYOW *spiritus nitro-aëreus*. Door de lateren werd deze werking weder als eene aan de geheele lucht toekomende beschouwd, en eerst PRIESTLEY ontdekte in 1774 de zuurstof, en scheidde haar af. — De *waterstof*

¹ Micrographia a^o 1665.

² De sale Nitro et Spiritu nitro aëreo a^o 1668.

³ Exercitatio de sanguinis incalescentia a^o 1671.

was reeds aan PARACELTUS bekend, welke bij de oplossing van ijzer in verdunde vitrioololie eene gasontwikkeling waarnam: — “lucht verheft zich en breekt uit als een wind.” — De eigenschappen van dat gas, zijne brandbaarheid en ontplofbaarheid werden door LEMERY a° 1700 gevonden, en sinds noemde men het *brandbare lucht*.

Dat er evenwel bij het verbranden der brandbare lucht *waterdamp* gezien werd, namen eerst in 1776 MACQUER en DE LA MÉTHÉRIE waar, terwijl WARTIRLE hetzelfde vond, en over dit verschijnsel in 1781 aan PRIESTLEY schreef. Deze brief werd openbaar gemaakt, en hierdoor werd de aandacht van CAVENDISH op dit onderwerp gevestigd. CAVENDISH nu ging verder in de ontdekking, en overtuigde zich in Julij 1781 ¹, dat die waargenomen waterdamp bij de verbranding van het gas in lucht of in zuurstof *als verbrandingsproduct* ontstond. CAVENDISH schreef hierover aan WATT, welke in April 1783 antwoordde, dat het gevormde water *even veel woog* als de verbruikte waterstof en zuurstof te zamen. CAVENDISH zette nu in dezen zin zijn onderzoek voort, en maakte in 1784 zijne proeven omtrent de samenstelling van het water bekend.

Ondertusschen was LAVOISIER reeds in 1781 bezig geweest, om naar de verbrandingsproducten van de brandbare lucht te zoeken, maar daar hij niet in het minst op het denkbeeld kwam, dat daarbij water zoude kunnen ontstaan, had hij zijn onderzoek opgegeven. Toen echter BLAGDEN in 1783 van Londen naar Parijs kwam, en aan LAVOISIER en eenige andere geleerden de proeven van WATT en CAVENDISH mededeelde, betwijfelden *allen*, of het ontstane water wel even veel wegen zoude als de verdwenen gassen, en meenden veeleer, dat het de in de gassen ingemengde vochtigheid zoude zijn. Zij verzochten toen LAVOISIER om deze zaak te onderzoeken, en deze had zich nu al spoedig tot ontdekker der samenstelling van het water verklaard, en maakte slechts in zoo verre melding van de anderen, door te zeggen dat hij, met deze ontdekkingen bezig zijnde, van BLAGDEN iets omtrent de proeven der Engelschen vernomen had.

¹ Zie het Dagboek van CAVENDISH, medegedeeld achter het Adres to the British Association 1839 of Mr. HARCOURT.

Dat hij hierin der waarheid te kort deed, behoeft niet verder aangetoond te worden; maar hij had de groote verdienste, de denkbeelden in de antiphlogistische uitdrukkingen te vertolken en tot klaarheid te brengen¹, de samenstelling van het water zoowel synthetisch als analytisch na te gaan, en dit feit algemeen op de scheikunde toe te passen.

Er werden nu door velen proeven in het werk gesteld omtrent de samenstelling van het water in *maten*, waarbij men eene gemeten hoeveelheid waterstof met een overvloed van zuurstof in den eudiometer zamenmengde, de verbinding tot stand bragt en het *volumen* der verdwenen gassen bepaalde. De laatsten, die zich met deze onderzoeking omtrent de samenstelling van water in *maten* bezig hielden, waren ALEXANDER VON HUMBOLDT en GAY-LUSSAC (1805) welke daarbij aantoonde, dat de verhouding der volumina 1 : 2 was; door deze wet als eene algemeen geldende aan te toonen, maakten zij voor goed aan die onderzoekingen een einde.

De verhouding in *gewigten* tusschen de zamenstellende gassen berekenden de vroegeren uit hunne verhouding in *maten* en uit hun soortelijk gewigt; na 1805 berekende men haar uit het soortelijke gewigt alleen. Wij deelen hier eenige van deze opgaven mede, waarbij wij de verhouding in gewigten zoowel naar de door de waarnemers bepaalde soortelijke gewigten alléén (zie het voorgaande hoofdstuk) als ook naar hun eigen uit de *maten* en gewigten opgemaakte getallen mededeelen.

¹ Zie hierover verder:

KOPP, Geschichte der Chemie, bd. 3, pag. 266—271.

BERZELIUS, Jahresbericht, a° 1841, pag. 42.

CRELL's Annalen, a° 1786.

	ZAMENSTELLING IN GEWIGTEN.					
	ZAMEN- STELLING IN MATEN.		UIT DE MATEN EN SOORTELIJKE GEWIGTEN DOOR DE PROEFNEMERS AFGELEID.		UIT DE SOORTELIJKE GEWIGTEN DER PROEFNEMERS NAAR DE WARE VERHOUDING DER MATEN BEREKEND.	
	O.	H.	O.	H.	O.	H.
CAVENDISH (1783).....	1	2,014	100	18,1	100	18,0
LAVOISIER EN LAPLACE (1783)..	1	1,908	100	15,1	100	14,0
LAVOISIER EN MEUSNIER.....			100	17,6		
FOURCROY, SÉG. EN VAUQ (1790).	1	2,052	100	16,7	100	16,3
V. HUMBOLDT EN GAY-LUSSAC (1805)	1	2				
BIOT EN ARAGO (1805).....					100	13,27
Ware verhouding.....	1	2			100	12,5

Het cijfer van BIOT en ARAGO, hoe afwijkende van de waarheid het ook was, werd langen tijd als nauwkeurig aangenomen, en het equivalentgewicht van de waterstof werd gesteld op 13,27, dat van zuurstof = 100 zijnde.

DAVY nam voor de verhouding der bestanddeelen van water 15 : 2 aan, overeenkomende met 100 : 13,33, dus nagenoeg hetzelfde cijfer als boven.

BERZELIUS¹ bepaalde in het jaar 1811 de zamenstelling van het water, dat bij de behandeling van overgehaald zink met verdund zwavelzuur werd ontleed. Het zink, waartoe goed overgehaald metaal gebruikt werd, was vóór de proef gewogen; daarna werd de hoefcelheid van het gevormde zinkoxyde bepaald, en bij aftrek de opgenomen zuurstof gevonden. De ontwikkelde waterstof werd over chloorcalcium gedroogd en gemeten; uit het soortelijke gewicht van waterstof volgens BIOT en ARAGO berekende hij vervolgens het gewicht van zijn gas.

Hij vond dan, dat 200 deelen zink 248,8 deelen zinkoxyde en

¹ Brief aan BERTHOLLET, in de Ann. de Chim. t. 77. p. 73.

6,5 deelen waterstof gaven, en verkreeg dus voor het equivalentgewicht van waterstof 13, 32.

Wij kunnen hieruit opmaken, hoe naauwkeurig hij werkte, want had hij, in plaats van het soortelijke gewicht volgens BIOT en ARAGO = 0,0732, het tegenwoordige cijfer [0,0691 volgens het equivalentgetal 12,50; 0,06926 naar REGNAULT] kunnen gebruiken, dan ware zijne uitkomst geweest:

$$\frac{0,0691}{0,0732} \times 13,32 = 12,57,$$

dus zeer nabij met die uit latere proeven overeenkomstig.

Het kon nu aan den opmerkenden geest van BERZELIUS niet ontgaan, dat het aangenomen equivalentgetal van waterstof onjuist was. Herleidde hij bij voorbeeld koperoxyde door middel van waterstof, zoo waren de gewigten van de aan het koperoxyde onttrokken zuurstof en van het gevormde water niet overeenkomstig aan de verhouding volgens het equivalentgetal. BERZELIUS ging nu in 1819 naar Parijs, en begon met DULONG in BERTHOLLET'S beroemde laboratorium te Arcueil het equivalentgewicht van de waterstof te bepalen door dezelfde methode, die hem van de onhoudbaarheid van het vroegere getal overtuigd had.

BERZELIUS EN DULONG ¹

herleidden kopermetaal bij de roodgloei-hitte in een stroom van waterstof. Het hierbij gevormde water werd gewogen, en uit het gewigtsverlies van het koperoxyde na de herleiding vonden zij de zuurstof, daarin voorhanden.

Eene eerste bemoeijng was het zuiver verkrijgen van de waterstof, welke uit zink en zwavelzuur werd ontwikkeld. Zij gebruikten geen overgehaald zink, als bevattende dezelfde onzuiverheden als dat van den handel, t. w. lood, tin, koper, ijzer, cadmium, zwavel. — Gewoon zink uit den handel werd met verdund zwavelzuur overgoten; de ontwikkelde waterstof streek nu echter door eene buis, met vochtige stukjes bijtende potasch gevuld, ten einde de zwavelwaterstof terug te houden, uit de in het zink voorhanden zwavel ontsproten; hierdoor verloor zij alle reuk en ver-

¹ Ann. de Chim. et Phys. 2e série, tome 15, p. 386.

toonde geene onzuiverheden meer; daarna werd zij, over chloorcalcium strijkende, gedroogd, en geleid in eene gewogen buis, met gedroogd koperoxyde gevuld, door caoutchoubuisjes aan den overigen toestel verbonden. Nadat het gas lang genoeg door den toestel had gestreken, om alle lucht daaruit te verjagen, werd het koperoxyde met eene wijngeestlamp verhit. Het door de herleiding van het koperoxyde gevormde water werd bij de eerste proefnemingen in den staat van vloeistof opgevangen in eenen kleinen ontvanger, aan de buis met koperoxyde bevestigd; nadat het gebleken was, dat dit water volkomen zuiver was, werd voor de proefnemingen het water terstond geleid in eene lange buis met gegloeid chloorcalcium, vóór de proef gewogen.

Nadat al het koperoxyde herleid was, werd de buis met het verkregen kopermetaal gewogen; insgelijks werd de toename in gewigt van de chloorcalciumbuis opgeteekend, waaruit de hoeveelheid van het gevormde water bekend werd: de afname in gewigt van de buis met koperoxyde gaf de hoeveelheid zuurstof aan, die in dat water voorhanden was; bij aftrek vond men de hoeveelheid waterstof. Drie proeven gaven de volgende uitkomsten:

NOMMER.	GEWIGTSAFNAMEN DER BUIS MET KOPEROXYDE, D. I. ZUURSTOF, IN HET WATER VOORHANDEN.	GEWIGTSTOENAME DER CHLOORCALCIUMBUIS, D. I. GEWIGT VAN HET WATER.	AEQUIVALENTGEWIGT VAN DE WATERSTOF.
1.	8 gram., 051	9,052	12,434
2.	10 „ 832	12,197	12,601
3.	8 „ 246	9,270	12,481
			GEMIDD. 12,488 ¹

Dit equivalentgewicht werd allezins bevestigd door de bepalingen van de soortelijke gewigten van zuurstof en waterstof, door BERZELIUS en DULONG wederom naar aanleiding van bovengaande bepa-

lingen ondernomen, en in het voorgaande hoofdstuk beschreven. Zij vonden namelijk voor het soortelijke gewigt van zuurstof 1,1026; voor dat van waterstof 0,0687; het equivalentgewicht van waterstof werd dus:

$$\frac{2 \times 0,0687}{1,1026} \times 100 = 12,46.$$

De opgaven van BERZELIUS en DULONG werden overal aangenomen en hunne wijze van arbeiden als een model voor alle dergelijke proeven aangemerkt. Zij was het ook inderdaad, en er moesten meer dan twintig jaren verlopen, alvorens de wetenschap zoover gevorderd was, dat men op deze proeven aanmerkingen kon maken, en haar in enkele punten kon verbeteren.

Het was DUMAS, die deze aanmerkingen in het midden bragt, en het eerst de verbetering der methode op zich nam. Vooreerst achtte hij het werken met zulke kleine hoeveelheden als BERZELIUS gebruikte, in een onderzoek van dezen aard niet geschikt om tot naauwkeurige uitkomsten te geraken, omdat eene fout van $\frac{1}{1000}$ in de zuurstof eene fout van $\frac{1}{125}$ in de waterstof veroorzaakt, en er toch geene mogelijkheid is, om het equivalentgewicht van de waterstof anders dan bij aftrek te leeren kennen.

BERZELIUS wees daarentegen op de vele bronnen van fouten, welke het werken met groote hoeveelheden aankleven, welke alle door het werken met kleine hoeveelheden vermeden worden, terwijl de meerdere naauwkeurigheid der proeven in het groot ruimschoots wordt vergoed bij kleinere proeven, zoo men maar zeer gevoelige balansen heeft. Wij zullen bij de behandeling van het stuk van DUMAS gelegenheid hebben, om de nadeelen van die proeven in het groot uit zijn eigen mond te vernemen. Ook werkte BERZELIUS niet met zoo zeer kleine hoeveelheden, al was het gewigt van zijne waterstof slechts ongeveer één gram. Een gram waterstof verbindt zich met acht grammen zuurstof tot water, en deze acht grammen zuurstof moeten uit de ontleding van veertig gram-

¹ Het equivalentgewicht van H = 12,488 is niet het gemiddelde uit de drie equivalentgewigten, door berekening uit de drie proeven gevonden. Deze drie equivalentgewigten zijn juist berekend (12,484, 't geen beter 12,483 is, daargelaten); maar het gemiddelde uit deze drie is niet 12,488, maar 12,484.

men koperoxyde verkregen worden. Evenwel is voor dit onderzoek toch het werken op eenigzins grootere schaal verkieslijk.

Vervolgens maakte DUMAS aanmerking op het kleine getal der proeven van DULONG en BERZELIUS; zij waren niet geregigd, om uit drie proeven, welke 12,41, 12,43 en 12,60 gaven, het getal 12,48 als zeker af te leiden; hij noemde het *toeval*, dat uit hunne soortelijke gewigten van waterstof en zuurstof, welke beide niet naauwkeurig waren en door latere getallen zijn verdrongen, hetzelfde cijfer voortvloede.

BERZELIUS antwoordde hier niet op, en wij mochten bekennen, dat het getal van drie proeven niet toereikend kan genoemd worden voor zulk eene gewigtige onderzoeking, en dat het zeer gevaarlijk is, uit drie zoo uiteenloopende cijfers te besluiten, dat de waarheid in het midden ligt. In den tijd van BERZELIUS en DULONG'S onderzoek was echter de onzekerheid niet in de derde of vierde decimaal; het was 13,27, dat in 12,41 of 12,60 moest veranderd worden. Deze grove fout aan te toonen, was hoogstverdienstelijk; — dat lateren het nieuwe cijfer toetsten, was wenschelijk en noodzakelijk.

DUMAS maakte voorts aanmerking op het gebrekkige der methode van BERZELIUS voor het droogen van de waterstof; — hierdoor werd de ruimte binnen den toestel met de vochtige dampen vervuld, zoolang de waterstof nog werd opgenomen; terwijl, zoodra de opslorping van de waterstof ophield, die vochtige dampen werden verdigt en zich bij het te wegen water voegden.

Deze zwarigheid is door ERDMANN en MARCHAND bij hunne proeven over dit onderwerp als overdreven aangetoond: zonder meer voorzorgen voor het droogen van de waterstof aan te wenden dan BERZELIUS deed, hebben zij eene reeks van heerlijk overeenkomende uitkomsten verkregen.

Ten laatste wees DUMAS op de fout, die BERZELIUS en DULONG begingen, *door hunne gewigten niet op het luchtledige te herleiden*. Wij willen aantoonen, dat deze aanmerking *zeer gegrond* is, en dat de herleiding op het luchtledige eene aanmerkelijke verandering in de getallen aanbrengt.

Wij vooronderstellen, dat de equivalentgewigten van H, O en C zonder herleiding tot het luchtledige op 12,5, 100 en 400 bepaald zijn, en willen zien, welk nieuw cijfer wij voor het equivalent van de waterstof, na het in rekening brengen dier herleiding, verkrijgen.

Wij nemen de volgende soortelijke gewigten aan:

lucht	HO	Cu	Cu O
0,0013	1	9	6,4.

Hieruit vinden wij het gewigt der door 1 gram der zelfstandigheid verplaatste lucht.....0,0013 gram....0,00014.....0,0002.

Derhalve is de herleidingscoëfficiënt voor het luchtledige.....1,0013.....1,00014.....1,0002.

Laat ons voor het gewigtsverlies van de buis met koperoxyde, na de herleiding, stellen 10,000 gram, corresponderende met

50,000	gram	Cu O
40,000	„	Cu
11,250	„	H O

Herleiden wij nu deze gewigten tot het luchtledige, en zien wij dan, tot welke zamenstelling van water wij geraken.

$$\text{Koperoxyde} \dots 50,000 \times 1,0002 = 50,0100.$$

$$\text{Koper} \dots \dots \dots 40,000 \times 1,00014 = 40,0058.$$

$$\text{rest: Zuurstof} \dots \dots \dots = 10,0042.$$

$$\text{Water} \dots \dots \dots 11,250 \times 1,0013 = 11,2646.$$

$$\text{Zuurstof} \dots \dots \dots = 10,0042.$$

$$\text{rest: Waterstof} \dots \dots \dots 1,2604.$$

Onze uitkomst is, dat 11,2646 gram water bestaan uit 10,004 gram zuurstof en 1,264 waterstof.

Berekenen wij hieruit het aequivalent van H (O = 100), door de volgende evenredigheid:

$$10,004 : 1,2604 = 100 : X,$$

zoo vinden wij $H = 12,599$, terwijl wij van $H = 12,5$ waren uitgegaan.

Het gemiddelde cijfer van BERZELIUS wordt dus 12,583, in plaats van 12,484.

Alzoo was de schoone overeenkomst tusschen de analyse en de soortelijke gewigtsbepalingen van DULONG en BERZELIUS slechts

schijnbaar. Maar reeds alvorens dit werd aangetoond had de verandering, door DUMAS en BOUSSINGAULT in het soortelijke gewigt van de zuurstof gebragt, de opgaven van DULONG en BERZELIUS doen wankelen. De vereischte herziening van de zamenstelling van het water gaf dus aanleiding tot de

PROEVEN VAN **DUMAS** OMTRENT DE SYNTHESE VAN
HET WATER ¹,

waarbij hij alle voorzorgen aanwendde, welke de tegenwoordige stand der wetenschap aanbiedt.

De toestel (fig. 1 plaat 5), waarin de waterstof ontwikkeld werd, was eene gewone Woulsche flesch F. De eerste hals was aan een omgebogen buisje verbonden, dat affiep in een glas met kwik A, en als veiligheidsklep diende, wanneer de drukking in den toestel te groot werd. De middelste hals droeg eene trechterbuis, waarlangs het zwavelzuur, van uit den trechter E met kraan, werd binnengelaten, zonder dat de inmenging der lucht verhinderd werd. De derde hals droeg eene omgebogen buis, waaraan een kraantje C, waardoor de stroom van waterstof van uit de Woulsche flesch in den overigen toestel kon geregeld worden. Het was eene van zijne voornaamste zorgen, dat de waterstof volkomen zuiver verkregen werd. De verontreinigende stoffen kunnen zijn: stikstofoxyden, zwaveligzuur, arseniekwaterstof en zwavelwaterstof. De stikstofoxyden zijn verontreinigingen van het zwavelzuur, en wanneer deze daaruit verwijderd zijn door eenen stroom van zwaveligzuur, dan is het zwavelzuur vaak met het laatste verontreinigd. Hij begon dus met zwavelzuur te gebruiken, dat volkomen vrij van vreemde inmengselen was.

De zwavelwaterstof en arseniekwaterstof ontstaan uit zwavel en arseniek, welke in het zink ingemengd zijn, en daaruit moeilijk vooraf kunnen verwijderd worden. Ten einde de waterstof van deze gassen te bevrijden, werd zij door eene oplossing van salpeterzuurloodoxyde geleid, welke de zwavelwaterstof, en door eene oplossing van zwavelzuur zilveroxyde, welke de arseniekwaterstof terughield.

Beide oplossingen waren bevat in U-vormige buizen T₁, T₂, met stukjes glas gevuld, ten einde het gas met alle deelen van de vloeistof in aanraking te brengen. Gewoonlijk vormde, na affloop

¹ Ann. de Chim. et Phys. 3^e série, tome 8, p. 189.

der proef, het door vorming van zwavellood en reductie der zilverzouten gekleurde deel der vloeistof in de buizen van een meter lengte een laagje van minder dan 3 of 4 Ned. duim dikte.

