DISSERTATIO INAUGURALIS

DE

# PHAENOMENIS PHYSICIS, QUAE IN EBULLIENTIBUS LIQUIDIS OBSERVANTUR,

QUAM,

ANNUENTE SUMMO NUMINE,

EX AUCTORITATE RECTORIS MAGNIFICI

**IOANNIS DE WAL,**

IUR. ROM. ET HOD. DOCT. ET PROF. ORD.

ET

NOBILISSIMAE FACULTATIS DISCIPLINARUM MATHEMATICARUM ET PHYSICARUM DECRETO,

PRO GRADU DOCTORATUS,

SUMMISQUE IN MATHESI ET PHILOSOPHIA NATURALI HONORIBUS AC PRIVILEGIIS,

IN ACADEMIA LUGDUNO-BATAVA,

RITE ET LEGITIME CONSEQUENDIS,

DEFENDET



GEORGIUS UYLENBROEK,

LUGDUNO-BATAVUS.

DIE VI M. FEBRUARII A. MDCCCLI, HORA II—III.

LUGDUNI-BATAVORUM,

APUD C. C. VAN DER HOEK,

BIBLIOPOLAM.

EX TYPOGRAPHEO J. G. LA LAU.

# INTRODUCTIO.

Observatio Viri Cel. Gay-Lussacii, qui vidit, vasa et substantias indissolubiles effectum habere in temperaturae gradum, quo aqua ebullit, ansam dedit accuratae disquisitioni variorum phaenomenorum physicorum, quae in ebullientibus liquidis observantur. Antea enim pressio tantum, quae in liquida exercetur, effectum habere censebatur in temperaturam ebullitionis. Qui effectus propterea quam accuratissime disquisitus erat, et viri docti convenerant de certa pressione, sub qua ebullitionis gradus variorum liquidorum constitutus est, et ad quam hic referri poterat. Gay-Lussacius autem docuit pressionem non unicam causam esse, quae varias temperaturas efficiat; huiusque rei causa argumentum fuit experimentorum,

quae multi physici fecerunt. Et quamquam haec phaenomena iam ante aliquod tempus effectui adhaesionis tributa sint, certa tamen ratio, qua haec phaenomena adhaesione efficiantur, nuper demum recte explicata est.

Praeter hunc adhaesionis effectum aliae quoque causae cognitae sunt, quibus variationes in ebullitionis gradu, hucusque vulgo constituto, efficiuntur, et inter has primarium locum haec causa obtinet, quam absentia aëris in liquidis efficit.

Praeterea observavit Cel. Liebigius in nonnullis liquidis ebullitionis gradum diminui praesentia alterius liquidi in eodem vase, quod nullum effectum chemicum in alterum habet, pondere specifico levius est, cum altero non miscetur et altiorem gradum ebullitionis habet. Cel. Magnus contra vidit in aliis liquidis, iisdem conditionibus, temperaturae gradum augeri.

Sed non liquidorum tantum, etiam vaporis temperaturam accuratius perscrutati sunt experimentatores; in hoc quoque observaverunt temperaturam non, ut antea putabatur, semper eandem esse ac superioris liquidi, contra vulgo differre; in vapore tamen solutionum salium variae temperaturae apparuerunt.

Etiam quantitas caloris, quae requiritur ut certa quantitas aquae sub pressionibus maxime variis in vaporem mutetur, a Clar. Regnaultio explorata est.

Deinde in liquidis sub certis conditionibus phaenomenon observatur, quod interdum in calefaciendis,

saepius tamen in ebullientibus liquidis, obtinet: *pulsatio* (het stooten, le soubresaut); nondum tamen in omnibus sufficienter disquisita est.

Universe tamen haec disquisitio multa phaenomena in lucem protulit et explicavit, et simul ostendit in ebullitione plura etiam se offerre, nondum satis accurate ita explorata, ut certa ratione explicari possint.

De nonnullis horum phaenomenorum experimenta aliquot feci. Primo ea repetii, quae alii quoque iam antea instituerant, quaeque tam magnam vim habent in explicationes, ab iis factas, ut, experimentis iterum a me factis, an recte se habeant inquirere voluerim, priusquam uberius de iis agerem. Deinde ea praesertim experimenta repetii, quae aliis exploratoribus alia resultata dederunt. Resultata tamen harum observationum comparare volui cum iis, quae his temporibus ab aliis inventa sunt, et igitur universe agere de phaenomenis physicis, quae in ebullientibus liquidis obtinent.