Tot verwijdering van alle sporen van vochtigheid, streek nu het gas nog door vijf U-vormige buizen, van dezelfde lengte als de vorige, waarvan de eerste T_3 puimsteen met sterke potaschoplossing en stukjes vaste potasch, de tweede en derde T_4 , T_4 gegloeide stukjes potasch, en de vierde en vijfde T_5 , T_5 , welke met een koudmakend mengsel omgeven waren, sterk zwavelzuur bevatteden. Dit koudmakende mengsel diende om de ontleding van zwavelzuur door middel van de waterstof, waarbij water en zwaveligzuur gevormd worden, tegen te gaan. In plaats van deze buizen met zwavelzuur werden ook dikwijls buizen met watervrij phosphorzuur gebezigd, waarin het phosphorzuur door groote brokken puimsteen verdeeld was. Voordat de waterstof uit deze toestellen in den ballon met kopperoxyde kwam, doorstreek zij nog een gewogen proefbuisje T_6 met puimsteen en watervrij phosphorzuur, opdat men zich van de volkomen droogheid van het gas zou kunnen vergewissen.

Aldus gezuiverd kon de waterstof uren lang bij honderde liters in het vertrek verloren gaan, zonder dat men den minsten reuk bespeurde. Deze zuivere en drooge waterstof werd eenige uren lang door den toestel gevoerd, ten einde alle lucht daaruit te verwijderen.

Het kopperoxyde was gebragt in een glazen ballon B, van zeer hard glas, dat na uren gloeijens in vorm en zelfs in glans geene verandering had ondergaan. Aan dezen ballon waren twee halzen; een korte, waardoor de waterstof werd binnengevoerd, een tweede ter lengte van eene Ned. el, waardoor de overvloedige waterstof en het gevormde water ontweken. De verhitting geschiedde door eene spirituslamp L met dubbele trekking, waarin de spiritus koel werd gehouden door een bakje met water. Nadat het kopperoxyde in den ballon gebragt was, werd aan den korten hals een kraantje r bevestigd, terwijl de lange hals door een hoedje van caoutchouc werd gesloten. Wanneer men zich onder de luchtpomp overtuigd had, dat deze sluitingen luchtdigt waren, werd een stroom van door zwavelzuur gedroogde lucht in den ballon gevoerd, en deze tot aan de roodgloei-hitte verwarmd. Nadat er 15 à 20 liters lucht door den ballon gevoerd waren, liet men hem bekoelen, terwijl er nogmaals 15 à 20 liters drooge lucht doorstroomden. Nu

werd de aldus drooggemaakte ballon luchtledig gepompt, gewogen, het luchtledige geverifieerd en nogmaals gewogen.

Daarna werden de toestellen gewogen, welke het door de herleiding van koperoxyde ontstane water moesten opnemen. De eerste van deze toestellen was een groote ballon B' met twee halzen; in den eenen stak de lange hals van den ballon met koperoxyde; de andere I was gevuld met stukjes chloorcalcium. Hierop volgden twee U-vormige buizen van gelijke lengte als de vroeger beschrevene, de eene T₇ met gegloeide stukjes potasch gevuld, de andere T₈ in een koudmakend mengsel geplaatst en met watervrij phosphorzuur gevuld. De toestel eindigde met een gewogen proefbuisje T₉ met watervrij phosphorzuur, waardoor men zich van de geheele opname van het water in de vorige toestellen kon vergewissen; hierachter was een niet gewogen buisje T¹⁰ met watervrij phosphorzuur bevestigd, om de vochtigheid der lucht af te sluiten; de toestel eindigde in een omgebogen buisje, afdalende in een glas A met zwavelzuur, waarlangs de overtollige waterstof ontweek en 't geen tot controle voor de geregelde gasontwikkeling diende.

Nadat nu 1^o. de waterstof eenige uren lang was ontwikkeld door dat gedeelte van den toestel, wat tot hare reiniging en drooging diende, zoodat alle lucht uit die buizen verdreven was; — nadat 2^o. de ballon met koperoxyde luchtledig gewogen was; — nadat 3^o. de toestellen, die 't water moesten opnemen, gewogen waren; — werd 4^o de geheele toestel in elkander gezet: — (alle verbindingen geschieden met caoutchouc-buisjes, K, K).

Nu volgde 5^o. de herleiding van het koperoxyde bij de roodgloei-hitte; eerst druppelde het water overvloedig af, dan langzamer, en eerst na tien of twaalf uren was de geheele herleiding afgeloopen.

Daarop liet men 6^o. den ballon afkoelen, onder voortdurende ontwikkeling van waterstof; — 7^o. werd de ballon gewogen, nadat de waterstof daaruit gepompt was; 8^o. werd de waterstof door middel van een droogen luchtstroom uit de toestellen, die het bij de herleiding gevormde water hadden opgenomen, verwijderd; — 9^o. werden deze toestellen gewogen.

Deze reeks van bewerkingen, welke een tijd van 15 tot 20 uren vorderden, en waartoe de voorbereidselen 2 à 3 dagen tijd kostten, liet zich volgens DUMAS niet verkorten; wanneer men berekent, dat op die wijze 40 à 50 bewerkingen geschieden, waarvan er 19 ge-

lukten, dan kan men zich een denkbeeld maken van den tijd en de moeite, aan deze bepalingen ten koste gelegd.

Zie hier de geheele opgaaf van de uitkomsten van DUMAS, zoo als die door hem zijn medegedeeld. Wat de correctie voor de lucht in het zwavelzuur aangaat, deze is niet verder door DUMAS verklaard. Hij schijnt echter het oog gehad te hebben op de eigenschap van het door waterstof onder de roodgloeilitte herleide poedervormige koper, om door zuurstof in koperoxydule te worden veranderd ¹.

¹ De gewigten in de tafel zijn in grammen uitgedrukt.

ZELFSTANDIGHEID, TOT HET DROOGEN VAN DE WATERSTOF GEBEZIGD.	GEWIGT VAN DEN LUCHTLEDIGEN BALLON MET HET HERLEIDE KOPER.	GEWIGT VAN DEN LUCHTLEDIGEN BALLON MET HET KOPEROXYDE.	GEWIGT VAN DE TOESTELLEN, DIE HET GEVORMDE WATER MOESTEN OPNEMEN.
Zwavelzuur.....	291,985	278,806	480,807
Idem.....	344,548	324,186	488,227
Idem.....	316,671	296,175	439,711
Phosphorzuur.....	625,829	568,825	884,190
Zwavelzuur.....	804,546	728,182	887,331
Idem.....	533,726	490,155	867,159
Idem.....	661,915	627,104	839,304
Phosphorzuur.....	612,625	566,738	824,624
Idem.....	904,643	844,612	822,660
Zwavelzuur.....	642,325	590,487	741,095
Phosphorzuur.....	587,645	535,137	874,832
Idem.....	673,280	613,492	931,487
Zwavelzuur.....	660,855	598,765	682,374
Idem.....	642,325	590,487	741,097
Idem.....	937,845	881,362	1064,762
Phosphorzuur.....	756,352	719,563	878,640
Idem.....	754,162	720,000	887,817
Idem.....	759,762	727,632	888,662
Idem.....	747,652	716,825	877,862

GEWIGT VAN DE TOESTELLEN, DIE HET GEVORMDE WATER HADDEN OPGENOMEN.	VERBRUIKTE ZUURSTOF.	VERKREGEN WATER.	HIERUIT ONMIDDELIJK BEREKEND AEUQUIVALENT VAN WATERSTOF,	IDEM, GECORRIGEERD WEGENS DE MET HET ZWAVELZUUR IN DE WOULESCHE FLESC HINNENGEKOMEN LUCHT
495,634	13,179	14,827	1250,5	1249,6
511,132	20,362	22,905	1249,0	1248,0
462,764	20,495	23,053	1248,1	1247,2
948,323	57,004	64,044	1250,6	1249,0
973,291	76,364	85,960	1256,2	1254,6
916,206	43,571	49,047	1256,3	1255,0
878,482	34,811	39,178	1254,6	1253,3
876,244	45,887	51,623	1250,0	1249,0
890,246	60,031	67,586	1258,3	1255,1
799,417	51,838	58,320	1250,4	1248,9
933,910	52,508	59,078	1251,2	1249,0
998,700	99,789	67,282	1253,3	1250,8
752,273	62,090	69,899	1257,7	1254,8
799,455	51,838	58,360	1258,1	1256,2
1128,319	56,483	63,577	1255,8	1252,2
920,030	36,789	41,390	1250,6	1249,1
926,275	34,162	38,458	1257,3	1255,1
924,837	32,133	36,175	1257,5	1254,7
912,539	30,827	34,677	1248,8	1248,0
GEMIDDELD . .			1253,3	1251,5

ZELFSTANDIGHEID, TOT HET DROOGEN VAN DE WATERSTOF GEBEZIGD.	GEWIGT VAN DEN LUCHTLEDIGEN BALLON MET HET HERLEIDE KOPER.	GEWIGT VAN DEN LUCHTLEDIGEN BALLON MET HET KOPEROXYDE.	GEWIGT VAN DE TOESTELLEN, DIE HET GEVORMDE WATER MOESTEN OPNEMEN.
Zwavelzuur.....	291,985	278,806	480,807
Idem.....	344,548	324,186	488,227
Idem.....	316,671	296,175	439,711
Phosphorzuur.....	625,829	568,825	884,190
Zwavelzuur.....	804,546	728,182	887,331
Idem.....	533,726	490,155	867,159
Idem.....	661,915	627,104	839,304
Phosphorzuur.....	612,625	566,738	824,624
Idem.....	904,643	844,612	822,660
Zwavelzuur.....	642,325	590,487	741,095
Phosphorzuur.....	587,645	535,137	874,832
Idem.....	673,280	613,492	931,487
Zwavelzuur.....	660,855	598,765	682,374
Idem.....	642,325	590,487	741,097
Idem.....	937,845	881,362	1064,762
Phosphorzuur.....	756,352	719,563	878,640
Idem.....	754,162	720,000	887,817
Idem.....	759,762	727,632	888,662
Idem.....	747,652	716,825	877,862

GEWIGT VAN DE TOESTELLEN, DIE HET GEVORMDE WATER HADDEN OPGENOMEN.	VERBRUIKTE ZUURSTOF.	VERKREGEN WATER.	HIERUIT ONMIDDELIJK BEREKEND AEUQUIVALENT VAN WATERSTOF,	IDEM, GECORRIGEERD WEGENS DE MET HET ZWAVELZUUR IN DE WOULEFSCH FLEESCH BINNENGEKOMEN LUCHT
495,634	13,179	14,827	1250,5	1249,6
511,132	20,362	22,905	1249,0	1248,0
462,764	20,495	23,053	1248,1	1247,2
948,323	57,004	64,044	1250,6	1249,0
973,291	76,364	85,960	1256,2	1254,6
916,206	43,571	49,047	1256,3	1255,0
878,482	34,811	39,178	1254,6	1253,3
876,244	45,887	51,623	1250,0	1249,0
890,246	60,031	67,586	1258,3	1255,1
799,417	51,838	58,320	1250,4	1248,9
933,910	52,508	59,078	1251,2	1249,0
998,700	99,789	67,282	1253,3	1250,8
752,273	62,090	69,899	1257,7	1254,8
790,455	51,838	58,360	1258,1	1256,2
1128,319	56,483	63,577	1255,8	1252,2
920,030	36,789	41,390	1250,6	1249,1
926,275	34,162	38,458	1257,3	1255,1
924,837	32,133	36,175	1257,5	1254,7
912,539	30,827	34,677	1248,8	1248,0
GEMIDDELD . .			1253,3	1251,5

DUMAS meent, en zoude zich gelukkig achten wanneer de toekomst zulks bevestigde, dat hij de naauwkeurigheid tot op $\frac{1}{200}$ heeft gebragt; hij merkt aan, dat BERZELIUS en DULONG de naauwkeurigheid op $\frac{1}{60}$ gebragt hadden, terwijl zij voorgaven, dat deze tot $\frac{1}{1000}$ ging.

DUMAS hadde gaarne de naauwkeurigheid van $\frac{1}{1000}$ bereikt; maar het was hem niet mogelijk. Eene fout van $\frac{1}{900}$ in het gewigt van het water, eene fout van $\frac{1}{800}$ in het gewigt van de zuurstof, veroorzaken bij de waterstof afwijkingen van $\frac{1}{90}$ en $\frac{1}{80}$. Om grooter naauwkeurigheid te verkrijgen werkte hij daarom met groote hoeveelheden; maar hoe grooter hoeveelheden hij nam, zegt hij, des te langer werden de bewerkingen, des te meer bronnen van fouten kwamen op de wegingen drukken. Wanneer hij dan die moeilijke wegingen aan het einde van eene proef, die hem tot 20 uren toe achtereenvolgens had beziggehouden, 's nachts te 2 à 3 ure moest verrigten, was hij niet zoo zeker van zich zelve, dan wanneer hij haar in eene rustiger stemming en minder door vermoeidheid overmand had gedaan.

De zwaarigheden bij het werken met groote hoeveelheden werden dus door DUMAS zelve ondervonden; of daarom echter BERZELIUS's beweren, dat zijne hoeveelheden geschikter waren, gegrond is, is twijfelachtig. Er is echter bij dat werken met groote hoeveelheden ééne hoofdbron van fouten, welke daarin gelegen is, dat de groote hoeveelheid water door DUMAS in vlocibaren staat moest opgevangen worden, terwijl BERZELIUS en DULONG in staat waren, al hun water in chloorcalcium op te vangen; dat bij het doorvoeren van lucht aan het einde van de proef dat water lucht opnam, en alzoo aanmerkelijk in gewigt toenam; deze aanmerking is door DUMAS niet beantwoord; zij kon niet beantwoord worden.

Verder heeft BERZELIUS aanmerkingen gemaakt op het droogen van de waterstof door middel van zwavelzuur; hierbij zoude het zwavelzuur verdampen en het gewigt van de overige toestellen komen vermeederen. De heer VOGEL JR. na 6 oncen zwavelzuur door koken van zwaveligzuur te hebben bevrijd, plaatste deze onder eene klok nevens een glas met chloorbarium. Na eenige dagen was dit chloorbarium niet meer zonder overschot in water oplosbaar; het bevatte 0,050 gram zwavelzuren baryt. De Baron VON WREEDE vond, dat 1500 CC lucht, door potasch en zwavelzuur met puim-

steen gedroogd, bij het strijken door eene chloorbarium-oplossing, 0,004 gr. sulphas barytae daaruit nedersloegen.

De oorzaak hiervan lag echter volgens DUMAS in sporen van zwaveligzuur, welke niet uit het zwavelzuur verwijderd waren. BERZELIUS herhaalde daarop deze proeven zelf; hij plaatste in een wijd glas, welks bodem met chloorbariumpoeder bedekt was, een glaasje op voet, waarop een horologieglas met zwavelzuur rustte. Alles werd met eene luchtdigt sluitende klok bedekt, en zes weken aan zich zelf overgelaten. Na verloop van dien tijd loste het chloorbarium zonder eenig overschot in water op: BERZELIUS besloot hieruit, dat zwavelzuur niet verdampt, en trok zijne aanmerking in.

DUMAS zelf voerde eindelijk nog eene bron van fouten aan; — MELSENS had ontdekt, dat bij de herleiding van koperoxyde door waterstof er zich eenige waterstof chemisch met het metaal verbond, vooral zoo de temperatuur bij de reductie niet zeer hoog was. Wanneer aldus 300 gram kopermetaal bij de herleiding waren verkregen, en deze in een stroom drooge lucht werden geoxydeerd, gaven zij 0,065 gram water, door de verbranding van de gebonden waterstof ontstaan.

300 gram koper binden dus 0,007 gram waterstof.

Zoo men deze correctie aanbragt, zouden de cijfers 1253 en 1251 tot 1252 en 1250 gebragt worden, maar daar de opname van de waterstof door het koper zeer verschillend is, en nu eens zeer weinig, dan weder (bij eene reductietemperatuur van 175°) $\frac{1}{5000}$ van het gewigt van het metaal bedraagt, zoo blijft zulk eene correctie onzeker. In allen gevalle besloot DUMAS, dat deze omstandigheid zijn cijfer al te hoog aanwees, en dat hij, door het op 1250 te brengen, in den zin van deze correctie handelde.

Hij nam dus voor het ware equivalentgetal

$$H = 12,50.$$

Terwijl DUMAS zijne uitgebreide proeven over de samenstelling van het water nam, waren

ERDMANN EN MARCHAND ¹

gelijktijdig met hetzelfde onderwerp bezig. De tijd van hun onder-

¹ Ann. de Chim. et Phys. 3^e série, tome 8, p. 207. ERDMANN'S Journal, Bd. 26, pag. 461.

zoek valt op het einde van 1841 en 't begin van 1842. Daar zij wisten, dat DUMAS met hetzelfde onderwerp bezig was, achtten zij het pligt, hunne uitkomsten tot na het verschijnen van zijne verhandeling voor zich te houden. Daarop deelden zij deze als eene bevestiging van diens proeven mede. Zij zijn zoo gelukkig geweest, met eene minder omslagtige wijze van werken tot dezelfde uitkomsten te geraken. Zonder hieruit de voorzorgen van DUMAS voor overbodig te verklaren, meenen zij te mogen opmaken, dat het voorbijzien van eenige van deze geen merkbaaren invloed had uitgeoefend, daar zoowel BERZELIUS als zij zelve tot dezelfde uitkomsten als DUMAS gekomen waren. Het gas werd ontwikkeld uit zwavelzuur, op sporen van ijzer na geheel zuiver, en uit zink, dat eenig lood, tin, ijzer en kool, maar geen zwavel of arseniek bevatte. Het water, waarmede het zwavelzuur verdund werd, was door koken van lucht bevrijd. Aan de ontwikkelingsflesch was een zekerheidsbuisje aangebracht.

Het ontwikkelde gas streek door eene reeks van Woulsche flesschen, de eerste met sterke potaschoplossing, de tweede met kwikchloride gevuld, tot terughouding van mogelijk voorhanden arseniek en zwavel-waterstof. Eene flesch met sterk zwavelzuur hield het grootste gedeelte van den waterdamp terug. Uit deze flesch stroomde het gas in eene wijde buis met chloorcalcium, en vervolgens in eene driebeenige buis, welks zijtak met eene nederwaarts gaande buis, in kwik uitlopende en als zekerheidsklep dienende, verbonden was (zie plaat 2, 2^e gedeelte). Hieruit trad het gas in eene drie voet lange, wijde U-vormige buis, met stukken en grof poeder van gegloeide bijtende potasch gevuld, uit welke het volkomen droog te voorschijn trad, gelijk een proefbuisje met chloorcalcium aantoonde. Eene 3½ voet lange, zeer wijde buis, bevatte het koperoxyde, waarvoor nu het overschot na de gloeiing van salpeterzuurkoperoxyde, dan het koperoxyde van den handel met een aandeel koperoxydule, van 6,34 soortelijk gewigt, gebruikt werd. Door den wijderen regten hals trad de waterstof binnen, langs den omgebogen [zwanen]hals droppelde het gevormde water af. De buis met koperoxyde werd in eene sterke blikken buis, met magnesia gevuld, gelegd, en in een fornuis verhit. De drooging van het koperoxyde geschiedde door het doorvoeren van een luchtstroom, welke over stukjes bijtende potasch gestreken had. De buis werd eerst alleen,

daarna met droog koperoxyde gevuld, gewogen, om de menigte van het gebruikte koperoxyde te kennen.

Achter de buis met koperoxyde volgden de toestellen tot opname van het water bestemd. Het was een tweehalsige ballon van dun glas, waarachter twee buisjes met chloorcalcium. Een buisje met stukjes potasch hield de vochtigheid der lucht af, en dit laatste buisje stond tegelijk met een veiligheidsbuisje, in kwik geplaatst, en met eene handluchtpomp in verbinding. Sloot men de kraan van de verbinding met het veiligheidsbuisje, zoo kon men den toestel luchtledig maken. Zoodanig was de toestel voor de drie eerste proeven. Bij de vijf latere proeven werd vóór de buis met koperoxyde nog een buisje met fijn verdeeld *kopermetaal* aangebragt, dat gedurende de proef gegloeid werd, en de zuurstof die met het zwavelzuur in de Woulsche flesch mogt ingedrongen zijn, terughield. Deze voorzorg, door DUMAS verzuimd, had een' *gunstigen* invloed op de naauwkeurigheid der proeven.

Bij de vier laatste proeven werd de buis met koperoxyde voor en na de proef luchtledig gewogen. Bij de vier eerste moest nu, nevens de reductie op het luchtledige, nog eene andere correctie worden aangebragt. Kopermetaal en koperoxyde verdigten op hunne oppervlakte eene ongelijke hoeveelheid lucht. Deze hoeveelheid werd gevonden, door eene buis met koperoxyde en eene buis met kopermetaal te wegen; uit het gewigt van het oxyde en van het metaal, vergeleken met hun soortelijk gewigt ($\text{Cu} = 8,94$, en $\text{Cu O} = 6,10$) werd het volumen lucht, in de vrije ruimte der buizen voorhanden, berekend. Nu werd die lucht verjaagd door een stroom van koolzuur, en met dat koolzuur in potaschloog opgevangen, welke het koolzuur opnam en de lucht overliet. Trok men van dit volumen lucht het berekende luchtvolumen in de vrije ruimte der buizen af, zoo vond men het volumen der op de oppervlakte van metaal en oxyde verdigte lucht. Drie niet zeer juist overeenkomende proeven gaven als gemiddelde, dat 100 gr. Cu O 5,5 CC lucht, en 100 gr. Cu 18,0 CC lucht op hunne oppervlakte verdigten. Wegens de uiteenloopende uitkomsten der proeven werden barometerstand en thermometerstand niet in acht genomen.