Liquidum ebulliendo mutatur in vaporem, qui vapor oritur intra liquidum: huius rei causa est *calor*. Discrimen materiae in utraque conditione, et liquida et gazosa, hoc est, quod in illa moleculae cohaerere, in hac disiungi conentur. Transitus ab hac in illam efficitur vel evaporando vel ebulliendo, sed semper calor requiritur. Evaporatio obtinet per superficiem, omni fere temperatura, quando spatium super

liquidum non satiatum est vapore; in paucissimis tantum liquidis hoc non amplius observatum est, si caloris gradus minimus erat. Ebullitio locum habet intra liquidum, certis conditionibus et certa tantum temperatura, quae neque augenda nec diminuenda est. De his phaenomenis nunc accuratius agendum est, paucis quibusdam praemonitis de iis rebus, quae ante ebullitionem observantur.

## DE PHAENOMENIS PHYSICIS, QUAE IN CALEFACIENDIS LIQUIDIS OBSERVANTUR.

Liquida sunt mali conductores caloris; olim vel nequaquam conductores esse putabantur; sed calore vulgo dilatari solent, et hinc pondere specifico leviora fiunt. Si igitur liquidum subtus calefit, partes calidiores in altitudinem elevantur, harumque locum occupant partes minus calidae, quae vicissim califiunt et elevantur. Hoc modo calor mox dispergitur per totum liquidum.

Calor specificus pro variis liquidis varius est. Antea falso semper idem esse dicebatur in eodem liquido. Regnaultius [1]) autem invenit hoc non valere in singulis liquidis. In oleo terebinthinae et, ut putat, in omnibus iis liquidis, in quibus coëfficiens dilatationis magnus est, calor specificus simul cum temperatura augetur, in aqua [2]) contra non multo maior fit, vel ad 190° C.

---

[1]) Ann. de Chim. et de Phys. 3. Serie IX. 324.

[2]) Mémoires de l'Institut, XXI. 729.

Affinitas liquidorum cum variis gazis, quae continent soluta, diminuitur calore, et si haec gaza minore temperaturae gradu ita condensata erant, ut liquida fierent, nunc pro parte in priorem conditionem gazosam revertuntur, et e liquido recedunt pro maiore temperaturae gradu.

Cohaesio pro maiore temperaturae gradu diminuitur; quantum observationes de nonnullis liquidis docuerunt [1]) regulari modo diminuitur secundum formulam

$$a - bt,$$

in qua $t$ temperaturam significat, $a$ et $b$ constantes, quae in eodem liquido eundem, in aliis alios valores habebunt. Si temperatura ad ebullitionis gradum pervenit, observationes tot errorum causis obnoxiae sunt, ut difficile sit definire an hic quoque formulae respondeant.

Liquidum item citius evaporat pro temperatura, sed hoc pendet praeterquam a temperatura, etiam a pressione et, si aqua est, ab hygrometrica conditione aëris; haec tamen phaenomena nondum satis explorata sunt.

Statim antequam liquida ebullire incipiunt, etiam sub certis conditionibus aliud phaenomenon exhibent, *cantatus* nomine cognitum; hoc obtinet, si liquida subtus calefiunt, quando temperatura inferiore vasis parte iam hunc in modum aucta est, ut in vaporem transeat, dum partes superiores, ad minorem tempera-

---

[1]) Buys Ballot, de Synaphia et Prosaphia, p. 51.

turam calefactae, hunc vaporem, simul ac elevatur, refrigerant, ita ut in conditionem liquidam redeat. Quum hoc autem pluribus locis, celeriter et continuo obtinet, pulsatio liquidi, quod hoc vacuum implet, contra latera vasis, vel contra aliam liquidi partem, sonum observatum efficit. Simul ac tamen superiores liquidi partes illam temperaturam nactae sunt, ut vaporem iam formatum non diutius condensent, quum ebullit, hic cantatus cessat. Contra quum liquidum ebulliens aliquot gradibus refrigeratur, iterumque calefit, partes superiores calidiores sunt, et cantatus vel plane cessat, vel nonnisi per breve tempus durat.

Praeterea in calefactione nonnullorum liquidorum sub certis conditionibus alia quoque res observanda est, nempe *pulsatio*. Si enim aqua, in vase vitreo purissimo, nonnullis salium generibus solubilibus additis, calefit, liquidum pulsatur quamdiu sal non solutum in fundo adest. Idem phaenomenon observavi, quum vitrum in frustula et pulverem contritum fundo vasis iniecissem; quod vitrum primum igne candens, statim in aqua frigida refrigeraveram, et in mortario agatheo contriveram. In hac conditione contrita plurimae partes horum solidorum aquam interfusam attingunt, quae aquam calidiorem impediunt quominus adscendat, donec temperatura ita aucta est, ut in vaporem mutetur; vapor tunc attingit aquam multo etiam frigidiorem, et iterum liquidum fit. Li-

quidum tunc, quod hoc vacuum implet, magna vi contra fundum vasis pulsatur. In hoc experimento fundus vasis iam calidissimus erat, superioribus vasis partibus vixdum calefactis.