Alle wegingen, die niet met luchtledige toestellen waren verrigt, werden op het luchtledige herleid. Voor eene groote balance van HOFFMAN, die bij 2 kilo's belasting op 1 mgr. naauwkeurig was,

voor eene kleine balans van OERTLING, die tot 300 gr. kon belast worden, voor overeenkomst in temperatuur tusschen de te wegen toestellen en de lucht in de balans, etc., was zorg gedragen. De volgorde der bewerkingen van ERDMANN en MARCHAND was deze: de ontwikkelingstoestel voor de waterstof werd met uitgekookt water gevuld, zink en zuur ingebracht, de kurk opgezet, de toegang naar de zuiveringstoestellen gesloten, zoodat een deel der vloeistof door het zekerheidsbuisje afvloeide ¹; — dan de toegang naar de zuiveringstoestellen geopend, en eenige uren lang waterstof doorgevoerd, totdat alle dampkringslucht verdreven was; ten dien einde werd de toestel gedurig, onder sluiting van de kraan van de ontwikkelingsflesch, ledig gepompt.

Nu werd de buis met koperoxyde verhit; sterkere verhitting aan het einde der proef werd vermeden; na 5 of 6 uren was de watervorming afgeloopen. Onder het afkoelen werd steeds waterstof doorgevoerd; dan werden de ontwikkelings- en zuiveringstoestellen der waterstof weggenomen; alleen de toestellen tot drooging van het gas bleven. Door middel van de luchtpomp werd dampkringslucht door den toestel gezogen; dan de toestel ledig gepompt, weder met lucht gevuld en ledig gepompt, totdat alle waterstof daaruit verwijderd was. Daarop werd de buis met koper digt gesmolten en men ging over tot het wegen.

De waterstof had vóór de reiniging een zwakken reuk, daarna geenen. De flesch met chloorcalcium teekende geene troebelheid. De uit acht proeven verkregen 500 gram. water waren volkomen zuiver, geheel vrij van koolzuur. Twee reeksen van proeven gaven hun de volgende uitkomsten:

¹ Dit geschiedde om de dampkringslucht uit de ontwikkelingsflesch te verwijderen.

EERSTE REEKS; de buis met koperoxyde wordt niet luchtledig gewogen.

NOMMER DER PROEF.	GEWIGT VAN HET KOPER-OXYDE.	GEWIGT VAN HET KOPER-METAAL.	GEWIGT VAN HET WATER.	Na de aangebragte Correctiën.			BIJZONDERHEIDEN DER PROEF-
				GEWIGT VAN HET WATER.	GEWIGT VAN DE ZUURSTOF.	AEQUIVAL.	
1.	385,942	330,080	62,899	62,980	55,950	12,565	Koperoxyde uit den handel.
2.	591,270	506,482	95,488	95,612	84,924	12,585	Koperoxyde uit den handel.
3.	428,333	344,423	94,401	94,523	84,007	12,518	Koperoxyde nit het nitraat verkregen.
4.	206,708	175,294	35,356	35,401	31,461	12,526	Koperoxyde uit den handel, buisje met kopermetaal.
						GEM.....	12,548.

TWEEDE REEKS; de buis met koperoxyde wordt luchtledig gewogen; koperoxyde uit den handel en het buisje met kopermetaal worden gebruikt.

NOMMER DER PROEF.	GEWIGT VAN HET WATER.	GEWIGT VAN HET WATER OP HET LUCHTLEDIGE HERLEID.	GEWIGT VAN DE ZUURSTOF.	AEQ. V. H.	
1.	41,610	41,664	37,034	12,502	
2.	44,032	44,089	39,195	12,487	
3.	53,163	53,232	47,321	12,491	
4.	55,564	55,636	49,460	12,487	
				GEM.....	12,492.

De tweede reeks verdient het meeste vertrouwen. Het waarschijnlijkste equivalent van waterstof berekende ERDMANN volgens de methode van de kleinste quadraten uit zijn eigen proeven en uit die van DUMAS.

	waarschijnlijke fout.
Eerste reeks van E. en M	12,548 ± 0,0109
Tweede „ „ „ „ „	12,492 ± 0,0024
Reeks van DUMAS	12,515 ± 0,0050.

Op deze wijze wordt het waarschijnlijkste Aequiv. v. H. = 12,498 ± 0,002.

Nemen wij daarentegen het rekenkundige gemiddelde uit de proeven van DUMAS en die van hen zelve, zoo verkrijgen zij:

$$H = \frac{4 \cdot 12,5485 + 4 \cdot 12,4918 + 19 \cdot 12,515}{4 + 4 + 19} = 12,516$$

Maar daar er in den aard der proeven nog vele oorzaken van fouten liggen, welke aan geene berekening kunnen onderworpen worden, zoo maken ERDMANN en MARCHAND geene zwaarigheid, voor het equivalent van de waterstof aan te nemen:

$$H = 12,50.$$

Deze proeven van ERDMANN en MARCHAND hebben slechts weinige aanmerkingen opgewekt. DUMAS maakte aanmerkingen op hunne wijze om het gas te droogen, en achtte het geen bewijs voor de droogheid van het gas van ERDMANN en MARCHAND, zoo hun proefbuisje met chloorcalcium niet aan gewigt toenam; het is, zegt hij, thans bekend, dat chloorcalcium minder goed droogt dan gegloeide potasch en zwavelzuur, zoodat het proefbuisje met chloorcalcium, in plaats van water op te nemen, wel water af kon geven aan het door potasch en zwavelzuur gedroogde gas.

Wij willen tot besluit thans de proeven over de zamenstelling van het water van BERZELIUS en DULONG, die van DUMAS en die van ERDMANN en MARCHAND onderling vergelijken.

BERZELIUS en DULONG hebben in eenen tijd, dat de scheikundige analyse nog op lagen trap stond, de hooge verdienste gehad, van den zekeren weg tot kennis van de samenstelling van het water aan te toonen en zelve met glansrijk gevolg te betreden. Zij hebben de bewerking in dier voege verrigt, als zij later door DUMAS en door ERDMANN met MARCHAND op grootere schaal is herhaald. Welke voorzorgen, die later zijn aangewend, door hen zijn in acht genomen, welke niet, kunnen wij slechts gedeeltelijk aangeven, aangezien de beschrijving van hunne proeven kort is. De zekerheid en eenvoudigheid van werken van BERZELIUS en DULONG zijn bekend; met geringe hoeveelheden en kleine toestellen deden zij veel; eenige meerdere voorzorgen voor het droogen en zuiveren van het gas, en vooral een grooter getal proeven, konden wij bij hen verlangen. *Hun eenige hoofdfout* lag niet in de bewerking, maar in de *berekening*, waarbij zij de herleiding op het luchtledige verwaarloosden. Wij zagen, hoe dit verzuim eene fout van 0,8 procent uitmaakt, en hoe hun gemiddelde van 12,48 op 12,58 moet gebracht worden. DUMAS, die zelve dit verzuim aangaf, had zich niet zoodanig behoeven te vermoeijen, met aan te toonen, dat de overeenkomst tusschen de resultaten van de soortelijke gewigtsbepalingen en de waterontleding door BERZELIUS en DULONG toevallig was; die overeenkomst bestond niet.

Gaan wij echter deze herleiding op de enkele proeven van BERZELIUS en DULONG toepassen, zoo zien wij, dat de getallen 12,42, 12,43 en 12,60 overgaan tot 12,52, 12,53, 12,70. Wanneer wij nu de laatstgenoemde proef als mislukt buitensluiten, dan zien wij uit de cijfers 12,52, 12,53, hoe nabij de eenvoudige bewerking van BERZELIUS en DULONG hen bij de uitkomsten van de lateren heeft gebracht, en de overweging van deze cijfers kan ons slechts een hooger denkbeeld van hun scheikundig talent inboezemen.

Het zal voorts na het verhandelde voor ieder duidelijk zijn, dat men aan hun cijfer 12,48 geene waarde kan toekennen, en hun ware gemiddelde, 12,58, is zeer onwaarschijnlijk, door den invloed van het cijfer 12,70, hetwelk door geene enkele latere analyse bevestigd is. Om eindelijk, ééne van de drie proeven als mislukt vooronderstellende, op twee proeven een resultaat te bouwen, is even gewaagd.

DUMAS, met groote toestellen en ontzaggelijk gerekte proeven, deed in de waterontleding het uiterste, wat zijne krachten vermogten. Wanneer wij de tallooze zwaarigheden bedenken, welke die proeven in het groot vergezellen, en dan zien dat 19 proeven als uiterste getallen 12,481 en 12,583 (of 12,472 en 12,562) geven, wanneer wij zien dat vijf proeven 12,505, 12,506, 12,50,0, 12,504 en 12,506 [of 12,490, 12,490, 12,489, 12,490, 12,491] tot op $\frac{1}{2000}$ [of $\frac{1}{6000}$] overeenstemmen, welke overeenstemming dus voor de zuurstof in het water tot op $\frac{1}{20000}$ [of $\frac{1}{60000}$] gaat, zoo voelen wij ons gedrongen niet alleen den ijver en het taaije geduld, maar ook het scheikundige talent van DUMAS te bewonderen. Maar wanneer DUMAS beweert, dat zijne proeven de wet van PROUT vaststellen, dan gaat hij voorzeker te ver. Zijn gemiddelde is 12,53 [of 12,51]. Uit de opgave van zijne proeven blijkt niet, dat in zijne latere proeven meerdere overeenkomst of toenadering tot een zeker gemiddelde is dan in zijne vroegere; de uitkomsten groepeeren zich om twee middelpunten

12,50½ (12,50)	12,56 (12,55)
12,49 (12,48)	12,56 (12,55)
12,48 (12,47)	12,54½ (12,53)
12,51 (12,49)	12,58 (12,55)
12,50 (12,49)	12,58 (12,55)
12,50 (12,49)	12,58 (12,56)
12,51 (12,49)	12,56 (12,57)
12,53 (12,51)	12,57 (12,58)
12,51 (12,49)	12,57½ (12,55)
12,49 (12,48)	
<hr/> Gem. 12,50 (12,48)	<hr/> Gem. 12,57 (12,55)

maar er is geene reden om aan de eene groep meerdere waarde toe te kennen dan aan de andere. Veel leerzamer zijn in dit opzigt de proeven van ERDMANN en MARCHAND. De twee eerste proeven wijken het meest van de vorige af, gevende 12,565 en 12,585. Na de invoering van het buisje met kopermetaal vóór de buis met koperoxyde, tot terughouding van de zuurstof, en nadat de

buis met koperoxyde luchtledig gewogen werd, werd de overeenkomst tusschen hunne verschillende proeven veel grooter. Hunne vier laatste proeven verdienen volkomen vertrouwen, meer dan de geheele reeks van DUMAS.

In plaats van de vrij willekeurige correctie van DUMAS voor de lucht, in het zwavelzuur vevat, verwijderden zij de zuurstof door middel van de buis met kopermetaal. Bij hunne latere proeven hebben zij het gewigt van het gebruikte koperoxyde aanmerkelijk vermindert; ook hun scheen derhalve de grootte der toestellen niet voordeelig toe. DUMAS deed 19 proeven, een getal wat de eischen van de wetenschap verre overschrijdt. ERDMANN en MARCHAND deden er acht, of eigenlijk maar vier, welke aan de uiterste eischen der analytische methode voldeden. Wanneer de laatste proeven zoo naauwkeurig overeenstemmen als deze vier laatste getallen, 12,502, 12,487, 12,491, 12,487, zoo is het getal van vier toereikend; — zij mogen uit deze getallen met regt het cijfer 12,50 als het equivalentgewicht van waterstof stellen.

Wat de fouten aangaat, die nog aan de methode van ERDMANN en MARCHAND kleven, zoo gelooven wij van de onvolkomen drooging van de waterstof in weerwil van de hypothese van DUMAS, wel te kunnen zwijgen, waar het proefbuisje met chloorcalcium niet spreekt. Het water, dat niet in het *proefbuisje* met chloorcalcium wordt opgenomen, zal ook wel ongehinderd door de buizen met chloorcalcium, die 't genoemde water opvangen, heenstrijken. Zoo het al bestaat, is zijn bestaan zeer onschuldig. De lucht, die met het genoemde water mede gewogen wordt, is echter niet weg te cijferen; deze fout hebben ERDMANN en MARCHAND met DUMAS gemeen.

BERZELIUS beschuldigt DUMAS, en ook ter loops ERDMANN en MARCHAND, van met geweld de wet van PROUT te willen doorvoeren. De getallen van DUMAS, zegt hij, naderen wel tot 12,50, maar niets geeft ons zekerheid, of de wet van PROUT volkomen of slechts bij nadering waar is.

Wij stemmen dit toe, zelfs voor de laatste reeks van ERDMANN en MARCHAND, maar volkomen zekerheid zullen wij nooit verkrijgen, zoolang alle analyses niet nagenoeg dezelfde uitkomst geven. De vraag is hier dus slechts, kan DUMAS, kunnen ERDMANN en MARCHAND zonder verdraaijing der uitkomsten het cijfer 12,50

stellen. Wanneer DUMAS en ERDMANN met MARCHAND zich tot het *stellen* van het cijfer 12,5 bepaald hadden, dan hadden zij nimmer de beschuldiging van onwetenschappelijkheid van den kant van BERZELIUS te vreezen gehad; dan zoude ons de eerste blik op hunne uitkomsten doen zien, dat, de afwijking tusschen de verschillende proeven in aanmerking nemende, deze aanname volkomen te regtvaardigen is, vooral voor de laatste reeks van ERDMANN en MARCHAND. Want de onzekerheid in de proeven is veel grooter dan de wijziging die het gemiddelde resultaat moet ondergaan, om tot 12,50 gebragt te worden.

Die onzekerheid in de proeven is echter juist de reden, dat de proeven van DUMAS en die van ERDMANN met MARCHAND meer waarde voor de analytische methode, dan voor de leer der aequivalenten hebben gehad. Bij de koolstof was het te verbeteren cijfer van invloed op de samenstelling der koolwaterstoffen ¹, hier was de verandering in het cijfer gering, zelfs wanneer men het op het luchtledige gereduceerde cijfer van DULONG en BERZELIUS beschouwt; de formules voor de samenstelling der lichamen worden er niet door veranderd, en de wet van PROUT wordt er niet door bewezen. Wij eindigen onze beschouwing met de verschillende aequivalenten van waterstof nevens elkander te plaatsen, waarbij wij de overeenstemming tusschen de laatste resultaten der analyse en der soortelijke gewigtsbepalingen kunnen opmerken, eene overeenstemming, die voor een ander ligchaam wel wat te wenschen zoude overlaten, maar die bij de grondstof, welke het *laagste aequivalentgewicht* van allen heeft, schoon mag genoemd worden.

¹ Zie pag. 133 en volgende.

CAVENDISH (1783).....	uit de soortelijke gewigten en de eudiometrie	18,1.
LAVOISIER en LAPLACE (1783)..	” ” ” ” ” ” ” ”	15,1.
LAVOISIER en MEUSNIER.....	” ” ” ” ” ” ” ”	17,6.
FOURCROY etc. (1790).....	” ” ” ” ” ” ” ”	16,7.
BIOT en ARAGO (1805).....	” ” ” ” ” ” ” ”	18,27.
DULONG en BERZELIUS (1819)...	” ” ” ”.....	12,46.
DULONG en BERZELIUS uit de synthese van water.....		12,48.
DULONG's en BERZELIUS's getal, op het luchtledige herleid.....		12,58.
DUMAS en BOUSSINGAULT (1841) uit de soortelijke gewigten.....		12,53.
DUMAS (1843) uit de synthese van water.....		{ 12,53.
		{ 12,51.
ERDMAN en MARCHAND (1843) uit de synthese van water.....		{ eerste reeks 12,55.
		{ tweede reeks 12,49.
REGNAULT (1845) uit de soortelijke gewigten.....		12,53.

AEQUIVALENT VAN DE KOOLSTOF.

Alle onderzoekingen omtrent het equivalentgewicht van de koolstof (wanneer men eenige der latere onderzoekingen omtrent koolwaterstoffen uitzondert) hebben betrekking op de vorming, de verbindingen of de digtheid van *koolzuur*, weshalve wij al dadelijk met zijne beschouwing aanvangen.

LAVOISIER

was de eerste, die de zamenstelling van het koolzuur, en dat wel zonder eenigzins door anderen te zijn ingelicht, ontdekte. Tevens wees hij ook aan, dat de diamant koolstof is, en tot zijne verbranding evenveel zuurstof noodig heeft als andere kool. — Eerst gebruikte hij kwikoxyde, om de kool te oxyderen ¹, daarna menie ²; voor de verhouding der bestanddeelen van koolzuur vond hij 72,1 O + 27,9 C, later 76,5 à 71,1 O + 23,5 à 28,9 C; hij nam de getallen 72 O + 28 C aan, waaruit wij voor het equivalentgewicht zouden berekenen:

$$C = \frac{28 \times 2}{72} \times 100 = 77,77$$

LAVOISIER vertrouwde echter dit cijfer niet, daar vroegere proeven hem geringere verhoudingen van de kool gegeven hadden; hij

¹ Mémoire sur la nature du princité, qui se combine avec les métaux pendant leur calcination, 1775.

² Mémoire sur la décomposition de l'eau, 1784. Vergel. CRELL's Ann. 1788, etc.

eindigde in zijne *mémoires posthumes* met als maximum 24 proc. kool in het koolzuur aan te nemen. Wat zijne methode aangaat, de verbranding geschiedde onder eene klok, met zuurstof gevuld en rustende op kwik; de kool werd dan in brand gestoken door middel van een stukje zwam met eenig phosphorus bedeed, hetwelk met eene gloeiende ijzeren staaf in aanraking werd gebragt. De verbrande hoeveelheid kool, het verbruikte volumen zuurstof en het verkregen volumen koolzuur werden bepaald, en, de soortelijke gewigten van beide gassen kennende, had men de gegevens en de contrôle der proef.

Proeven over de verbranding van kool en diamant werden verder gedaan door TENNANT ¹, MACKENZIE ², GUYTON MORVEAU ³, CLÉMENT en DÉSORMES ⁴, ALLEN en PEPYS ⁵, DE SAUSSURE ⁶, DAVY ⁷, enz., totdat men, na de ontdekking van de wet der volumina, meer waarde begon te hechten aan de uit de soortelijke gewigten berekende cijfers. Deze proeven zijn zeer belangrijk en verdienen dus wel vermeld te worden; het zoude ons echter te voeren, haar alle breedvoerig te beschrijven, en wij hebben daarom slechts bij sommigen wat langer stil gestaan.

GUYTON MORVEAU.

was een van de eersten, en ook (behalve de nieuweren) een van de laatsten, die zich met dat onderwerp bezig hield. Reeds in 1785 ⁸ verbrandde hij diamantjes in gesmolten salpeter, en, daar er een opbruisschend alkali terugbleef, vermoedde hij, dat de diamant koolstof was, hetgeen LAVOISIER ook spoedig daarna bevestigde.

TENNANT herhaalde in 1797 deze proeven van GUYTON met het beste gevolg; hij vond dat 0,162 gram diamant, in een gouden buisje verbrand, 0,583 gram koolzuur gaven; wij zouden hieruit vinden:

¹ SCHERER's Journal 2, 287.

² SCHERER's Journal 7, 362; Philosoph. transact., 1797.

³ Ann. de Chimie, tome 31, 84, 86.

⁴ Ann. de Chimie, tome 39.

⁵ N. GEHL 5, 664.

⁶ Ann. de Chim., tome 71.

⁷ SCHWEIGG. 12, GILB. 49; Ann. de Chim., tome 73.

⁸ Opuscules de BERGMAN, 12^e Deel, bl. 124.

$$C = \frac{162 \times 2}{583 - 162} \times 100 = 76,95^1.$$

Maar nu vond GUYTON in 1799, dat de diamant veel meer zuurstof opnam dan de gewone kool, welke uitkomst volkomen met die van LAVOISIER overeenkomt. Hij deed deze proeven met CLOUET en HACHETTE; in een kolfje, met zuurstof gevuld, met het halsje naar beneden in kwik gedompeld, werden de diamantjes geplaatst op een pijpsteeltje; de diamantjes, door eene groote lens in brand gestoken, verbrandden geheel en al; er bleef niets over dan een vlekje, waarin men onder het microskoop gesmolten bolletjes, waarschijnlijk van het pijpsteeltje zelve, waarnam. Er waren nu 0,1999 gram diamant verbrand. Nadat de verbranding afgelopen was, liet men boven het kwik barytwater in het kolfje opstijgen. Er werden 677 kubiekduimen koolzuurgas opgeslorpt; en GUYTON merkte hierbij op, dat het gevormde koolzuur hetzelfde volumen had als de verdwenen zuurstof (eene daadzaak, die aan LAVOISIER nog niet bekend was); er waren dus 677 kubiekduimen zuurstof opgeslorpt, en uit het soortelijke gewigt van de zuurstof (0,0013577 gram per kubiekduim); en het gewigt van den verbranden diamant vond hij, dat 1,11796 gram koolzuur uit de verbranding van 0,1999 gram diamant waren ontstaan. Hieruit zoude dus volgen:

$$C = 43,5,$$

een getal, dat verbazend van de vroegere afwijkt.