Longe alius est effectus caloris in plurima liquida, quando aut frigida aut calefacta guttatim in vas calidissimum coniiciuntur. Liquidum in globum contrahitur, assumit plerumque motum circumvolutum, nonnisi infra ebullitionis gradum calefit, et lente evaporat, etiamsi vas ita calefactum sit ut vel ardeat; et si liquidum alioqui chemice in vas ageret, haec actio nunc locum non habet; quum autem vas refrigeratur, liquidum relinquit formam sphaericam, et tam vehementer ebullire incipit, ut mox in vaporem evanescat. Nondum satis certa explicatio huius phaenomeni data est.

## DE PHAENOMENIS PHYSICIS, QUAE IN EBULLIENTIBUS LIQUIDIS OBSERVANTUR.

Ebullitio est secessio vaporis, qui intra liquidum formatur, et qui, ut distinguatur a vapore orto in superficie (*damp*), alio nomine dicitur, nempe *stoom.*

In ebullitione haec phaenomena observantur:

Vapor (hoc nomine *stoom* designemus) elevatur forma bullarum, quae, dum per liquidum elevantur, dilatantur, et quae in superficie a liquido secernuntur.

Requiritur ut liquidum certum temperaturae gradum adeptum sit, priusquam vapor oriri possit.

Temperatura, simul ac liquidum ebullit, non augetur, quamdiu reliquae res, quae accedunt, eaedem manent, quum autem ignis augetur, maior tantum quantitas vaporis oritur.

Alia liquida, ceteris paribus, alio temperaturae gradu ebulliunt.

Temperatura vaporis, simul ac liquidum reliquit, nonnisi raro eadem est, quae liquidi, plerumque alia, et tunc semper frigidior.

Idem liquidum ebullit, ceteris rebus aliis, alia temperatura, sed, ceteris paribus, eadem temperatura.

Temperatura vaporis eiusdem liquidi alia esse potest, sed ceteris paribus eadem est.

De his phaenomenis accuratius agendum est.

Vapor semper oritur intra liquidum, sed ipse locus ubi oritur non idem designatur a physicis. Munckius [1]) enim dicit: „Die Dampfblasen steigen unter allen Bedingungen vorzugsweise aus und in der Mitte des Wassers auf." Marcetius [2]) contra dicit: „Erwägt man indess dass der unterscheidende Charakter des Siedens in der gleichzeitigen Dampfbildung *in allen Theilen* der Flüssigkeit liegt, etc." Infra tamen dicit [3]): „Sobald das Sieden angefangen hat, sieht man von allen Puncten der Innenwand des Kolbens, kleinere und grössere Dampfblasen aufsteigen", et mox: „allein so lange sie fortfahren zugleich von allen Puncten der Innenwand des Kolbens aufzusteigen etc." Donnius [4]) denique: „J'ai d'ailleurs observé, que dans le phénomène de l'ébullition, la production de la vapeur, ne se fait pas par tous les points de la masse. Le mouvement de vaporisation part de quelques points de cette partie de la surface intérieure du vase, qui

---

[1]) Gehlers Phys. Wörterbuch. X. 1015.

[2]) Poggendorff's Ann. der Phys. und Chemie, LVII. p. 219.

[3]) L. l. p. 233.

[4]) Mém. sur la cohésion des liquides etc. Mém. cour. et mém. des savants étrangers, XVII. p. 22.

se trouve voisine de la source de chaleur; points desquels il s'élève des bouillons de vapeur, qui se rendent tumultueusement à la superficie du liquide."

Observationes, quas feci, confirmaverunt id, quod Donnius invenit. Si enim aqua in vase vitreo ebullit, apparet, vaporem a paucis punctis, interdum ab uno tantum fundi puncto, elevari; utrum tamen hic vapor in contactu directo cum vase, an minimo spatio interiecto, oriatur, infra explorabo. Praeterea certis quibusdam conditionibus, quas infra enumerabo, in omnibus aliis partibus liquidi vapor oriri potest. In ebullitione solutionis Sulphatis cupri in aqua, et nonnullorum aliorum salium, etiam observavi, bullas vaporis proximas superficiei oriri, sed hoc praecipue locum habebat circum parietes vasis, itaque fortasse tribuendum est maiori temperaturae horum parietum iis locis, ubi liquidum vas non amplius attingebat.