THOMSON liet over deze omstandigheid zijn vernuft spelen, en stelde in de andere koolsoorten een gehalte van zuurstof, terwijl diamant zuivere koolstof zoude zijn; maar GUYTON zelve, schoon hij toestond, dat hij voor den diamant eene wel eenigzins (!) grotere opname van zuurstof verkregen had, dan de vroegeren, keurde THOMSON'S beschouwingen evenzeer af als de vooronderstelling van BIOT en ARAGO, die, wegens het sterk lichtbrekende vermogen, den diamant voor eene verbinding van kool en waterstof aanzagen, welke hypothese GUYTON later in 1812² op proefondervindelijken weg deed vallen.

¹ Annal. de Chim. 34, p. 72—112.

² Ann. de Chimie, 84, 86.

CLÉMENT EN DESORMES

zochten niet lang daarna opheldering omtrent het door den diamant en de andere koolsoorten bij verbranding opgenomen gewigt van zuurstof, en omtrent het zoogezegde waterstof- of zuurstofgehalte dezer ligchamen.

Bij eene eerste reeks van proeven ¹ (a°. 1802) gebruikten zij de volgende inrigting. In een ballon met kraan werd op een afgesneden pijpenkop een stukje kool in een netje van platinadraad gelegd; de lucht werd uitgepompt, de ballon met zuurstof gevulden de kool door eene lens in brand gestoken. Het gevormde koolzuur werd door baryt opgenomen; het koolzuur werd uit de baryt door zoutzuur verjaagd, in eene blaas opgevangen, in een' luchtledigen ballon overgebracht en gewogen. Tevens werd de vermindering van het gasvolumen in den ballon na de opslorping van het koolzuur gemeten, zoodat er gelegenheid was tot controlering der uitkomsten.

Zie hier de gegevens der proef:

Gewigt der kool.....	1,4	gram.
Overgebleven asch.....	0,005	"
A verbrande kool.....	1,375	"
Luchtledige ballon.....	725,5	gram.
Ballon met zuurstof.....	731,6	"
Overgebleven zuurstof.....	2,57	"
B met de kool verbonden zuurstof.....	3,53	"
Koolzuur volgens A en B.....	4,905	
Koolzuur, uit de baryt vrijgemaakt.....	4,84	
Zamenstelling van koolzuur volgens A en B.....	71,9:28,1.	

Eene tweede proef gaf:

Verbrande kool.....	1,87	gram.
Verbruikte zuurstof.....	4,69	"
Zamenstelling van koolzuur.....	71,4:28,6.	

¹ Ann. de Chimie, tome 39.

Het gemiddelde uit de eerste en tweede proef is 71,65:28,35, wat nabij aan het getal van LAVOISIER komt en volgens CLÉMENT en DESORMES wel te vertrouwen is, daar er noch phosphorus, noch zwam bij gebruikt was.

Het equivalentgewicht zoude diensvolgens zijn:

$$C = 79,13.$$

Bij eene nieuwe reeks van proeven ¹ (a^o. 1803) gebruikten zij ter verbranding van de kool eene lange glazen buis. In deze buis, welke zij in een fornuis plaatsten, werd de pas uitgegloeide, nog niet geheel afgekoelde kool gebragt. Het uitgloeijen geschiedde om de lucht te verwijderen, want zij hadden bevonden, dat de op de oppervlakte der kool verdigte lucht tot 5 procent van haar gewigt bedroeg. Aan beide uiteinden van de verbrandingsbuis waren buizen aangebragt met chloorcalcium, door een koudmakend mengsel van ijs en keukenzout, op de temperatuur van — 7^o à — 8^o C, omgeven; aan elk van deze was eene blaas genecht, de eene met 12 liters zuurstof gevuld, de andere ledig. De kool werd gegloeid, de zuurstof uit de blaas geperst, door het chloorcalcium gedroogd en over de kool geleid. Het koolzuur, na zijn water in de tweede buis te hebben afgezet, verzamelde zich in de ledige blaas. Zij vonden, dat het ontstane water een minimum was, en dat de hieruit berekende waterstof slechts $\frac{4}{1500}$ van het gewigt der gebruikte kool uitmaakte, terwijl zij niet eens zeker waren, of dat water niet door de kool, bij het overbrengen in de buis, was opgenomen.

De opgenomen zuurstof en het koolzuur, door de verbranding ontstaan, werden bepaald. Proeven met verschillende soorten van kool gaven:

¹ Ann. de Chimie 42, p. 121.

SOORT.	VERBRANDE KOOI.	VERBRUIKTE ZUURSTOF.	KOOLZUUR DAT MOEST GEVORMD ZIJN.	KOOLZUUR DAT GE- VORMD WAS.	VERWAAR- LOOSD VER- LIES.	ZAMENSTELLING VAN KOOLZUUR. KOOI-ZUURSTOF.
	Gram.	Gram.	Gram.	Gram.	Gram.	
SUIKER- KOOI.	1,63	3,93	5,56	5,46	0,10	29,3: 70,7
WASKOOI.	1,05	2,72	3,77	3,65	0,12	27,8: 72,2
POTLOOD.	2,44	6,36	8,80	8,80	0,00	27,8: 72,2
ANTHRA- CIET.	2,05	5,16	7,21	7,21	0,00	28,4: 71,6
DIERLIJKE KOOI.	1,55	4,08	5,63	5,68	-0,05	26,9: 73,1

Volgens deze proeven zoude het equivalent van kool tusschen 73,6 en 82,9 liggen.

Zij besloten verder, dat de kool geene waterstof bevatte, en dat, zoo zij al zuurstof bevatte, het gehalte daaraan voor den diamant en de andere soorten van kool gelijk moest zijn.

ALLEN EN PEPYS ¹

vonden (a°. 1807), door de verbranding van kool in zuurstof, in 100 koolzuur 28,6 gewigtsdeelen kool, uitgaande van diamant of vooraf gegloeide kool. Zij toonden aan, dat diamant en de overige soorten van kool allen evenveel zuurstof bij de verbranding opnamen, en dat de vooraf gegloeide kool geen water gaf bij de verbranding; maar de bijzonderheden van hunne proeven konden aan TH. DE SAUSSURE geen groot vertrouwen op hunne uitkomsten inboezemen. Zij verbrandden bij elke proef slechts vier grein (0,212 gram) kool, en berekenden de digtheid van zuurstof en koolzuur door het wegen van 21 kubiekduim gas. Hunne resultaten verdienen niet boven de soortelijke gewigtsbepalingen van LAVOISIER, SEGUIN FOURCROY en VAUQUELIN, en BIOT gesteld te worden, daar deze met vijftien-

¹ Bibliothèque britannique, sciences et arts, vol. XXXIII, p. 313.

tot veertigmaal grootere gasvolumina en met zeer gevoelige ballansen verrigt werden. Verder zegt DE SAUSSURE, dat ALLEN en PEPYS niet bewezen hebben dat er bij de verbranding van de gegloeide kool geen *vrije waterstof* ontwikkeld werd; zij hadden in het gasmengsel moeten zoeken naar vrije waterstof, omdat waterstof, in zeer kleine hoeveelheden in zuurstof vermengd, niet branden kan. Het was om deze redenen, dat

THEODORE DE SAUSSURE ¹

besloot, de zamenstelling van het koolzuur zelve te onderzoeken (a° 1809), en daartoe vooreerst de soortelijke gewigten van zuurstof en koolzuur bepaalde ², waarna hij tot de verbranding van de kool overging.

Hij gebruikte daarbij een' grooten ballon van 1600 kubiekduim inhoud; de kool werd in brand gestoken door middel van eene lens van 0,325 meters middellijn.

De ballon was aan de eene zijde met een hals, en aan de diametraal daartegen overliggende zijde met eene stalen kraan voorzien.

De kool werd met een platinadraadje op een platinaplaatje vastgebonden, hetwelk aan een platinaketentje in den hals van den ballon was opgehangen. De kool werd vóór de verbranding, nadat zij was uitgegloeid, gewogen; na de verbranding werd de asch bepaald. Boven aan het ketentje was een buisje met choolcalcium, vóór de proef gewogen, opgehangen. Dit buisje diende om het water, uit de verbranding van kool ontstaan, te kennen. Men moest echter van de gewigtstoename van dit buisje gedurende de proef het watergehalte van het gas, door den hygrometer bepaald, aftrekken, en tevens de gewigtstoename van dit buisje gedurende het in- en uitbrengen in den ballon in rekening brengen, welke gewigtstoename op 0,01 gram werd geschat.

De ballon rustte, met den hals naar boven, met de kraan naar beneden gekeerd, in een diep kwikbad. Wanneer men den ballon met zuurstof wilde vullen, dan zette men de in het kwik rustende kraan open, en drukte den ballon zoo ver naar beneden in het kwik,

¹ Ann. de Chim. tome 71, p. 263.

² Zie het voorgaande hoofdstuk.

dat hij tot aan den hals ondergedompeld en met kwik gevuld was: alleen den hals liet men vrij, om het buisje met chloorecalcium niet te verontreinigen.

Nu werd er aan den hals eene blaas met zuurstof, uit chloorzure potasch (muriate suroxigéné de potasse) bereid, bevestigd. De ballon werd uit het kwik omhoog getrokken en de zuurstof daarin geperst. Nu werden de kraan en de hals gesloten, en de hoeveelheid gas in den ballon werd bepaald. —

Voordat evenwel met de verbranding een aanvang werd gemaakt, werd een gedeelte van het gas uit den ballon verwijderd door middel van een glazen kolfje, met kwik gevuld, dat met den hals naar beneden op den ballon geschroefd werd. Het kwik liep in den ballon af, langs een buisje, zoodanig geplaatst, dat het buisje met chloorecalcium niet werd verontreinigd; het kolfje werd aldus met gas gevuld. Dit monster van het gas werd tot nauwkeurig onderzoek bewaard; het werd, volgens de wijze van MARTY ¹, vijf dagen lang met zwavelpotassium in aanraking gelaten; na verloop van dien tijd was alle zuurstof door de zwavelpotassium opgenomen. Opdat van de overblijvende stikstof niets door de zwavelpotassium zoude worden opgelost, was de zwavelpotassium vooraf met stikstof verzadigd, bij dezelfde temperatuur, als bij welke de bepalingen verrigt werden. Men kende alzoo uit deze bepaling, en uit die van de geheele hoeveelheid gas in den ballon, de hoeveelheid zuurstof, vóór de verbranding in den ballon aanwezig. — Nadat de verbranding van de kool in den ballon was afgelopen, werd wederom de hoeveelheid gas in den ballon bepaald.

Daarna werd een gedeelte van dit gas opgevangen in eene verdeelde klok, boven kwik; een paar gram sterke potaschoplossing ² namen het koolzuur op; het volumen opgenomen koolzuur werd gemeten en het overblijvende mengsel werd weder met zwavelpotassium, als

¹ Journal de physique, tome LIII, p. 176.

² DE SAUSSURE gebruikte daarom sterke potaschoplossing en geen kalkwater, omdat hij van dit laatste een grooter volumen noodig had dan van de potaschoplossing, en er bij het kalkwater door dat grootere volumen eene merkelijke opslorping van zuurstof plaats had, wanneer dat vocht, dat steeds lucht opgelost hield, met zuivere zuurstof in aanraking kwam. Proeven daarover hadden dit zoowel bij kalkwater als bij verdunde potaschoplossing aangetoond, en de vermindering in volumen der daarmee in aanraking gebrachte zuurstof had tot 8 pCt. bedragen; — daarom werd sterke potasch gebruikt.

boven onderzocht; door het onderzoek met waterstof in den eudiometer van VOLTA werd tevens het voorhanden kool-waterstof (hydrog. oxicarbure) bepaald. Hieruit kende men aldus de hoeveelheid koolzuur, bij de verbranding ontstaan, en de hoeveelheid zuurstof, die na de verbranding was overgebleven. Bragt men nu hierbij in rekening, eensdeels de zuurstof, die in de asch der kool was opgenomen, anderdeels die, welke door de kool uit de lucht opgeslorpt en bij de verbranding daaruit ontweken was, zoo kon men uit voormelde gegevens de hoeveelheid verbruikte zuurstof berekenen, uit welke men, in verband met de kennis van het gevormde koolzuur en de soortelijke gewigten van zuurstof en koolzuur, de samenstelling van dit laatste afleidde. Als contrôle werd tevens de samenstelling van het koolzuur uit het gewigt van de verbrande kool en de hoeveelheid verkregen koolzuur berekend.

Volgens deze methode bepaalde DE SAUSSURE de samenstelling van het koolzuur, verkregen uit de verbranding van: — potlood van Cornwallis, — anthraciet van Martigny in Vallois, — kool van palmhout (charbon de bois), — en kool van dennehout, welke laatste door zwaveldampen van hare waterstof bevrijd was: de zwaveldampen waren door gloeiing, hoewel niet volkomen, verwijderd. Zie hier de mededeeling van zijne schoone uitkomsten.

	ECHTLOOD VAN CORNWALLIS.		ANTHRACIET.	KOOL VAN ROZEMARIJNOLIE.	KOOL VAN PALMHOUT.	KOOL VAN DENNENHOUT.
Gewigt der kool, bij gloei-hitte gedroogd. Overgebleven asch, welke bij die van potlood zuiver ijzeroxyde is, uit de oxydatie van ijzer ontstaan.....	0,588 gram.	0,565	0,549		0,591	0,532
IJzergehalte van gemidd. oxyde.....	0,033 "	0,032	0,025		0,02	0,012
A verbrande kool.....	0,0231 "	0,02256			lucht, in de kool verdigtd.....	0,01
Zigtbare waterdamp.....	0,5649 "	0,54244	0,524	0,513	0,563	0,51
Geheele wateropname door het ehloorcacium.....	geene	geene	merklijke	geene	ligte	eenige
Wateropname door het ehloore. uit het gas, vermeerderd met die uit de lucht = 0,01 gram.....	0,05 "	0,040	0,08	0,05	0,055	0,055
Water, uit de kool ontstaan.....	0,049 "	0,040	0,0436	0,05	0,0343	0,03696
Zuurstof, volgens het onderzoek met zwavel-potassium in het gasmengsel voortgeleid op 0,75796 m. en 12,5° C....	0	0	0,0364	0	0,02	0,018
Vóór de verbranding. Na de verbranding..	1669,8 kub. d.	1558,68	1654,1	1516,61	1627,3	1537,9
Verbruikte zuurstof. Zuurstof, door het ijzeroxyde van het potlood opgenomen....	557,06 "	484,2	616,92	508,5	555,89	595,06
BB zuurstofvolumen door de kool opgenomen.....	1112,7 "	1074,	1037,28	1008,1	1071,4	942,84
CC koolzuurvolumen, volgens de oplossing door potasch, herleid als boven..	7,3 "	6,			zuurstof der lucht, in de kool verdigtd.....	onzeker
Koolwaterstofvolumen, aan de verbranding ontsnapt.....	1105,4 "	1068,	onzeker	1008,1	1072,8	onzeker
Zamenstelling van koolz., volgens B en C naar de soortelijke gewigten berekend.	1110,1 "	1066,5	998,27	1008,9	1074,4	968,89
Zamenstelling van koolzuur volgens A en C.....	0	0	32,21	0	19,38	15,89
	72,64 : 27,36	72,96 : 27,04	onzeker	72,88 : 27,12	72,85 : 27,15	onzeker
	72,61 : 27,39	72,62 : 27,38	onzeker	72,89 : 27,11	onzeker	72,85 : 27,15

Wij zien uit bovenstaande opgaven, hoe juist DE SAUSSURE de verschillende voorzorgen en bijzonderheden wist op te merken, en op hoe hoogen trap hij niet alleen de eudiometrie, maar ook het analytische onderzoek gebragt had.

Zijne acht opgaven, welker uiterste getallen 72,61 : 27,39 en 72,96 : 27,04 zijn, geven als gemiddelde 72,89 : 27,21, waaruit wij voor het aequivalent van de koolstof zouden vinden:

$$C = 74,76,$$

wat zeer nabij met het thans aangenomen cijfer, 75,00, overeenkomt.

Wij zouden nu nog de proeven van DAVY ¹ te vermelden hebben, welke hij tijdens zijn verblijf in Florence in het werk stelde, en waarbij hij tot ontsteking van de stukjes kool en diamant de groote lens gebruikte, met welke reeds COSIMO III, groothertog van Toscane, in het laatst der zeventiende eeuw (a^o. 1695) de eerste proeven over de verbranding van diamanten had ondernomen. Maar DAVY, hoewel met vele voorzorgen zijne proeven nemende, trok er zelf geen ander besluit uit, dan dat de diamant zuivere koolstof was en de andere koolsoorten meer of min met waterstof verontreinigd waren. DAVY achtte verder de soortelijke gewigten verkieslijker tot bepaling van het aequivalentgewicht van de kool. Naar de soortelijke gewigten van BIOT en ARAGO geeft hij zeer juist

$$C = 75,4$$

als het ware aequivalent van koolstof aan, maar de verhouding 47:34 welke hij vaak voor de soortelijke gewigten van koolzuur en zuurstof opgeeft, is daarmede niet geheel overeenkomstig.

Hier zijn wij dus weder, even als vroeger bij het water, van het tijdperk, waarop men door meten en wegen van gassen de zamenstelling van het koolzuur zocht te bepalen, tot die periode gekomen, dat men, alom de wet der volumina aangenomen hebbende, alleen uit de kennis der soortelijke gewigten de zamenstelling van het koolzuur opmaakte. Wat verder de vraag betreft, van welk tijdpunt de eigenlijke aequivalent-bepalingen dagteekenen, zoo hebben de voormelde scheikundigen, wat den naam betreft, zich niet daarmede

¹ Ann. de Chim. et Phys. 2^e série, tome 1, p. 16.

bezig gehouden. Zij gaven slechts de soortelijke gewigten en de procentische zamenstellingen der lichamen op; DAVY vertolkte hunne uitspraken in de nieuwe taal, welke GAY-LUSSAC had gevonden.

Ging men nu alleen van de soortelijke gewigten van zuurstof en koolzuur uit, zoo verkreeg men:

Volgens LAVOISIER C = 72,2.

Volgens BIOT en ARAGO C = 75,4.

Volgens DE SAUSSURE C = 73,7.

Ondertusschen had

BERZELIUS ¹

aangetoond, dat in de onzijdige koolzure zouten de zuurstof van het koolzuur twee maal zooveel weegt als die van de basis. Hij vond dit door de koolzure zouten van loodoxyde, baryt en kalk door gloeihitte van hun koolzuurgehalte te bevrijden, waaruit hij hun gehalte aan zuur en basis vond, terwijl hij uit de bekende zamenstelling van het koolzuur en de basis beider zuurstofgehalte afleidde. De koolzure soda werd, in plaats van door roodgloeihitte, door zoutzuur ontleed; uit de bekende zamenstelling der zoutzure soda (chlor-sodium) vond hij dan het gehalte aan soda.

Hij verkreeg op deze wijze:

	ZAMENSTELLING VAN HET ZOUT.		ZUURSTOFGEHALTE VAN	
	basis.	zuur.	basis.	zuur.
Koolzuur-loodoxyde	83,33	: 16,44	5,97	: 11,98.
Koolzure baryt	77,9	: 22,1	8,14	: 16,05.
Koolzure kalk	56,4	: 43,6	15,88	: 31,66.
Koolzure soda	58,8	: 41,2	15,08	: 29,95.

Zoo vond BERZELIUS de zamenstelling der koolzure zouten, daarbij van de *zamenstelling van koolzuur* uitgaande. Omgekeerd kon hij, aannemende dat de verhouding tusschen de zuurstof van basis en zuur juist in rede van 1: 2 was, de zamenstelling van het koolzuur berekenen. Dit deed hij ² uit bovengenoemde analyse van

¹ Ann. de Chimie, 79, p. 261, a°. 1811.

² SCHWEIGGER, Bd. 21, p. 320, a°. 1817.

koolzuur loodoxyde, welke met veel zorg in het werk was gesteld. Zuiver salpeterzuur-loodoxyde was in gedestilleerd water opgelost, en de eerste maal door koolzure soda, de tweede door koolzure ammonia gepraecipiteerd, welk laatste ligchaam echter niet geheel zuiver was. Want toen hij het op de laatste wijze verkregen koolzure loodoxyde gloeide, ontwikkelde zich een branderige reuk van organische deelen uit het onzuivere ammoniazout. Nogtans kwamen de beide analyses goed overeen, gevende het

	PRAECIPITAAT	
	door koolzure soda.	door koolzure ammonia.
Koolzuur.....	16,442.....	16,447.
Lodoxyde.....	83,333.....	83,333.
Water.....	0,225.....	0,220.
	100,000	100,000.

Volgens deze cijfers verbonden zich 100 koolzuur met 506,83 loodoxyde, en deze bevatteden nu naar BERZELIUS 36,24 zuurstof: dus waren in 100 koolzuur $36,24 \times 2$ zuurstof voorhanden, waaruit volgde

$$\frac{C : O^2 = 100}{200} = 72,48 : 72,48$$

$$C = 75,9.$$

Dergelijke proeven van CHEVREUIL gaven

$$C = 73,6.$$

BERZELIUS verliet evenwel zelf weder den ingeslagen weg, en nadat hij met DULONG in 1819 de soortelijke gewigten der gasen op nieuw had bepaald (zie pag. 49), nam hij het uit de nieuw gevonden digtheden van koolzuur en zuurstof voorspruitende cijfer aan, zijnde

$$C = 76,528 \text{ } ^1.$$

Dit cijfer van DULONG en BERZELIUS bleef twintig jaren lang overal gelden, behalve in Engeland, waar men reeds lang met het ronde cijfer gered was.

¹ BERZELIUS geeft vaak minder juist $C = 76,438$ aan.

Maar langzamerhand begon men het onhoudbare van dit equivalentgetal in te zien, en kwam het aan het licht dat, terwijl DULONG's soortelijke gewigtsbepaling van koolzuur (voor zuurstof = 1) juist was, het daaruit berekende equivalentgetal van de koolstof bezijden de waarheid was. Nooit is in de scheikunde een cijfer zoo onwederlegbaar gevallen, nooit is die val zoo eervol geweest voor degenen, welke het cijfer gegeven hadden, dan hier, bij het equivalent der koolstof, plaats had.

Het was de meerdere volmaking van de elementair-analysen, welke de scheikundigen op het spoor bracht van eene tegenstrijdigheid, welke zich bij de ontleding van *koolwaterstoffen* vertoonde. Bij deze verbindingen werd namelijk beide de kool (als koolzuur) en de waterstof (als water) gewogen, en nu verkregen de uitstekendste scheikundigen uit hunne beste proeven volgens de aangenomen samenstelling van water en koolzuur *meer kool* en *waterstof*, dan het gewigt der zelfstandigheid bedroeg, waarvan zij waren uitgegaan.

Van 100 deelen naphthaline uitgaande, wier formule door FARADAY op $C^{16}H^{20}$ was vastgesteld, verkregen:

	C.	H.	SOM.
FARADAY, volgens de oude equivalenten			
en uit de analyse.....	93,87	6,13	100,00.
LAURENT, uit de bepaling van het koolzuur	92,42.		
in gasvorm.....	93,79.		
	93,79.		
OPPERMANN, uit de analyse.....	93,51	6,79	100,30.
	94,39	6,34	100,73.
	94,69	6,07	100,76.
	94,20	6,36	100,50.
	94,22	6,30	100,52.
DUMAS, uit de analyse.....	94,27	6,26	100,53.
	94,90	6,10	101,00.
	94,90	6,20	101,10.
MARCHAND, uit de analyse.....	93,98	6,18	100,16.
	94,20	6,18	100,55.
	94,39	6,21	100,60.
	94,49	6,53	101,02.
WOSKRESENSKY, uit de analyse.....	94,60	6,29	100,89.
	94,62	6,53	101,15.
	95,03	5,38	100,41.

Dit te hooge gehalte aan kool en de grootere som der uit de berekening afgeleide grondstoffen moest dus, nevens de omstandigheid, dat bij eene elementair-analyse het water altijd te hoog gevonden wordt, haren grond hebben óf in het aequivalentgetal van de waterstof, óf in dat van de koolstof, óf in fouten bij de elementair-analyse der naphthaline.

De daadzaak was echter niet alleen voor de naphthaline bewezen; MITSCHERLICH vond in 100 deelen Benzin:

C.	H.	som.
92,62	7,76	100,38;

dergelijke uitkomsten verkreeg LIEBIG voor het Asparamied, enz.

In het aequivalent van de waterstof kon de geheele fout niet liggen; daarvoor was de verhouding van de waterstof te klein en de fout te groot; er bleef dus niet anders over, dan de fout in het aequivalent van de kool te zoeken. Er werden dan ook uit de analyses van koolwaterstoffen eenige aequivalenten berekend, waaronder:

DUMAS	C = 75,9.
MITSCHERLICH	C = 75,1.
FOWNES ¹	C = 75,75.

Ondertusschen was het onderzoek der koolwaterstoffen wel geschikt, om de onhoudbaarheid van het oude cijfer aan te toonen; maar deze verbindingen waren te vlugtig en te moeilijk zuiver te verkrijgen, dan dat men ze met vertrouwen tot eene nieuwe aequivalentbepaling kon gebruiken.

Aan den anderen kant was door RUDBERG de uitzettingscoëfficiënt van het koolzuur gewijzigd, en door de proeven van DESPRETZ begon er twijfel te bestaan, of het koolzuur wel aan de wet van MARIOTTE voldeed, en of dus het aequivalent van de koolstof, uit het soortelijke gewigt van koolzuur opgemaakt, wel te vertrouwen was.

BERZELIUS besloot derhalve met SVANBERG zijne oude analyses van het *koolzure* loodoxyde te herhalen ², en daarnevens ook het *zuringzure* loodoxyde te onderzoeken.

¹ Philos. Magaz. 14, 62.

² Pogg. 47, p. 199.

Het koolzure loodoxyde was verkregen, door zuiver salpeterzuur-loodoxyde met koolzure ammonia in overvloed neder te slaan; het werd daarna volkomen uitgewasschen en bij 165° C gedroogd. Na gewogen te zijn, werd het in eenen platinakroes tot de roodgloeihitte verwarmd, boven zwavelzuur geplaatst en na afkoeling gewogen; 17,8005 gram koolzuur-loodoxyde lieten 14,855 gram loodoxyde achter, waaruit:

$$C = 76,405.$$

Het zuringzureloodoxyde werd eerst uit azijnzuur-loodoxyde, daarna uit salpeterzuur-loodoxyde door zuringzuur nedergeslagen, en voorts gedroogd, gewogen, verbrand en weder gewogen; hierbij was echter lood herleid, welks gewigt door het oplossen van de gegloeide massa in azijnzuur bepaald, en op het overeenkomende gewigt van loodoxyde terug gebracht werd.

Uit het door azijnzuur-loodoxyde verkregen zout vond BERZELIUS:

$$C = 76,511;$$

uit het door salpeterzuur-loodoxyde verkregen zout daarentegen:

$$C = 76,782 \text{ en } 77,068;$$

maar dit laatste zout was altijd geneigd, een dubbelzout met het salpeterzure loodoxyde te vormen, hetwelk moeilijk door uitwasschen te ontleden was, en er was daarenboven bij de laatste proef een spoor van het herleide lood bij het wege verloren gegaan; — weshalve BERZELIUS slechts de twee eerstgemelde cijfers voor het equivalent van kool als geheel te vertrouwen beschouwde, en daaruit het gemiddelde

$$C = 76,458$$

opmaakte, wat met zijne bepaling naar de soortelijke gewigten overeenstemde. Het is opmerkelijk, dat het koolzure loodoxyde dit cijfer, zoozeer van andere getallen afwijkende, gegeven heeft ¹.

LIEBIG EN REDTENBACHER

gingen op den door BERZELIUS ingeslagen weg voort, en onderzochten de samenstelling van het *wijnsteenzure*, *azijnzure*, *druivenzure* en *appelzure zilveroxyde*.

¹ Zie Verhandel. van den Heer L. MULDER.

Het wijnsteenzure zilveroxyde was uit het salpeterzure zout, bij 80° C, nedergeslagen door zuivere wijnsteenzure natronkali, waaraan men de zwakke alkalische reactie door salpeterzuur ontnomen had. — Het azijnzure zilveroxyde werd uit gedeeltelijk met ammonia verzadigd azijnzuur door salpeterzuur zilveroxyde neêrgeslagen; — het druivenzure zilveroxyde werd uit gedeeltelijk door ammonia verzadigd druivenzuur door salpeterzuur zilveroxyde neêrgeslagen; — het appelzuur werd, ter behandeling met het salpeterzure zout, vooraf aan kalk gebonden.

Door het wegen van het gedroogde zout en van het na gloeiing teruggelaten zilvermetaal konden zij met behulp der voor deze zouten vastgestelde formules het equivalentgewicht van de koolstof berekenen, wanneer zij van die van zilver, waterstof en zuurstof uitgingen. Zij gingen nu uit van zuurstof = 100, waterstof = 12,48, zilver = 1351,6, en verkregen de volgende uitkomsten:

Wijnsteenzure zilveroxyde	Azijnzure zilveroxyde	Druivenzure zilveroxyde	Appelzuur
1351,6	1351,6	1351,6	1351,6
100,0	100,0	100,0	100,0
12,48	12,48	12,48	12,48
100,0	100,0	100,0	100,0
1351,6	1351,6	1351,6	1351,6
100,0	100,0	100,0	100,0
12,48	12,48	12,48	12,48
100,0	100,0	100,0	100,0
1351,6	1351,6	1351,6	1351,6
100,0	100,0	100,0	100,0
12,48	12,48	12,48	12,48
100,0	100,0	100,0	100,0
1351,6	1351,6	1351,6	1351,6
100,0	100,0	100,0	100,0
12,48	12,48	12,48	12,48
100,0	100,0	100,0	100,0
1351,6	1351,6	1351,6	1351,6
100,0	100,0	100,0	100,0
12,48	12,48	12,48	12,48
100,0	100,0	100,0	100,0

GEWIGT VAN HET ZOUT IN GRAMMEN.	GEWIGT VAN HET ZILVER.	ZILVER IN PROCENTEN.	GEWIGT VAN VIER AEQUIVAL. KOOLSTOF.	AEQUIVALENT VAN KOOLSTOF.
AZIJNZUUR-ZILVEROXYDE $C^4 H^3 O^3 Ag O$.				
4,8735	3,1490	64,615	302,745	75,686
7,5870	4,9030	64,624	302,458	75,615
6,4520	4,6950	64,623	302,465	75,616
5,7905	3,7415	64,614	302,758	75,689
4,1000	2,6490	64,610	302,905	75,726
		Gemiddelde.	302,634	75,638
WIJNSTEENZUUR-ZILVEROXYDE $C^4 H^2 O^5, Ag O$.				
3,8400	2,2770	59,297	302,824	75,706
2,7597	1,6365	59,299	302,704	75,676
3,2356	1,9183	59,287	303,135	75,709
5,4217	3,2147	59,293	302,964	75,741
0,9630	0,5710	59,295	302,939	75,735
		Gemiddelde.	302,925	75,731
DRUIVENZUUR-ZILVEROXYDE $C^4 H^2 O^5, Ag O$.				
5,2640	3,1210	59,290	303,104	75,776
9,2668	5,4945	59,292	302,994	75,749
4,6730	2,7705	59,287	303,184	75,796
1,6320	0,9675	59,283	303,354	75,838
6,5976	3,9113	59,284	303,325	75,831
		Gemiddelde.	303,145	75,786
APPELZUUR-ZILVEROXYDE $C^4 H^2 O^4, Ag O$.				
6,8730	4,2610	61,996	303,575	75,894
4,2635	2,6440	62,015	302,924	75,731
4,4305	2,7495	62,059	301,385	75,346
5,6490	3,5030	62,011	303,054	75,364
4,6820	2,9015	61,972	304,444	76,111
		Gemiddelde.	303,141	75,785

Voor het gemiddelde, uit al hunne proeven te zamen, verkregen zij:

$$C = 75,735.$$

Maar hierbij was de herleiding op het luchtledige verzuimd, als deze was aangebragt, werd hun cijfer:

$$C = 75,854.$$

Na deze analyses verrigt te hebben, berekenden **LIEBIG** en **REDTENBACHER** het equivalent der koolstof uit de analyses van wijnsteen- en druivenzuur-loodoxyde, door **BERZELIUS** gedaan, waarbij zij gebruik maakten van zijn nieuwe equivalentgewicht voor lood, $Pb = 1294,26$, uit de herleiding van loodoxyde, door waterstof gevonden ¹.

Zij vonden uit de analyse van:

WIJNSTEENZUUR-LOODOXYDE.				
	ZOUT.	LOODOXYDE.	AEQUIVALENT- GEWIGT VAN HET ZOUT.	AEQUIVALENT- GEWIGT VAN KOOLSTOF.
1.	2,000	1,25449	2223,191	75,936
2.	2,000	1,25439	2223,460	76,003
3.	2,000	1,25522	2221,904	75,614
4.	2,887	1,81212	2221,871	75,606
GEMIDD...	8,8873	5,57617	2222,531	75,771.
DRUIVENZUUR-LOODOXYDE.				
	ZOUT.	ZILVER.	AEQUIVALENT- GEWIGT VAN HET ZOUT.	AEQUIVALENT- GEWIGT VAN KOOLSTOF.
GEMIDD...	2,000	1,2550	2222,290	75,711

¹ Pogg 49 (19), p. 310, 1830. Zie deze proeven uitvoerig vermeld in de verhandeling van den Heer L. MULDER, bl. 31.

CLARKE ¹ had uit dezelfde analyses, na de herleiding op het luchtledige, gevonden:

maximum. C = 75,92.

minimum. C = 75,26.

medium. C = 75,28.

De analyses van LIEBIG en REDTENBACHER, in verband met die van BERZELIUS, omtrent wijnsteen- en druivenzuur-lood-oxyde, schenen dus bewezen te hebben, dat het equivalent van de koolstof ongeveer

$$C = 75,8$$

was, en de goede overeenkomst der uitkomsten van zoo vele proeven zoude voorzeker niemand meer aan de juistheid doen twijfelen, zoo wij niet nog twee reeksen van proeven te vermelden hadden, welke nog schooner overeenkomen, en met bovengemeld cijfer in regtstreeksche tegenspraak zijn. Het zijn die omtrent de verbranding van diamant en graphiet; de eersten, die wij hierin weder bezig vinden, zijn:

DUMAS EN STAS ².

Het is opmerkelijk, dat wij, nadat deze wijze, om de zamenstelling van het koolzuur en het equivalent van de koolstof te bepalen, sinds zoo lange jaren geheel en al was verlaten, de scheikundigen daartoe zien terugkeeren en daaruit de heerlijkste uitkomsten verkrijgen. Maar de toestel, dien DUMAS en STAS gebruikten, en de methode, om hun koolzuur te wegen, in plaats van te meten, liet ook eenen graad van naauwkeurigheid toe, die in geene vergelijking komt met de oude wijze. Het moet evenwel herinnerd worden, dat reeds DE SAUSSURE langs dezen weg zeer nabij aan de waarheid kwam, en dat het niet aan hem moet geweten worden, dat hij niet evenzeer overeenstemmende uitkomsten verkreeg, als die, welke wij nu zullen nagaan.

DUMAS en STAS gebruikten voor hunne eerste proeven: natuurlijke graphiet van Ceylon, welke met potasch gegloeid, en, daarna door uitwasschen van haar kiezelzuur bevrijd, met salpeterzuur en

¹ The Athenacum 1839, p. 675. BERZEL. Jahresb., a^o. 1841.

² Ann. de Chimie et phys., 3e. serie, I, 1.

koningswater van ijzer en andere bases gezuiverd werd, terwijl bij de gloei-hitte, in eenen stroom van chloor, de laatste deelen van ijzer en kiezel werden weggenomen. Na uren lang aldus behandeld te zijn, was de graphiet nog niet zuiver van ingemengde kwartskorreltjes, en door het zuur was zijne oppervlakte gebarsten en zeer geneigd, om lucht te verdigten.

Daarom gebruikten zij voor eene volgende reeks van proeven kunstmatige graphiet, uit eene ijzermassa uit een' hoogoven, welke met houtskool gestookt was. Het ijzer werd door zoutzuur verwijderd, de kool eerst met koningswater, daarna met sterke potasch gekookt, ten laatste bij gloei-hitte in een' stroom van chloor gebragt; — nochtans waren ook hier kwartskorreltjes ingemengd gebleven.

Ten laatste gingen zij er dan toe over, om diamanten te verbranden; om eenigzins voldoende resultaten te bekomen, moesten zij echter tien à twaalf gram diamant verbranden, zoodat zij niet tot deze kostbare proefnemingen overgingen, dan toen zij op de voorgaande wijzen hunne methode naauwkeurig getoetst en verbeterd hadden. Deze proeven dan gaven hun de naauwkeurigste uitkomsten; maar zij vonden toch steeds eenig overschot van asch, hetwelk zij van het gewigt der verbrande diamantjes moesten aftrekken.

De eerste proeven omtrent de natuurlijke graphiet werden in het werk gesteld met den toestel, welke op plaat 6, fig. 1 is afgebeeld, en overeenkomt met de van ouds voor elementair-analysen gebruikelijke inrigting. De verbrandingsbuis was gevuld met chloorzure potasch (1), waaruit de zuurstof ontwikkeld werd, en met koperoxyde (2 en 4), dat bij de verbranding der kool (3) diende. Eene buis met chloorcalcium (5) en eene dergelijke (6) met puimsteen en zwavelzuur gevuld hielden het water, de kaliapparaten van LIEBIG (7 en 8) en het buisje met stukjes potasch (9) hielden het koolzuur terug; terwijl een laatste buisje met potasch (10) diende, om de vochtigheid der lucht af te sluiten en den toestel door te zuigen.

Maar de kunstmatige graphiet vorderde eene veel hoogere temperatuur voor hare verbranding, dan zij meenden dat de glazen buis zoude kunnen verdragen, en hoewel de diamant minder groote hitte vereischte, zoo zoude het roekeloos geweest zijn, zich aan het mislukken van de proef door het springen van de buis bloot te stellen; ook vreesden zij, dat bij eene inrigting als de vorige, waar telken-

male de buis moet worden vernieuwd en de toestel uit elkander genomen, de vochtigheid der lucht niet zoude kunnen buiten gesloten worden. Het was daarom, dat zij bij hunne latere proeven tot den toestel overgingen, dien wij plaat 6 fig. 2 afgebeeld vinden.

De kool werd hier geplaatst in een platinaschaaltje, hetwelk in eene porceleinen buis, te midden van een oven gebragt werd. Door die buis werd nu een stroom van zuurstof geleid; deze zuurstof, boven kalkwater (1 en 2) verkeerende, werd gevoerd door eene buis van een meter lengte, waarin puimsteen met potaschoplossing, stukjes potasch en puimsteen met zwavelzuur waren gebragt, om koolzuur en water terug te houden, terwijl een proefbuisje met puimsteen en met zwavelzuur (6) de volkomen droogheid van het gas aantoonde. Aan het einde der porceleinen buis was eenig koperoxyde (8) aangebragt om, zoo er eenig kooloxyde mogt worden medegevoerd, dit gas in koolzuur te veranderen; bij de verbranding van den diamant voegden zij daar achter nog eene lange buis met koperoxyde (9), welke tegelijk met het verwarmen van den oven in gloeiing werd gebragt en tot hetzelfde doeleinde diende.

Het gevormde koolzuur streek nu eerst door een buisje met puimsteen en zwavelzuur, waar het gevormde water, uit mogelijk waterstofgehalte van de kool ontstaan, werd afgezet, terwijl het koolzuur in een kaliapparaat (11) en twee Uvormige buizen (12 en 13) met puimsteen en potrsch werd opgenomen. Eene buis met puimsteen en zwavelzuur (14) diende om de waterdamp, die uit de gemelde toestellen tot terughouding van het koolzuur mogten medegevoerd zijn, terug te houden, en eene andere met poeder van potasch sloot de vochtigheid en het koolzuur van de lucht buiten.

Verder had de bewerking niets bijzonders. Men overtuigde zich voorloopig, door het doorstromen van zuurstof door de buizen, die het koolzuur en het water moesten opnemen, dat de zuurstof geheel zuiver was, en voerde vervolgens drooge lucht door, en woog gemelde buizen. Nu werd de gewogen kool op het platinaschaaltje in de porceleinen buis gebragt, de zuurstof doorgevoerd en het vuur in het fornuis gebragt. De verbranding liep zonder ongevallen af, en men woog, na weder lucht te hebben doorgevoerd, de toestellen, die het koolzuur en het water hadden opgenomen en de overgebleven asch op het platinaschaaltje werden gewogen. Zij verkregen de volgende uitkomsten.