Hic autem vapor, ut omnia gaza, quaque temperaturâ, habet certum maximum elasticitatis. Ut igitur hic vapor in liquidis oriri possit requiritur, ut illam saltem temperaturam adeptus sit, qua eius elasticitas pressionem vincere potest, quae ibi adest. Haec autem temperatura in vapore aliorum liquidorum alia est sub eadem pressione. Requiritur igitur ut liquida illum saltem temperaturae gradum habeant, ubi vapor elasticitatem exercet, quae vincere possit pressionem, quae in eum agit.

Sed praeter pressionem, ut experimenta his temporibus facta docuerunt, aliae vires adsunt, partim in liquido ipso, partim in vasis, vel in rebus insolubilibus, quae interdum in liquidis exstant.

Harum virium effectus in oriendum vaporem nunc non amplius negligendus est, quia, ut nunc cognitum est, sub certis conditionibus gravissimus esse potest. Propterea requiritur, ut vapor pro his viribus maiorem temperaturam acceperit, quo eius elasticitas has quoque vires vincere possit. Hinc etiam liquidum maiorem temperaturae gradum adeptum sit oportet. In vaporem ipsum plurimae harum virium non agunt. Maiore temperatura vapor iam partim dilatatur, dum in liquido surgit, sed praecipue simul ac liquidum reliquit, donec eius elasticitas aequiparatur pressioni, quae super liquidum adest. Ex hac dilatatione tamen refrigeratio sequitur, hinc temperatura liquidi, dum ebullit, interdum minuitur, et temperatura vaporis minor est quam liquidi.

Simul ac autem liquidum ebullit, temperatura non amplius augetur, quamdiu conditiones, sub quibus ebullit, eaedem manent; aucto enim igne non nisi maior quantitas vaporis oritur. Omnis calor, quem liquidum insuper adipiscitur, usurpatur ut liquidum mutetur in gas eiusdem temperaturae. In ebullitione igitur calor absconditur et latet. Quantitas caloris, quam liquida in producendo vapore sub eadem pressione latere faciunt, in aliis alia est. Nonnulli phy-

sici de calore latente aquae experimenta fecerunt, quae tamen initio parum inter se conveniebant. Nunc VV. DD. Brixius, Despretzius et Regnaultius [1]) vere eosdem valores nacti sunt. De aliis liquidis parum convenientes valores inventi sunt. Regnaultius praeterea vim pressionis (ab 170$^{mm.}$ ad 103154$^{mm.}$ Bar.) in quantitate caloris latentis aquae accurate exploravit. Wattius de ea re hanc legem constituerat: quantitas caloris, quam certa quantitas aquae temperaturâ 0°C. requirit, ut transeat in vaporem satiatum cuiuslibet pressionis (*totale warmte*) eadem est; haec lex confirmata est a Clementio, Desormesio et de Pambourio. Despretzius et Dulongius contra invenerunt hanc quantitatem caloris simul cum temperatura augeri. Southernius hanc legem proposuit: quantitas caloris, quae requiritur ut liquidum in gas mutetur (*verdampings-warmte*), sub qualibet pressione eadem est. Regnaultius neutram harum confirmatam invenit. Observavit totalem calorem regulari modo cum temperatura augeri, sed multo minore gradu quam secundum legem Southernii; addit tamen plura data sibi deesse quam ut, ulla certitudinis spe, veram legem ex observationibus suis derivare audeat. Ad hanc rem, inquit, primum lex cognoscenda est, secundum quam densitas vaporis satiati et non satiati pen-

---

[1]) Mémoires de l'Institut, XXI. 698.

deat a pressione et temperatura. Ex diversis observationibus conficiendum esse ei videtur, rationem, qua densitas nunc computetur, resultata praebere, quae longe a veritate recedant.

Praeter aquam nulla liquida huc usque hac in re explorata sunt.

Nunc videamus de conditionibus, a quibus temperatura pendet, qua idem liquidum ebullit; quatenus nunc res cognita est, haec temperatura pendet: 1°. a *Pressione*, 2°. ab *Adhaesione*, 3°. a *Cohaesione*, 4°. sub certis conditionibus a *Praesentia alterius liquid* in eodem vase.

## De Pressione.

Liquidum incipit ebullire, ut supra monui, quando elasticitas vaporis vincere potest vires, quae vaporem in conditione liquida retinere conantur. Huc referenda est primo loco *pressio*. Omne enim liquidum, quod in vase aperto ebullit, premitur: 1°. atmospherâ, 2°. liquido ipso, quod adest supra locum ubi vapor oritur; quum in spatio incluso pressio, ut quis velit, augeri vel deminui potest. Haec tamen prorsus auferri non potest, quia in vacuo perfecto vapores ipsi liquidi, pressionem efficiunt.

Vis pressionis atmosphaericae iam dudum cognita est. Cel. Papinus primus animadvertit aquam et alcohol in vacuo minore temperaturae gradu ebullire. Idem

observatum est de aqua, quae in summis montibus ebulliebat; quo facto vis pressionis primum explorata est. Accuratiora tamen de his omnibus experimenta posteriore tantum tempore facta sunt; quae nunc, quod ad aquam attinet, in fines remotissimos extensa sunt. Quum autem experimenta posteriora docuerunt, temperaturam ebullitionis liquidorum non pressione tantum sed aliis causis variare, simul observatum est, temperaturam vaporis, ut liquidum reliquit, tantum a pressione pendere. Sed si aliud liquidum in eodem vase adest, eius temperatura vapore huius alterius liquidi minui potest. Hac de re tamen infra separatim agam. Meis ipsius experimentis praeterea doctus sum, sales solubiles nullam vim habere in temperaturam vaporis simul ac liquidum reliquit. Maior temperaturae gradus, quem plerumque variis causis vapor adeptus est, priusquam secerni potest, minuitur dilatatione, partim iam in liquidis ipsis, et, ut ex variis experimentis apparet, alia quantitate in aliis liquidis, partim simul ac vapor secretus est.

Exploratio de vi pressionis in temperaturam ebullitionis eiusdem liquidi huc igitur redit: qua temperatura elasticitas vaporis aequiparatur pressioni, quae in eum efficitur? Haec questio, quod ad aquam attinet, a pluribus physicis explorata est, inde a pressione paucissimorum m. m. hydrargiri in Barometro, usque ad 21127 m. m. id est vere ad altitudinem 28plicem Barometri. Summae, his tempori-

bus a Magno [1]) et Regnaultio [2]) inventae de temperaturis infra 100°C., accuratissime conveniunt; de maioribus temperaturis experimenta facta sunt ab Aragonio et Dulongio [3]), a societate Virorum doct. in America [4]) et a Regnaultio [5]). Resultata in his variis experimentis inventa parum conveniunt. Regnaultius hoc tribuit thermometris, in illis observationibus usurpatis; invenit enim thermometra hydrargyri, quorum puncta fixa (*vaste punten*) accurate constituta sunt, temperaturis maioribus quam 100° C. aliquot gradus inter se differre posse, quando globi diverso vitro confecti erant, vel etiam, quando idem vitrum, in conficiendis thermometris, non eodem modo tractatum erat. In observationibus propterea non tantum hydrargyri thermometris sed etiam aëris thermometro usus est. Posteriora enim, inquit, si sub certis conditionibus confecta sunt, semper accurate inter se conveniunt. Aragonius et Dulongius et Viri Docti Americani tamen usi sunt hydrargyri thermometris, et verisimile est eorum quoque temperaturas observatas non inter se convenisse. Summae autem Regnaultii ad maiores temperaturas non multum differunt ab Aragonii et Dulongii.

---

[1]) Poggend. Ann. LXI. 247.
[2]) Mémoires de l'Institut, XXI. 624.
[3]) Mémoires de l'Institut, X. 194.
[4]) Encyclopaedia Brittannica, XX. 588.
[5]) Mémoires de l'Institut, XXI. 624.

De modo, quo elasticitas vaporis aquae temperatura augetur a viris doctis diversae formulae propositae sunt, quarum nulla plane cum omnibus observationibus convenit. Dalton opinatus est temperaturam augeri secundum seriem arithmeticam, quando elasticitas augetur secundum seriem geometricam. Etiam Regnaultii observationes hanc legem non stabiliverunt.

De Pronius hanc formulam proposuit:

$$F = a\alpha^t + b\beta^t + c\gamma^t + cet.$$

Youngius hanc:

$$F = (a + bt)^m;$$

qua usi sunt Aragonius et Dulongius in computanda tabula, cum sequentibus constantibus:

$$F = (1 + 0.7153\,t)^5.$$

Rochius proposuit:

$$F = a\alpha^{\frac{t}{1+mt}}.$$

Eadem fere formula Magnus usus est, in computandis observationibus de elasticitate sub 100° C. Proposuit enim:

$$F = a\alpha^{\frac{t}{\gamma+t}};$$

et constituit constantes ex observationibus factis ad temperaturam $t = 0°$, $t = 100°$ et tertium medium temperaturae valorem, ex decem aliis observationibus deductum, et tunc computavit:

$$F = \overset{mm.}{4.525}.\ 10^{\frac{7.4475\,t}{234.69+t}}.$$

Biotius proposuit:

$$\text{Log. } F = a + b\alpha^t + c\beta^t.$$

Regnaultius animadvertit formulam Rochii, pro satis diverso temperaturae valore, satis accurate cum observationibus convenire, et non tantum valere de aqua, sed etiam de alcohole et de aethere; alteram Biotii tamen ideo accuratiorem esse, quia quinque constantes adsunt, qui ex quinque observationibus deducendi sunt, quum Rochii formula tres tantum constantes comprehendens, tribus tantum observationibus nitatur. Si igitur haec ita mutatur, ut plures factores cum constantibus compositi addantur, amittit simplicitatem, quae praeterea aliud quoque commodum praebet. Regnaultius propterea tabulas computavit secundum formulam Biotii. In temperaturis sub 100° C. $c$ negativum fiebat, formula igitur fiebat:

$$\text{Log. } F = a + b\alpha^t - c\beta^t,$$

in qua pro constantibus hos valores accipiebat:

$$\text{Log. } \alpha = 0.006865036.$$
$$\text{Log. } \beta = \bar{1}.9967249.$$
$$\text{Log. } b = \bar{2}.1340339.$$
$$\text{Log. } c = 0.6116485.$$
$$a = +4.7384380.$$

In temperaturis supra 100° C. formula haec erat:

$$F = a - b\alpha^n - c\beta^n;$$

ubi $n = t + 20°$ C. Constantes huc pertinentes hi erant:

$$\text{Log. } \alpha = \bar{1}.994049292.$$
$$\text{Log. } \beta = \bar{1}.998343862.$$
$$\text{Log. } b = 0.1397743.$$
$$\text{Log. } c = 0.6924351.$$
$$a = 6.2640348.$$

Sub eadem pressione alia liquida aliâ temperaturâ ebulliunt, sed tunc vapor singulorum liquidorum semper eandem elasticitatem habet.

Quod ad legem attinet, qua elasticitas vaporis singulorum liquidorum simul cum temperatura mutatur, Daltonius sibi observavisse videtur, eâdem differentiâ temperaturae (initio facto ab ebullitionis gradu), eandem differentiam elasticitatis effici. Posteriores observationes tamen hanc legem non stabiliverunt. Sed pauca tantum liquida hac in re explorata sunt. Lex Daltonii non multum a veritate recedit, quamdiu temperatura parum differt a solito ebullitionis gradu.

Quia autem pressio atmosphaerae continuo mutatur, mutatur etiam ebullitionis gradus singulorum liquidorum, sed formulis supra memoratis 1°. quando praeter temperaturae gradum, ad quem liquidum ebullit, simul Barometrum observatum est, haec temperatura reduci potest ad illam, ad quam ebulliret sub certa altitudine barometri (altitudo vulgo recepta est 760$^{mm}$); 2°. ex differentia temperaturae ad quam idem liquidum ebullit, differentia pressionis atmosphaericae definiri potest. Prima reductio requiritur, si quis ebullitionis gradus diversorum liquidorum comparare velit. Alterâ, thermometrum ut barometrum adhiberi potest, ut eodem loco differentia pressionis cognoscatur, vel ut diversis locis, si observationes eodem tempore perficiuntur, differentia altitudinis horum locorum definiatur. Sed ad has

observationes temperatura quam accuratissime observanda est, quia parva differentia temperaturae magnam differentiam altitudinis Barometri prodit.

Altero loco pressio efficitur illis liquidi partibus, quae adsunt supra locum ubi vapor oritur, sed haec referri potest ad pressionem atmosphaericam Pendet: 1°. a pondere specifico liquidi; 2°. ab altitudine quantitatis liquidi superpositi. Si pressio atmosphaerica, observata altitudine hydrargyri in barometro, exprimitur per $h$, pondus specificum liquidi per $g$, eiusque altitudo per $e$, habebimus pressionem totalem:

$$h + \frac{eg}{13.596},$$

in qua formula 13.596 pondus specificum hydrargyri est. Si igitur hoc liquidum magnam altitudinem habet, et propterea temperatura ita augetur, ut maior sit quam quae requiritur, ut vires coniunctas, quae in altiores partes liquidi agunt, vincat, in vaporem mutabitur, quum adscendendo in altiores partes venerit, et hae tunc minorem temperaturae gradum habebunt quam inferiores partes.