VERBRANDE KOOL NA AFTREK VAN DE ASCH.	TERUGGEBLE- VEN ASCH.	WATER UIT DE KOOL ONTSTAAN 10 (fig. 2).	KOOLZUUVORMING.				AFEQUIVALENT VAN KOOLSTOF.	
			TOENAME VAN 11 (fig. 2), d. i. 7 (fig. 1).	TOENAME VAN 12 (fig. 2), d. i. 8 (fig. 1).	TOENAME VAN 13 (fig. 2), d. i. 9 (fig. 1).	TOENAME VAN 14 (fig. 2), MEDE- GEVOERD WATER		GEVORMD KOOLZUUR.
Natuurlijke graphiet.								
1,000 gram.			3,636	0,018	0,017	3,671	74,91	
0,998			3,639	0,008	0,013	3,660	75,04	
0,994	0,006		3,630	0,005	0,010	3,645	74,996	
1,216			4,404	0,042	0,015	4,461	74,946	
1,471	0,001		5,359	0,016	0,020	5,395	74,99	
Kunstmatige graphiet.								
0,997	0,001		3,621	0,008	0,013	3,642	74,87	
0,998	0,001		3,646	0,011	0,005	3,662	74,90	
1,660	0,005		6,017	0,034	0,030	6,085	75,02	
1,465		0,002	5,290	0,036	0,000	5,369	75,12	
Diamant.			hier werd mede alles te zamen gewogen.....				5,365	75,05
0,708	0,009		2,532	0,017	0,042	2,598	74,92	
0,864			3,127	0,0145	0,021	3,1675	75,00	
1,219			4,407	0,021	0,030	4,465	75,10	
1,232	0,001	0,001	hier werd alles te zamen gewogen.....				4,517	75,00
1,375	0,002	0,002	4,939	0,076	0,000	5,042	75,00	
			hier werd mede alles te zamen gewogen.....				5,042	75,00
						5,041	74,99	
							GEMIDDELDE.....	75,005

Wij zien uit deze opgaven, dat de voorzorgen, om drie buisjes tot opname van het koolzuur te gebruiken, en een buisje om het uit de toestellen voortgedreven water te verzamelen, niet overbodig waren; wij zouden zelfs genegen zijn om te vragen, of er niet meer buisjes moesten aangebragt zijn, maar voorloopige proeven van DUMAS en STAS leerden hun, zoo als zij opgeven, dat dit overbodig was.

Wat de 0,002 en 0,001 gram. water betreft, welke somwijlen in het buisje met zwavelzuur achter de verbrandingsbuis gevonden werden, zoo zijn deze waarschijnlijk ontstaan door vochtigheid der lucht, die bij het inbrengen van het platinaschaaltje in de porceleinen buis binnendrong. Zoo het echter uit een waterstofgehalte van de kool voortsproot, zoude dit in allen gevalle slechts 0,0002 en 0,0001 bedragen, en dus geheel buiten de grenzen van de proef gelegen zijn. DUMAS en STAS overtuigden zich ook, dat de herleiding tot het luchtledige hier niet in aanmerking kwam. Want de lucht die door één gram. diamant verplaatst werd, woog 0,0004 gram.; met dat gram. kwam nu overeen een gewigt van 3,666 gram. koolzuur, welke, in de potasch verdigt, 0,0007 gram. lucht verplaatsten. In evenredigheid van den diamant verplaatste het verdigte koolzuur dus wel wat minder lucht, maar dit verschil lag buiten de waarneming. Het gemiddelde getal, dat uit al de proeven van DUMAS en STAS voortvloeit, is 75,005, en zij stelden diensvolgens het cijfer

$$C = 75,00,$$

hetwelk wij als uitdrukking van de waarheid kunnen vasthouden in denzelfden en in nog engeren zin, waarin wij zulks voor de waterstof hebben opgevat. Want hier ligt voorzeker de overgang van het middelbare getal tot het aangenomen cijfer geheel binnen de waarnemingsfouten.

Deze proeven van DUMAS en STAS werden herhaald door

ERDMANN EN MARCHAND ¹

die hunne proeven met zeker vooroordeel tegen het nieuwe cijfer aanvingen, maar daarom des te beter in staat waren, om de methode in allen deele te toetsen. Zij vreesden, dat de neiging van

¹ ERDMANN'S Journ., bd. 23, n^o 1841.

potasch, om zuurstof op te nemen, eene bron van fouten mogt zijn, waardoor het gewigt der toestellen, die het koolzuur opnamen, na de proef te hoog uitviel. Maar zij overtuigden zich van de overdrevenheid van deze vrees, want als zij deze toestellen eerst met lucht en daarna met zuurstof gevuld wogen, was hun gewigt van 143,202 gram. op 143,230 gram. gebragt, en dit verschil van 0,028 gram. moest alleen worden toegeschreven aan het grootere soortelijke gewigt van de zuurstof; wanneer zij later weder lucht door den toestel leidden, werd het gewigt weder op 143,202 gram. gebragt, zoodat er niet de minste zuurstof te veel was teruggebleven, en daar zij even als DUMAS na afloop van de verbranding der kool steeds een luchtstroom door de koolzuurhoudende toestellen lieten strijken, waren zij in dit opzigt zeker van hunne uitkomsten.

ERDMANN en MARCHAND volgden de inrigting van DUMAS, maar zij bevonden dat de buis met koperoxyde (fig. 2) overbodig was, daar er nimmer kooloxyde ontstond. Om de medevoering van zwavelzuur door den stroom van zuurstof te vermijden, vervingen zij de droogbuisjes met zwavelzuur door chloorcalcium-buisjes, nadat zij zich overtuigd hadden, dat chloorcalcium geen koolzuur terughield ¹.

Zij verkregen steeds een gehalte van asch bij de kool en de diamant; die asch nu was hoofdzakelijk kiezelzuur, en zij meenden, dat deze misschien als *siliciummetaal* in den diamant voorhanden kon zijn; maar de rekening, volgens deze vooronderstelling uitgevoerd, gaf geen merkbaar verschil in de uitkomst, gelijk de laatste kolom van de tafel leert. Ook overtuigden zij zich van de onmerkbaarheid van het waterstofgehalte der kool: meer dan een gram diamant of graphiet gaven 0,0005 à 0,00075 gram. Zie hier de uitkomsten hunner proeven:

¹ Dit geschiedt, zoo het chloorcalcium *niet* alcalisch reageert.

VERBRANDE KOOL NA AFTEK VAN DE ASCH.	TERUGGEBEVEN ASCH.	KOOLZUURVORMING. TOEKAME VAN HET					VERKEGEN KOOLZUUR.	AERQUIVAL. VAN KOOL- STOF.	DITO NA HERLEIDING.
		EERSTE KALI- APPARAAT.	TWEDE KALI- APPARAAT.	EERSTE U- VORMIGE BUISJE.	TWEDE U- VORMIGE BUISJE.	DERDE U- VORMIGE BUISJE.			
Natuurlijke graphiet.									
1,5376 gram.	0,0370	5,6095	0,0234	0,0029	0,0009	0,0000	75,02		
1,6494 "	0,0084	6,0185	0,0183	0,0015	0,0001	0,0000	75,18		
1,4505 "	0,0075	5,3032	0,0090	0,0025	0,0010	0,0000	75,05		
Kunstmatige graphiet.									
1,8935 gram.	0,0105	6,9235	0,0075	0,0035	0,0010	0,0000	75,10		
Diamant.									
0,8052 gram.	0,0010	2,9410	0,0028	0,0029	0,0000	0,0000	75,19	75,21	
1,0858 "	0,0009	3,9746	0,0097	0,0032	0,0000	0,0000	74,84	74,88	
1,3557 "	0,0018	4,9573	0,0045	0,0023	0,0016	0,0002	75,10	75,17	
1,6305 "	0,0025	5,9687	0,0062	0,0030	0,0015	0,0000	74,98		
0,7500 "	0,0010	2,7425	0,0025	0,0020	0,0015	0,0005	75,03		
GEMIDDELDE							75,028		

Wij zien uit hunne opgaven, dat zij nog meer buisjes tot verzameling van koolzuur en water hebben gebruikt, dan DUMAS en STAS, maar dat het laatste buisje niet merkbaar meer in gewigt toenam; voorts weten wij waarlijk niet, aan welke proeven wij meer waarde zullen hechten, aan die van DUMAS en STAS, dan wel aan die van ERDMANN en MARCHAND; beide reeksen zijn even schoon en verdienen evenzeer geroemd te worden. Maar de uitkomst uit beide is dezelfde, en wij moeten ook uit de proeven van ERDMANN en MARCHAND het cijfer

$$C = 75$$

aannemen; het was daartoe niet noodig dat RÖBER ¹ door de methode der kleinste quadraten hun waarschijnlijkste fout zocht, en voor beide reeksen te zamen opmaakte:

$$C = 75,006 + 0,0128,$$

$$\text{of } C = 74,9917 \pm 0,0093.$$

$$\text{besluit } C = 75,00.$$

Waarschijnlijke fouten toch kan men dan alleen bepalen, als men de bron kent, waaruit die fouten komen, en de natuurwetten, waarvan zij afhangen. Men ware door de methode der kleinste quadraten nooit van het cijfer van BERZELIUS op het nieuwe getal gekomen, en zoo bij dit nieuwe getal eene natuurwet in het spel kwam, die daarop invloed had en die wij niet kenden, dan zoude de methode van de kleinste quadraten ons die niet aanwijzen. Maar het cijfer van DULONG en BERZELIUS nu? Wij hebben het bij de soortelijke gewigten vermeld, hoe v. WREEDE en REGNAULT bewezen, dat het koolzuur onder de drukking van den dampkring niet aan de wet van MARIOTTE voldeed, en dat men dus door berekening uit het soortelijke gewigt van koolzuur nimmer het juiste equivalentgetal van de koolstof kon vinden. Wat echter de vraag betreft, of de digtheid van het koolzuur dan naar DULONG en BERZELIUS juist was, zoo vinden wij, dat zij juist is met betrekking tot die van zuurstof; in rede van die der lucht verschillen beide van de latere opgaven, maar REGNAULT zelf zeide immers, dat de lucht eene onzekere eenheid voor de soortelijke gewigten

¹ ERDMANN'S Journ. 24.

was? DULONG en BERZELIUS zijn dus onoverwonnen uit den strijd teruggekomen, maar hun cijfer is gevallen.

Welk een grooten invloed deze verandering van het aequivalentgewicht der koolstof op de organische analyses had, kan men ligtelijk nagaan, daar het bleek, dat zelfs bij die lichamen, door welke men de fout ontdekt had, de gevonden hoeveelheid koolstof nog te gering was. De elementair-analyse werd verbeterd, zoodat men al het koolzuur leerde opzamelen, en vele formules werden veranderd, want vooral op de waterstof met haar zoo kleine aequivalentgewicht had deze verandering grooten invloed.

Maar wij staan verlegen met de schoone overeenkomst tusschen de proeven van LIEBIG en REDTENBACHER, die toch zoo zeer van voornoemde reeksen afwijken. Heeft de koolstof misschien twee aeq.gewigten? De toekomst zal het leeren. Voor het oogenblik zijn wij nog in het onzekere, want of STRECKER¹ door de methode der kleinste quadraten de zaak heeft opgehelderd, moeten wij zeer betwijfelen. Hij heeft uit de proeven van LIEBIG en REDTENBACHER afgeleid:

$$C = 75,415 \pm 0,01,$$

terwijl hij weder door eene andere rekening

$$C = 75,51 \text{ en } C = 73,81$$

vindt, en wel het laatste in de vooronderstelling dat het zilverzout eenig overschot aan zilver geeft. Wanneer de methode van LIEBIG en REDTENBACHER werkelijk zulke wijzigingen toeliet, dan zoude niemand meer aarzelen, om haar voor goed als ontoepasselijk te verklaren; vooralsnog blijven hunne uitkomsten nevens het algemeen aangenomen cijfer 75,00 wel is waar niet erkend, maar toch onwederlegbaar staan.

Wij laten hier tot besluit nog eene opgave volgen van de verschillende aequivalentgewigten van de koolstof, zoo als zij zijn, of uit het soortelijke gewigt van koolzuur (verkeerdelijk) zouden kunnen afgeleid worden.

¹ Annal. der Chem. und Pharm. 59.

N A M E N DER ONDERZOEKERS.	UIT DE DIGTHEDEN VAN KOOLZUUR EN ZUURSTOF.	UIT DE VERBRANDING VAN KOOL, DOOR HET VER- KREGEN KOOLZUUR	UIT ANALYSEN VAN ZOUTEN EN KOOLWATER- STOFFEN.
		TE METEN.	
LAVOISIER (1784).....	72,18	77,77 (63,16)	
TENNANT (1797).....		76,95	
GUYTON MORVEAU (1799).....		43,50	
CLÉMENT EN DESORMES (1802).....		79,13	
" " " (1803).....		73,60 82,90	
BIOT EN ARAGO (1805).....	75,39		
ALLEN EN PEPYS (1807).....		80,11	
DE SAUSSURE (1809).....	73,70	74,76	
BERZELIUS (1811).....			75,9
CHEVREUIL.....			73,6
DULONG EN BERZELIUS (1819).....	76,53		
BUFF.....	75,42		
DUMAS (1838).....			75,9
MITSCHERLICH (1838).....			75,1
BERZELIUS (1839).....			76,5
TOWNES (1840).....			75,7
LIEBIG EN REDTENBACHER (1840).....			75,8
		TE WEGEN.	
DUMAS EN STAS (1841).....		75,00	
ERDMANN EN MARCHAND (1841).....		75,00	
V. WREEDE (1841).....	75,10		
REGNAULT (1845).....	76,60		
MARCHAND (1846).....	76,44		

AEQUIVALENT-GEWIGT

VAN DE

STIKSTOF.

PRIESTLEY en zijne tijdgenooten, de ontdekkers van de stikstof, waren meestal van meening, dat de stikstof eene zamengestelde verbinding was, maar de strijd, welke gedurende zoo vele jaren over de zamengesteldheid van stikstof voortgeduurd heeft, eerst door PRIESTLEY, TROMMSDORF, DEIMAN en PAETS VAN TROOSTWIJK, toen door BERZELIUS gevoerd, behoort niet hier ter plaatse; evenmin maken wij hier gewag van de langdurige bemoeijingen van BERZELIUS, om zuurstof in ammoniak aan te toonen, maar wenden ons terstond tot de equivalentbepalingen van de stikstof, waarvan evenwel de reeds behandelde soortelijke gewigtsbepalingen van stikstof en zuurstof het voornaamste gedeelte uitmaken. Wij herinneren deze dus hier ter plaatse, tot beter overzicht van de verdere onderzoekingen.

SOORTELIJK GEWIGT VOOR AEQUIVALENTGEWIGT
ZUURSTOF = 1. VAN STIKSTOF.

LAVOISIER.....	0,8757.....	175,14.
BIOT en ARAGO.....	0,87815.....	175,63.
DULONG en BERZELIUS.....	0,88518.....	177,04.
DUMAS en BOUSSINGAULT...	0,87908.....	175,82.
REGNAULT.....	0,87856.....	175,71.

Behalve deze cijfers waren het voornamelijk de salpeterzure zouten, door welke men het equivalentgewicht van de stikstof bepaalde.

Wat de salpeterzure zouten aangaat, zoo vinden wij BERGMAN en KIRWAN reeds met hun onderzoek bezig.

KIRWAN nam 1523 grein koolzure potasch, welke in water opgelost werden; zijne oplossing woog 4570 grein.

Hij nam nu 360 grein van deze oplossing, welke dus 120 grein koolzure potasch bevatteden, verdunde deze met 622 grein water, en verzadigde hen met 436 grein verdund salpeterzuur; de oplossing van de onzijdige salpeterzure potasch woog nu 1384 gram, en er waren dus $360 + 622 + 436 - 1384 = 34$ grein koolzuur ontweken; hieruit vond hij voor het gewigt van de in het zout voorhanden bijtende potasch $120 - 34 = 86$ grein. Hij bepaalde nu het soortelijke gewigt van de oplossing van het salpeterzure zout, en onderzocht aan den anderen kant, hoeveel drooge salpeter hij in eene zekere hoeveelheid water moest oplossen, om eene oplossing van hetzelfde soortelijke gewigt te verkrijgen. Hij vond nu, dat hij daartoe 112 grein salpeter in 720 grein gedestilleerd water op moest lossen, en dat dus eene oplossing van dezelfde sterkte als die van het salpeterzure zout $\frac{1}{7,428}$ gedeelte zout bevatte.

Er waren dus in zijne oorspronkelijke oplossing voorhanden $\frac{1384}{7,428} = 186,32$ grein zout; deze bevatteden 86 grein bijtende potasch, en derhalve 100,32 grein zuur, waaruit hij in procenten voor de zamenstelling van salpeter vond:

46,15 potasch en 53,85 salpeterzuur.

Dit was dan de wijze van onderzoek der ouden, maar men moest eerst de zamenstelling van salpeterzuur vinden, om daaruit tot het equivalentgewicht van de stikstof op te klimmen.

Hierover nu was lang strijd; DAVY en GAY-LUSSAC hadden voor de zamenstelling van salpeterzuur gevonden

69,5 O + 31,5 N;

BERZELIUS vond door salpeterzure baryt, en salpeterzuur lood-oxyde te gloeijen, dat 100 deelen salpeterzuur 14,65 deelen zuurstof in de basis verzadigden.

Deze twee daadzaken lieten zich niet zamen overeenbrengen, wanneer BERZELIUS de wet vasthield, dat de zuurstof van het zuur een geheel veelvoud van dat der basis was. NO^3 was te groot en NO^5 te klein; en zelfs toen het meer en meer bleek, dat NO^5 de waarheid moest zijn, kon BERZELIUS zich niet met dit cijfer

vereenigen, omdat deze verbinding hem niet eenvoudig genoeg voorkwam. Hij stelde daarom het salpeterzuur voor als eene verbinding van zes gewigtsdeelen (drie maten) zuurstof en één gewigtsdeel (ééne maat) *nitricum*, een hypothetisch ligchaam, dat zich met één gewigtsdeel zuurstof tot stikstof zoude verbinden. Maar hij liet ten laatste dit denkbeeld varen, toen hij ligchamen van dezelfde zamenstelling als die van salpeterzuur leerde kennen. Zijne proeven met DULONG over de soortelijke gewigten (a°. 1819) ¹ gaven hem

$$N = 177,0;$$

zijne ontleding van salpeterzuur-loodoxyde (a°. 1818) ², dat op 67,31 deelen loodoxyde (waarin 7,171 zuurstof) 32,69 salpeterzuur bevatte, gaf hem volgens de formule NO^5

$$N = 177,2$$

en de overeenkomst tusschen deze cijfers was enen BERZELIUS waardig.

Dat in dit cijfer wat de bepalingen door de soortelijke gewigten betrof, weinig verandering werd gebragt, blijkt uit bovenstaande opgaven van soortelijke gewigten.

Van den kant der analyse was in 1842 nog algemeen het cijfer van BERZELIUS aangenomen, waarvoor CLARKE ³, door herleiding op het luchtledige en combinatie met andere cijfers in de plaats had willen stellen: $N = 176,3 \pm 0,9$; — toen

SVANBERG ³

uit de analyse van salpeterzuur-loodoxyde, naar het nieuwe equivalent van BERZELIUS voor lood, de volgende uitkomsten verkreeg:

$$N = 87,1210$$

$$N = 87,1395$$

$$N = 87,1780$$

$$N = 87,3190$$

$$\text{gemiddelde } N = 87,189.$$

¹ Ann. de Chim. et Phys. IIe série, tome 15.

² SCHWEIGGER, Bd. 23.

³ The Athenaeum, 1839.

PELOUSE¹

volgde eene andere methode, welke daarin bestond, om chloorammonium, zoowel het uit water gekristalliseerde als het gesublimeerde zout, door eene getitreerde oplossing van salpeterzuur-zilveroxyde te praecipiteren. Hij vond hieruit, dat 100 deelen zilver noodig waren om het chloor uit

49,556 salmioniak

49,517 „

neder te slaan. In verband met het aequivalentgewicht van chloor (= . . . naar) en dat van zilver (= . . . naar) vond hij voor het aequivalentgewicht van stikstof

N = 175,58

N = 174,78

gemiddelde N = 175,18

Hoewel nu deze proeven anders met zorg mogen volvoerd zijn, zoo is het toch wenschelijk, bij eene aequivalentbepaling niet van die van het chloor uit te gaan, waaromtrent immer nog twijfel bestaat, hoe nauwkeurige proeven daarover ook mogen in het werk gesteld zijn.

ANDERSON

deed in 1842 weder proeven omtrent de ontleding van salpeterzuur-loodoxyde, welke hij in het werk stelde bij eene zoo lage temperatuur, als de volkomen ontleding van het zout slechts toeliet. Vier proeven gaven hem de volgende uitkomsten:

¹ ERDMANN, 27, p. 383.

SALPETERZUUR- LOODOXYDE.	LOODOXYDE.	AEQUIVAL. VAN N.
5,19485 gram.	3,5017	174,242
9,72440 "	6,5546	174,379
9,21810 "	6,2134	174,356
9,65300 "	6,5057	174,638
	Gemiddelde.	174,407

Eene schoone reeks van proeven uit lateren tijd is door

MARIGNAC

volvoerd, hoewel ook aan deze het bezwaar verbonden is, dat men daarbij moet uitgaan van de aequivalentgewigten van chloor en van zilver.

Zijne methode bestond in drie verschillende onderzoekingen.