## *De Adhaesione.*

Gay-Lussacius [1]) primus observavit vasa et substantias indissolubiles vim habere in temperaturae gra-

---

[1]) Ann. de Chim., LXXXII. 174.

dum, ad quem aqua ebullit; invenit nempe aquam in vase metallico ad 100° C. ebullire, in vitreo contra ad 101°.323 C.; contritis frustulis vitreis aquae iniectis temperatura minuebatur ad 100°.323 C.; limatura ferri, ad 100° C. Magnitudo vasis et quantitas ferri iniecti nihil mutabant. Post hoc inventum alii physici eadem experimenta accuratius exploraverunt. Munckius et Gmelinius [1]) et postea Rudbergius [2]) conati sunt ipsam differentiam temperaturae invenire, quam vasa diversissimae naturae praebeant. Eorum resultata non plane inter se conveniunt. Munckius et Gmelinius invenerunt in diversis vasis vitreis vel maximas differentias. Causa horum phaenomenorum diu latuit. Munckius et Gmelinius putaverunt eam quaerendam esse in calore radiante (*stralende warmte*), qui, maior in vitro quam in metallo, ex fundo praecipue vasorum oriens, thermometrum attingit et calefacit. Etiam solida, si in aqua adsunt, hunc calorem radiantem, ut putant, recipiunt, et adiuvant ebullitionem eo, quod hunc calorem iterum aquae circumfusae reddunt; vel haec solida coniungunt minimas vaporis bullas, quae in aqua adsunt, et tunc coniunctae elevantur. Rudbergius [3]) dicit, differentiam a nulla alia re deduci posse, nisi inde, quod aqua fortius vitro quam metallo attrahatur, huius-

---

[1]) Gilbert's Ann., LVII. 211.
[2]) Poggendorff's Ann., XL. 48.
[3]) L. l., p. 52.

que rei documentum in vaporis temperatura sibi invenisse videtur, quam in utroque experimento eandem observavit. Praeterea iudicat, quum non liceat attractionem metalli pro nihilo habere, temperaturam aquae hic etiam necessario maiorem esse, quam in vase, quod nullam attractionem habet.

Experimenta maximi momenti de hac re in lucem edita sunt a Marcetio [1]); invenit enim, quum adhaesio liquidorum ad parietes eiusdem vasis diminuatur, temperaturam ebullitionis minui; augeri contra quum adhaesio maior fiat. Hoc obtinuit quum et vas metallicum et vitreum tenui superficie sulphuris, vel laccae texerat. In vase vitreo, in quo aqua primum ad temperaturam 101°.2 C. ebulliverat, ebulliebat ad 99°.85 C. quum vas tectum erat flore sulphuris, liquefacto in parvas guttas. Tenuis superficies laccae efficiebat ut iam ad 99°.7 C. ebulliret; in vase metallico, eodem modo tractato, ebulliebat ad 99.°8 C. Maiorem adhaesionem observavit in vase vitreo purgato per acidum sulphuricum concentratum, per solutionem concentratam potassae, vel in vase eluto papyra et aqua, vel calefacta usque ad 300° vel 400° C. Acidum sulphuricum maximam vim habebat. In cucurbita vitrea ita purgata sequentia observavit: in calefacienda aqua paucae tantum aëris bullae ex aqua surgebant; cantatus incipiebat tantum ad 95° C., et

---

[1]) Poggend. Ann., LVII, 218.

mox aqua ebullire incipiebat, ut in vitro non purgato, ad 100° vel 101°, sed cito vapor continuo diminutus oriebatur, et oriebatur cum pulsationibus, temperatura aucta ad 103° vel 104° C. Igne diminuto, vapor non amplius ortus est, sed temperatura augebatur ad 105° vel 106°; aucto igne, subito plurimus vapor ortus est, et temperatura diminuta 1 vel 2 gradibus. Vitro calefacto in balneo olei (*olijbad*) temperatura plerumque augebatur ad 105° sine pulsationibus, sed praeterea eadem phaenomena prodebat. Limatura ferri reducebat temperaturam iterum ad 100°; frustum metalli, in superioribus partibus liquidi retentum, non nisi ad 103°; etiam alcohol, quod in vase vitreo non purgato ad 79°.5 C. ebulliverat, ebulliebat in vitro acido sulphurico purgato ad 82°.5. Praeterea observationes Marcetii de temperatura vaporis confirmant eas, quas iam Rudbergius invenerat; observavit tamen hanc temperaturam vel aliquanto minorem esse, quam aquae ebullientis in vase metallico, quod probat adhaesionem quoque metalli non prorsus abesse; in vase tecto laccâ differentia plane nulla erat[1]. „Weniger leicht begreiflich, inquit tamen, scheint mir der, obwohl äusserst schwache, aber fast nie fehlende Unterschied, den ich in der Temperatur des Dampfs bemerkt habe, wenn die ihn ausgebende Flüssigkeit in einem Metall- oder einem Glasgefäss enthalten ist."

---

[1]) L. l. p. 227.