Vooreerst onderzocht hij, hoeveel onzijdig salpeterzuur-zilveroxyde uit eene bepaalde hoeveelheid zilver gevormd werd. Het zilver werd hiertoe in salpeterzuur opgelost, de oplossing werd tot droogwordens toe uitgedampt, en het zout tot 3 graden boven zijn smeltpunt verhit. Hoe voorzigtig hij ook gloeide, zoo kon hij hierbij toch niet verhinderen, dat er eenig zilver door het ontwikkende overtollige salpeterzuur werd medegevoerd; deze hoeveelheid bedroeg 0,01 tot 0,03 gram. Op deze wijze vond hij door vijf proeven op 100 deelen zilver:

Salpeterzuur-zilveroxyde :

maximum.....157,477.
 minimum.....157,401.
 medium.....157,430.

Zijn tweede onderzoek was dat naar de hoeveelheid chloorpotassium, welke vereischt werd, om een gegeven gewigt van salpeter-

zuur-zilveroxyde te ontleden. Hij loste daartoe nabij overeenkomende gewigten van beide zouten op, en na hen bij elkander gevoegd te hebben, bepaalde hij door middel van getitreerde oplossingen van een van beide zouten de nog te praecipiteren hoeveelheid chloor of zilver. Uit zes proeven vond hij:

Op 100 chloorpotassium:

maximum.....	228,09,
minimum.....	227,21,
medium.....	227,986.

Zijne derde reeks nu bestond uit dergelijke proeven omtrent het salpeterzure zilver en het chloor-ammonium; hij vond hierbij als gemiddelde uit 7 proeven, dat

100 zilver als maximum..	49,545	chloorammonium
„ „ „ minimum..	49,482	„
„ „ „ medium....	49,522	„

praecipiteerden. Naar deze laatste reeks werd het equivalentgewicht van de stikstof in het chloor-ammonium, volgens dat van het zilver ($Ag = 1349,01$) berekend. Het equivalentgewicht van de stikstof werd nu

volgens de eerste reeks	$N = 175,07$
„ „ tweede „	$N = 175,37$
„ „ derde „	$N = 175,31$
Gemiddelde	$N = 175,13.$

Naar deze en vorige proeven neemt men thans gewoonlijk

$$N = 175,00$$

aan, welk getal ook veel waarschijnlijkheid heeft. Het is nogtans opmerkelijk, dat de soortelijke gewigtsbepalingen zoo zeer te zamen overeenstemmen, terwijl zij toch alle eenigzins van de uitkomsten der analyse afwijken. Het blijft voor de toekomst bewaard deze bezwaren op te lossen, en aan te toonen, dat óf aan de methoden van analyse óf aan die van soortelijke gewigtsbepalingen eene vaste fout kleeft, óf wel, dat er slechts eene benaderende overeenkomst is tusschen soortelijk gewigt en equivalent. Thans zijn de onderzoekingen omtrent het equivalentgewicht van de stikstof nog zoo luttel, dat wij zelfs ons tabellarisch overzicht hier overbodig rekenen.

E I N D E.

T H E S E S.

I.

MARCHAND's methode, om de digtheid van gassen te bepalen zal, waar zij toepasselijk is, met goed gevolg in plaats van die van REGNAULT kunnen worden toegepast.

II.

Het is niet genoegzaam bewezen, dat de gassen zich volkomen in rede van geheele volumina zamen verbinden.

III.

Het staat voor geen equivalentgewicht met genoegzame zekerheid vast, of het al dan niet een veelvoud van dat van waterstof is.

IV.

De waterstof is een metaal.

V.

Het galvanische ozon is HO^3 .

VI.

Het unitaire systeem *alleen* geeft ons eene harmonische verklaring van alle chemische en electro-chemische verschijnselen.

VII.

Chemische- licht- en warmtestralen zijn verschillende uitingen van ééne en dezelfde kracht.

VIII.

Wij bezitten geene goede theorie van het stereoscopische zien.

IX.

Wij zijn gedrongen, om meer aggregatietoestanden dan den vasten, vloeibaren en gasvormigen aan te nemen.

X.

Het verschijnsel van overvoering van een vocht van de positieve naar de negatieve pool, door PORRET waargenomen, is thans door WIDEMANN volkomen verklaard.

XI.

BOCHE-PORN verklaart ten onregte de gravitatie uit den aether, die het heelal vervult.

XII.

STAMKART's methode om de snelheid van den wind te meten, is even eenvoudig als zeker.

XIII.

Het onweder is een secundair verschijnsel.

XIV.

Het laat zich voorzien, dat men eenmaal door werktuigelijke middelen zich naar willekeur in de lucht zal kunnen bewegen.

XV.

Lapides crescunt.

XVI.

Het kristallijn worden der gesteenten geschiedde in den regel door water, bij uitzondering door vuur.

XVII.

De plotselinge opheffingen van bergketenen, naar het systeem van LEOPOLD VON BUCH, brengt VOGT te regt tot de sagen en heldengedichten der geologie.

XVIII.

De substitutie van potaschzouten in de planten door sodazouten, naar LIEBIG's aanname, is niet bewezen.

XIX.

Het stikstofgehalte der planten is niet te verklaren uit de in de atmosfeer aanwezige ammoniak.

XX.

De zoogenaamde *metamorphose der planten* is een dichterlijk beeld, geene zuivere voorstelling van de natuur.



DE WETENSCHEPPELIJKE VERZEKERING

XVI

De wetenschappelijke verzekering is een verzekering van de wetenschappelijke kennis, die door de wetenschappelijke gemeenschap wordt voortgezet en ontwikkeld.

De wetenschappelijke verzekering is een verzekering van de wetenschappelijke kennis, die door de wetenschappelijke gemeenschap wordt voortgezet en ontwikkeld.

XVII

De wetenschappelijke verzekering is een verzekering van de wetenschappelijke kennis, die door de wetenschappelijke gemeenschap wordt voortgezet en ontwikkeld.

XVIII

De wetenschappelijke verzekering is een verzekering van de wetenschappelijke kennis, die door de wetenschappelijke gemeenschap wordt voortgezet en ontwikkeld.

De wetenschappelijke verzekering is een verzekering van de wetenschappelijke kennis, die door de wetenschappelijke gemeenschap wordt voortgezet en ontwikkeld.


De wetenschappelijke verzekering is een verzekering van de wetenschappelijke kennis, die door de wetenschappelijke gemeenschap wordt voortgezet en ontwikkeld.

De wetenschappelijke verzekering is een verzekering van de wetenschappelijke kennis, die door de wetenschappelijke gemeenschap wordt voortgezet en ontwikkeld.

AAN MIJN' VRIEND

W. A. J. VAN GEUNS

BIJ ZIJNE BEVORDERING TOT DOCTOR IN DE WIS- EN
NATUURKUNDE.



Een handdruk uit de verte, dierbare Vriend! bij dit rustpunt op uw' levensweg. Een terugblik op het verleden, dat wij te zamen doorleefden.

Uit vele schoone droomen zijn wij ontwaakt, en wenschen niet weder in te sluimeren. Vele beelden der toekomst, met gloeiende tinten overtogen, zijn ons verbleekt en weggedeinsd, en het is ons goed dat ze zijn heengegaan. Ja, wij vragen ze niet terug. *Idealen* zijn slechts het fijne prachtgewaad, waarin voor den argeloozen jongeling het egoïsme zich momt als een engel des lichts.

Nu dan het leven ingegaan zonder *Idealen*, dat is: met kracht en met kalmte.

Wat dat leven u brengen zal? Wij weten het niet; God weet het.

Maar ééne ervaring uit het verledene laat ons vasthouden als een' kostbaren schat.

Was ons eene gewijde ure van verheffing geschonken door de Wetenschap of de Kunst, of het leven met en in hen, wie onze ziel heeft liefgehad (hetzij wij uit de verte hunne woorden lazen, hetzij als leerlingen aan hunne voeten zaten, hetzij als tijdgenooten met hen opgroeiden), altijd was ééne zekerheid ons dezelfde.

De zekerheid van den indruk, dat in *die* ure ons geene bedwelming omtoverde, waartegen straks het gewone leven als kalme waarheid zou overstaan. Maar integendeel, dat *dan* waarachtig werd geleefd, en straks weêr gesluimerd worden zou.

Die ééne Godsstem binnen in ons niet verdoofd! Die ééne waarheid vastgehouden. Zoo zal er voor het leven genoeg zijn.

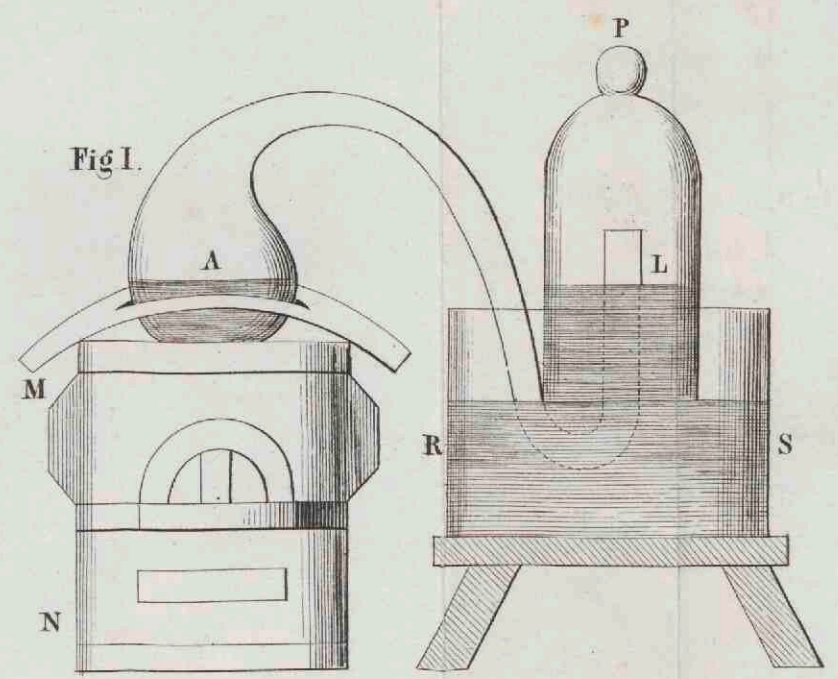
Want wat is noodig voor het leven? Niets dan de zekerheid, dat het ons eigenlijk Vaderland niet is.

Wij hebben dat geweten. O Vriend, verlaten wij onze eerste Liefde niet!

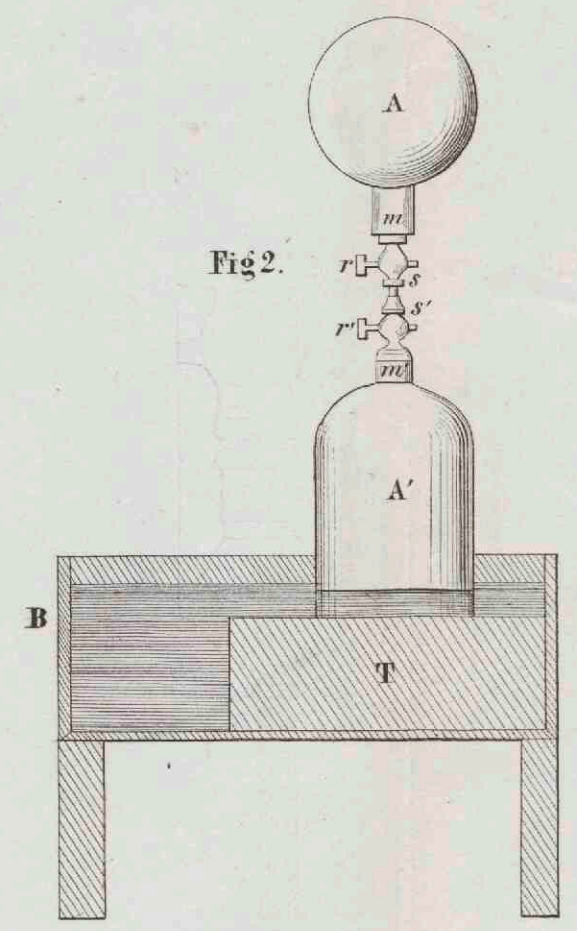
Heusden 23 Augustus, 1853.

J. H. GUNNING, JR.

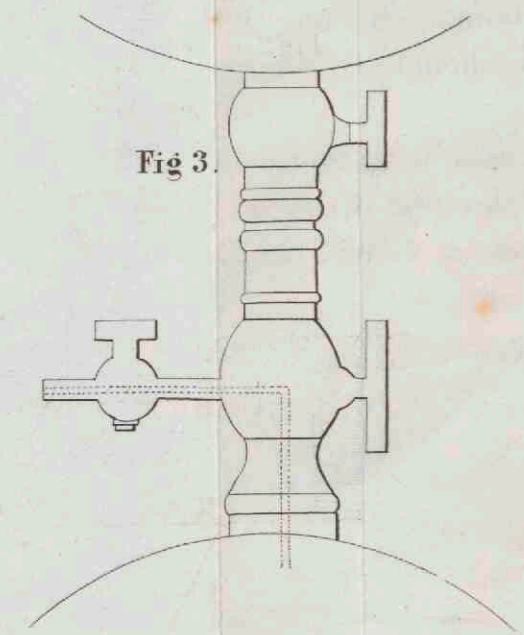
Toestel van Lavoisier voor de analyse van de lucht en de synthese van het kwikoxyde



Toestel van Lavoisier voor de weging der gasfen.

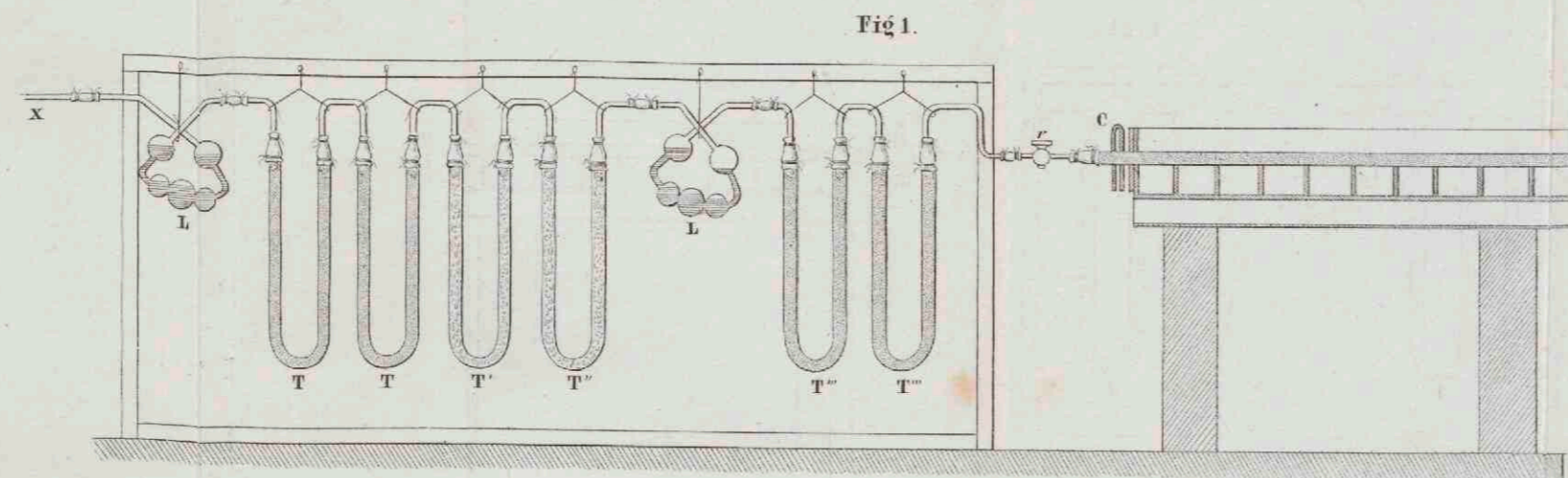
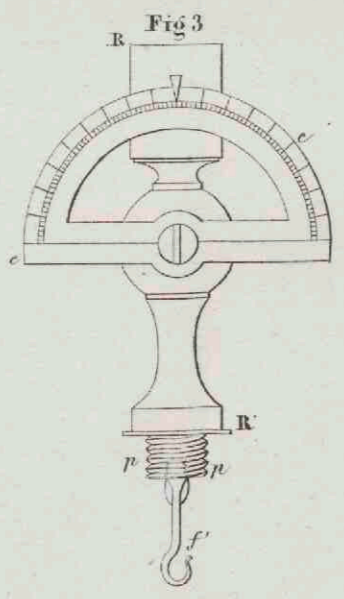
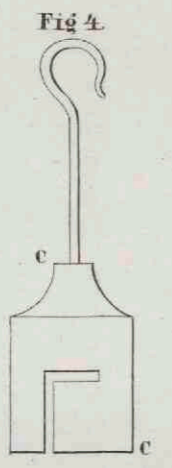
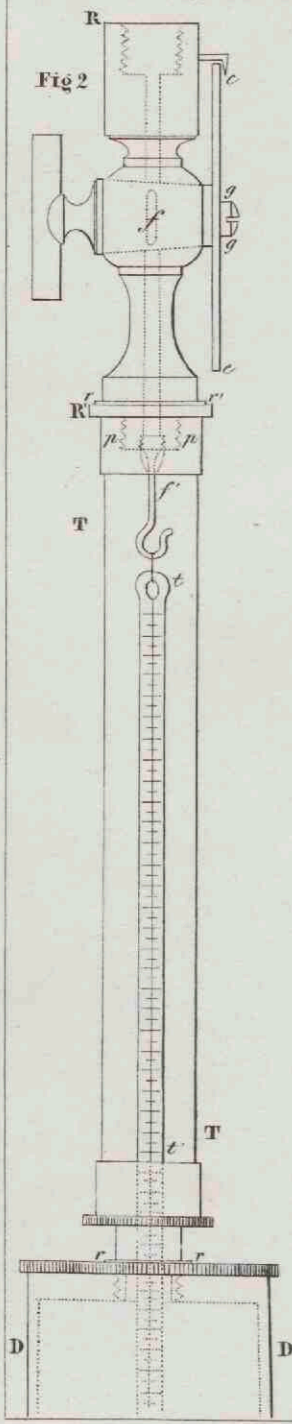


Kranen van Biot en Arago, voor de soortelyke gewichtsbepalingen gebruikt.



Kraan en buis voor den thermometer.

Toestel voor de bepaling van het soortelyke gewigt van de stikstof door Dumas en Boussingault.

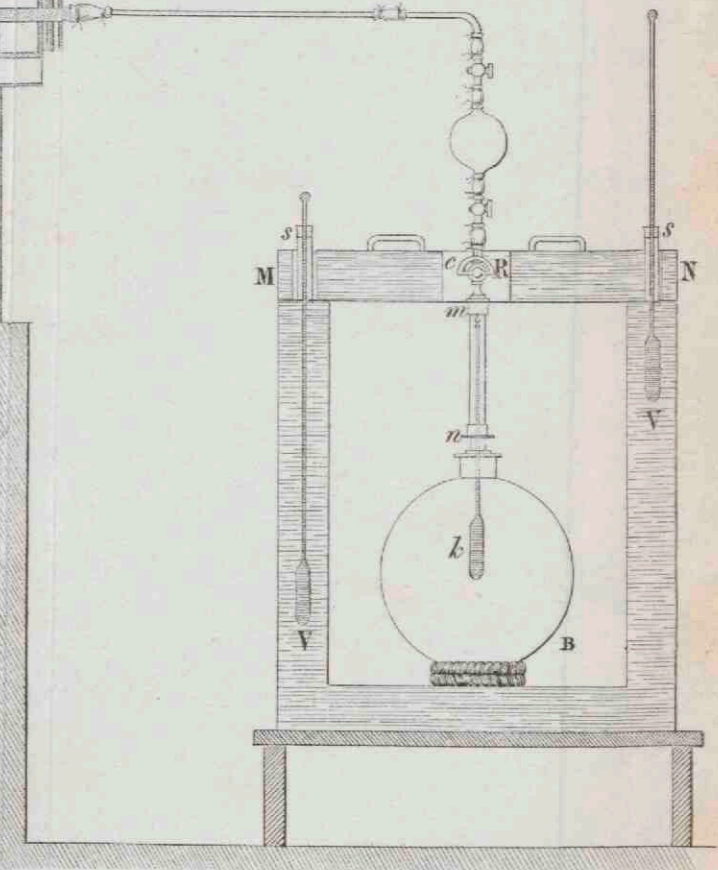


Schaal van de figuren 2, 3 en 4.

Schaal van fig 1.

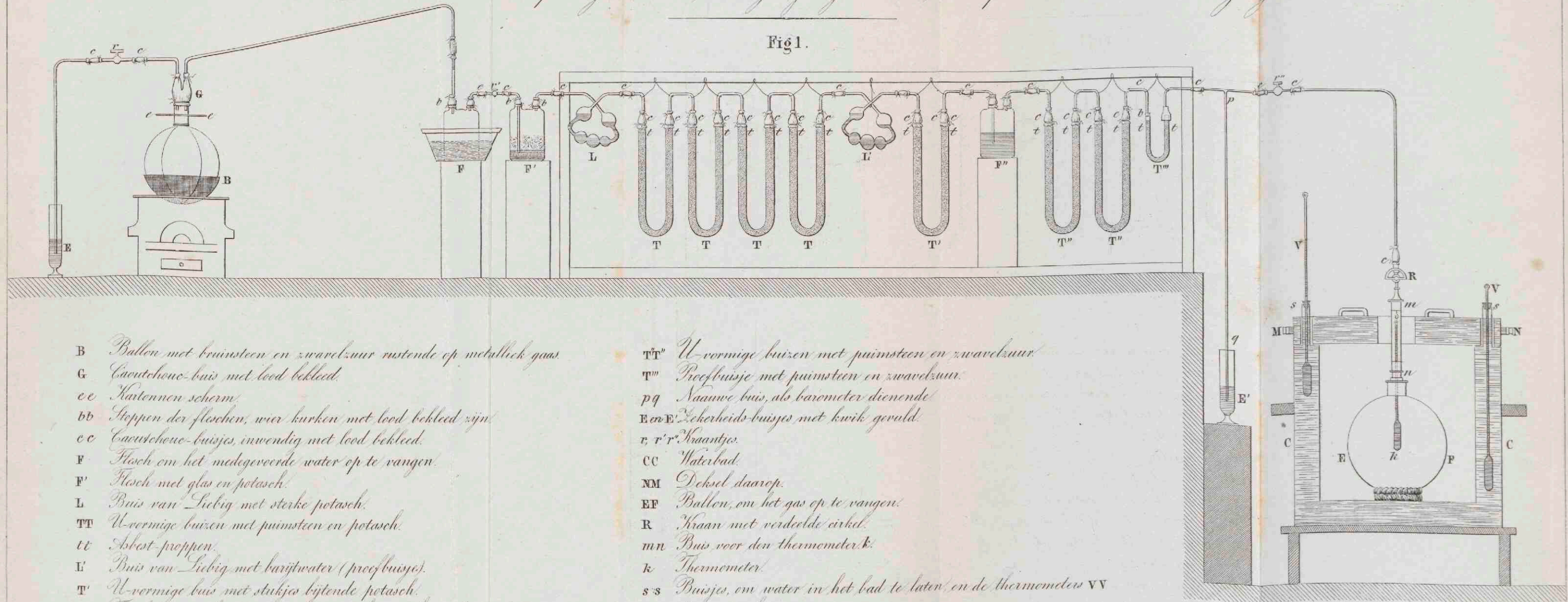
- Fig 1.**
- X Buis, langs welke de lucht van buiten het vacuüm geput wordt.
 - L Buis van Lichig waarin potasch-oplossing.
 - TT Buisen met puimsteen en potaschoplossing.
 - T' Bijtende potasch in stukken.
 - T'' Geglode.
 - L Buis van Lichig met sterk zwavelzuur.
 - TT'' Buisen met puimsteen en sterk zwavelzuur.
 - CC Buis van hard glas, gevuld met koper, verbogen uit de herleiding van het koperoxyde door waterstof.
 - TT' Slangen, dienende bij het luchtledig maken van de buis.
 - B Groete ballen, waarin de stikstof wordt opgevangen.

- Verklaring**
- Fig 2 en 3.**
- RR' Kraan waaraan de graadbeog e.e. bevestigd is. De stentel heeft eene langwerpige spleet (f2). De schroef pijp loopt in de schroefmoer welke in het monteesel van de buis TT is uitgewedon. De kraanf, welke den thermometer TT draagt is in de schroef pijp bevestigd (fig 3 en 4). De buis TT (fig 2) is geschroefd aan het monteesel van den hals van den ballen.
 - IT' Lederen plaatjes met gesmolten cacutcheouc deertrokken.
 - CC Bijonethaak, om den ballen gedurende het wegen op te hangen.



Toestel voor de bepaling van het soortelijke gewicht van de zuurstof door Dumas en Boussingault.

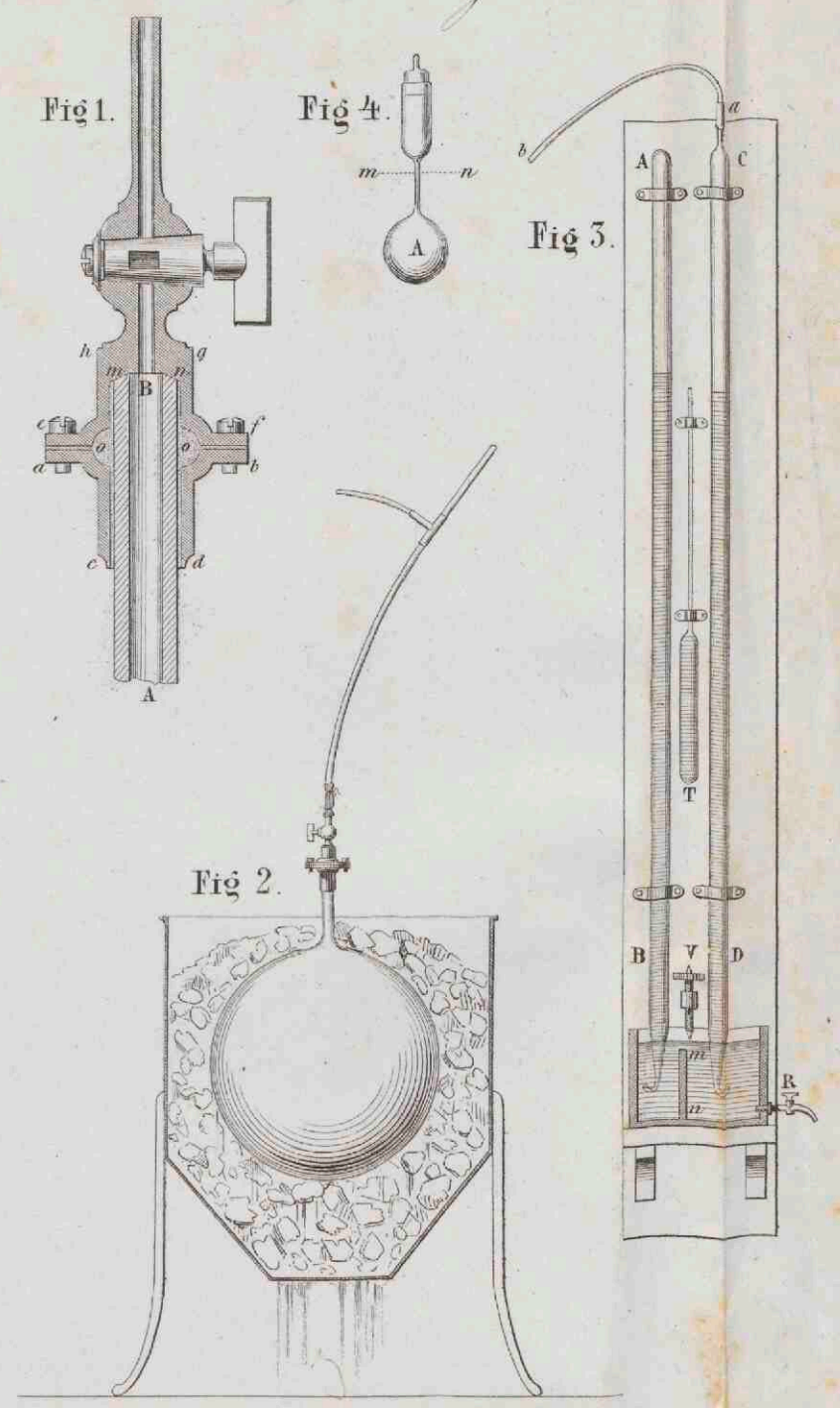
Fig 1.



- B Ballon met bruinsteen en zwavelzuur rustende op metallich gas
- G Caoutchouc-buis met lood bekleed
- ee Kartonnen scherm
- bb Steppen der flesschen, wier kurken met lood bekleed zijn
- cc Caoutchouc-buisjes, inwendig met lood bekleed
- F Flesch om het medegevoerde water op te vangen
- F' Flesch met glas en potasch
- L Buis van Liebig met sterke potasch
- TT U-vormige buizen met puimsteen en potasch
- tt Asbest-proppen
- E' Buis van Liebig met barijtwater (proefbuisje)
- T U-vormige buis met stukjes bijtende potasch
- F'' Flesch met sterke zwavelzuur waarin het gas komt door eene nauwe buis

- T'T'' U-vormige buizen met puimsteen en zwavelzuur
- T''' Proefbuisje met puimsteen en zwavelzuur
- pq Nauwe buis, als barometer dienende
- E en E' Zekerheids-buisjes met kwik gevuld
- r, r' r'' Kraantjes
- CC Waterbad
- NM Deksel daarop
- EF Ballen, om het gas op te vangen
- R Kraan met verdeelde cirkel
- m n Buis voor den thermometer k
- k Thermometer
- s s Buisjes, om water in het bad te laten en de thermometer v v daarin te brengen

*Over de bepaling van de dichtheid van gasfen naar
M. V. Regnault.*



Toestellen van Dumas voor de secrete gewichtsbepaling van gasfen en dampen. Fig 23 en 4.

Fig 1.
Gay-Lussac

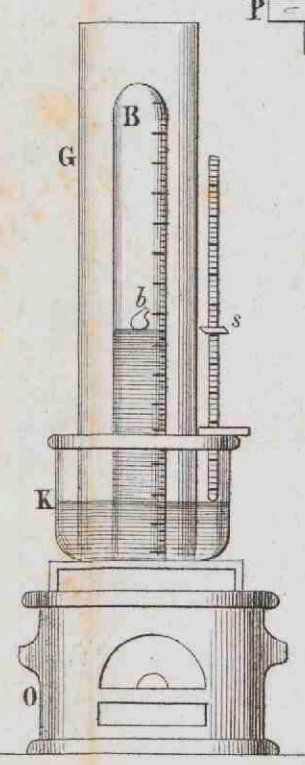


Fig 2.
Waterbad

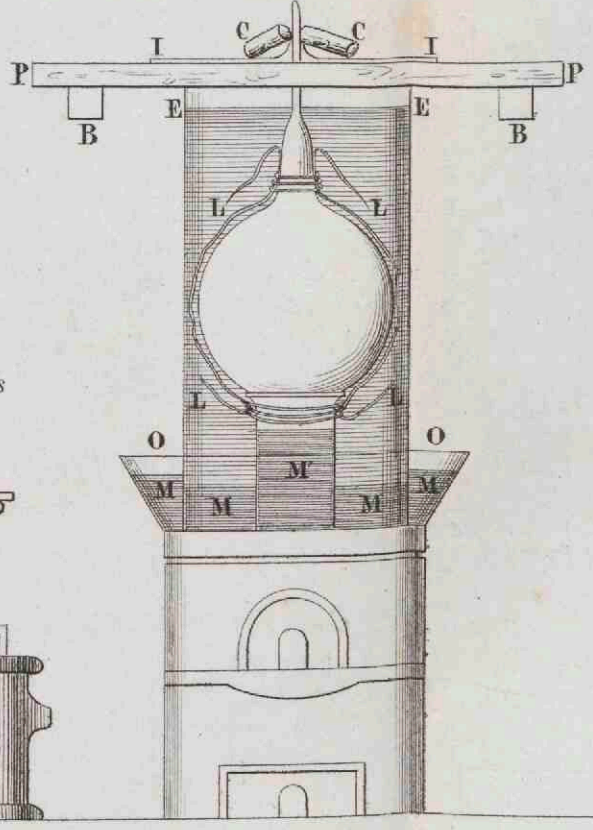


Fig 3.
Bad van smeltbaar allinge

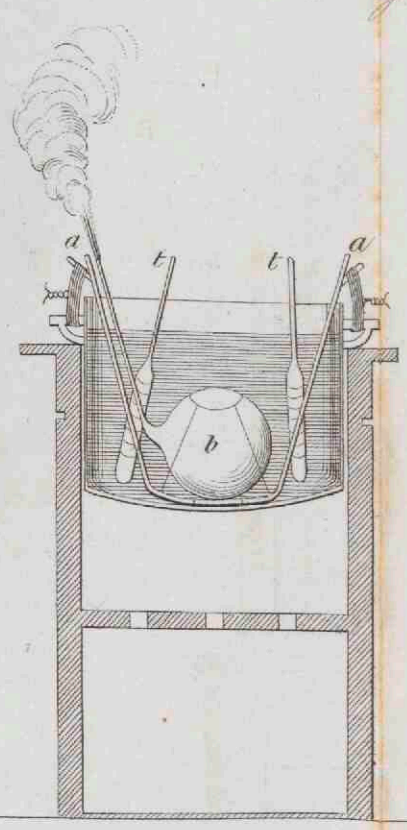
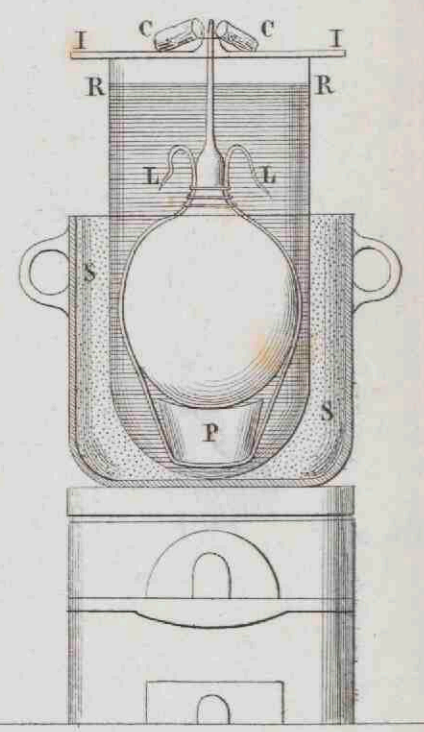
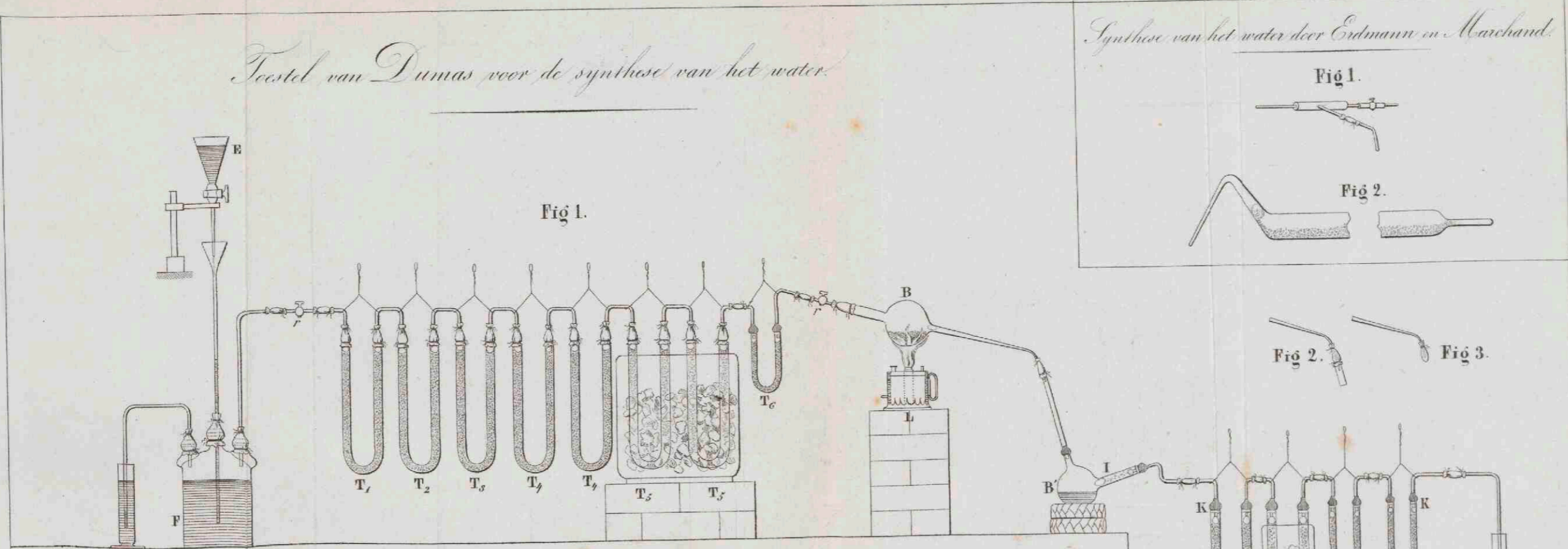


Fig 4.
Luwerebad



Toestel van Dumas voor de synthese van het water.

Synthese van het water door Erdmann en Marchand.



Uitlegging van den toestel.
Fig 1. Overzigt van de toestel van Dumas.
F Flesch waarin de waterstof ontwikkeld wordt.
E Trechter met kraan, met zwavelzuur gevuld.
A Zekerheids buisje, met kwik gevuld.
T₁ Buis met glas en salpeterzuur-loed-oplossing.
T₂ Buis met glas en zwavelzuur-silver-oplossing.
T₃ Buis met puimsteen en potasch vloeibaar en vast.
T₄T₅ Stukjes gegloede potasch.

T₅T₆ Puimsteen met waterrij phosphorzuur.
T₆ Proefbuisje met puimsteen en waterrij phosphorzuur.
B Ballen van hard glas, waarin het koperoxyde herleid wordt.
L Alcoholamp.
B' Ballen waarin 't gevormde water wordt opgevangen; zijn hals **I** bevat chloorcalcium.
T₇ Buis met stukjes gegloede potasch.

T₈ Buis met waterrij phosphorzuur en een koudmakend mengsel.
T₉ Proefbuisje met waterrij phosphorzuur.
T₁₀ Buisje met ditte, om het rocht der lucht af te sluiten.
A Glasje met zwavelzuur.
Fig 2. Verbinding van **B** met **B'**.
Fig 3. Afsluiting van de punt van den ballon **B** door middel van een caoutchoutmutsje, bij het luchtledig maken dienende.

Dumas en Stas, verbranding van kool.

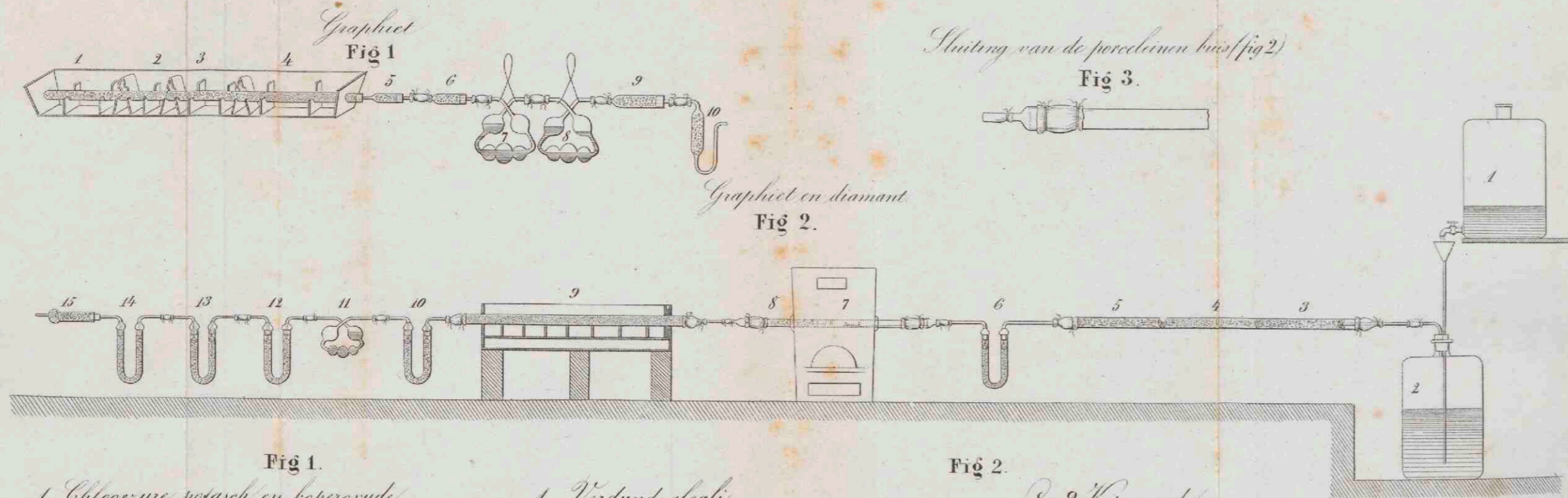


Fig 1.

- 1 Chloorzure potasch en koperoxyde.
- 2 Koperoxyde.
- 3 Graphiet.
- 4 Koperoxyde.
- 5 Chloorcaicum.
- 6 Zwavelzuur.
- 7 en 8 Kali-apparaten.
- 9 Stukjes potasch.
- 10 Poeder van potasch.

Fig 2.

- 1 Verdund alkali.
- 2 Zuurstof.
- 3 Puimsteen en potaschoplossing.
- 4 Stukjes potasch.
- 5 Zwavelzuur en stukjes glas.
- 6 Puimsteen en zwavelzuur (proefbuisje).
- 7 Platinaschaaltje met graphiet of diamant in de porcelainen buis te midden van den oven.

- 8 en 9 Koperoxyde.
- 10 Puimsteen en zwavelzuur.
- 11 Kali apparaat.
- 12 Potaschoplossing en puimsteen.
- 13 Potasch in stukjes.
- 14 Puimsteen en zwavelzuur.
- 15 Potasch in poeder.