Medium inter decem observationes in vase metallico et novem in vitreo ei dabat 99°.840 in metallico, 99°.891 in vitreo; 99°.889 in vitreo cum metallo dicto *hamerslag van ijzer;* in vitreo purgato acido sulphurico 100° et aliquot decimas; putat hanc differentiam vel adhaesioni vaporis ad parietes vasorum, vel presentiae calidioris liquidi tribuendam esse. Quum mihi autem apparuerit, in exploranda temperatura vaporis ex solutionibus salium, quam difficile sit effectum parietum et guttarum ad thermometrum prosilientium prorsus delere, mihi videntur differentiae, ab eo observatae, tribuendae esse alterutri harum causarum, praesertim quum apparatum, quo usus est, non descripserit, et in vapore solutionum salium temperaturas nimis magnas acceperit.

Eius observationes de effectu adhaesionis in gradum ebullitionis liquidorum repetii, et plane confirmatas inveni; sed difficile erat vas vitreum aequali modo tenui superficie laccae tegere, quae satis firme vitro adhaereret, nec, ut saepissime fiebat, calefacta partim dissolveretur. Primo cucurbitam vitream solutione laccae satis ubique humidam feci, iterumque siccavi calefaciendo, simulque sicco aëre in posteriorem partem cucurbitae inflato; quae superficies laccae hoc modo tenuissima facta est, et, ut videbatur, aequali modo per vitrum dispersa. Aqua in vase ita constituto ebulliente magna pars laccae a vitro secernebatur, et thermometrum, in calefactione in balneo

olei, adscendebat a 100°.2 ad 100°.5 C. In repetitione eiusdem observationis cum nova superficie laccae idem obtinebat, sed oscillationes thermometri maiores erant; aqua ebulliebat, calefacta in oleo, a 100°.1 ad 100°.9 C. Simul idem phaenomenon obtinebat, quod Marcetius observaverat in cucurbita purgata acido sulphurico: vapor non continuo eadem vi oriebatur, in temperatura maiore multum oriebatur; quo facto temperaturae gradus diminuebatur, et ortus vaporis fere cessabat, donec temperatura iterum satis aucta erat; et, temperatura aucta ad 100°.9, tantus vapor ortus est, ut aqua per collum satis longum eiiceretur. In calefactione supra lucernam alcoholis temperatura non aucta est supra 99°.5, et aqua ebulliens non multum agitabatur. Temperaturae differentia inter calefactionem in oleo et supra lucernam alcoholis huic rei tribuenda esse videtur, quod in priore casu, quum oleum eâdem fere altitudine esset ac aqua, quae in cucurbita erat, hic quoque ii loci calefierent, ubi, lacca a vitro dissoluta, adhaesio maior erat, itaque aqua maiorem temperaturam accipere poterat. Lacca in cucurbita liquefacta et quantum fieri poterat aequali modo per parietes dispersa, non multo melius parietibus adhaerebat; superficies praeterea multo crassior erat, nec ita aequalis, ut in priore experimento; aqua in tali vase, lucerna alcoholis calefacta, ebulliebat, non multum mota, ad 99°.3 C., sed vapor oriebatur a plurimis locis fundi, et efficiebat ut

aqua continuo usque ad summam partem colli adscenderet.

Cucurbita, quae per 24 horas acido sulphurico repleta fuerat, et tunc aquâ purgata, mihi eadem phaenomena dedit, quae Marcetius descripsit. Semel vidi thermometrum adscendere ad 106°.2 C., vulgo inter 103°.1 et 105°.2. Filo platineo in superioribus aquae partibus admoto temperatura diminuta est ad 102°.2 vel 103°1, in inferioribus ad 100° vel 101°.9.

Etiam in vase metallico aqua ad maiorem temperaturam ebullire potest; in vase platineo, quod aliquantisper cum electromotore positivo pili voltaici coniunctum fuerat, quum negativus immersus fuerat in acidum sulphuricum dilutum, quo vas repletum erat, et vas hinc puriorem superficiem nactum fuerat, aqua ad maiorem temperaturam ebulliebat. Etiam quum filum platineum per 24 horas acido sulphurico expositum fuerat, inveni adhaesionem fortiorem. Magnus purgabat vas platineum potassa caustica liquefacta, deinde acido sulphurico et inveniebat aquam, in tali vase ebullientem, maiore temperatura esse.

Haec phaenomena mihi' videntur esse certissima documenta, adhaesionem vim habere in ebullitionis gradum liquidorum. Nunc videamus quo modo haec phaenomena conveniant cum alio notissimo phaenomeno adhaesionis. Experientia enim docuit aquae adhaesionem ad metallum vel vitrum fortiorem esse cohaesione; si igitur temperatura aquae ita aucta

est, ut elasticitas vaporis cohaesionem vincere possit, vapori recedendum esset, nec adhaesio quidquam efficere posset. Effectum tunc tantum haberet si minor est cohaesione; ebullitionis gradus igitur diminui, non augeri posset; hoc autem non convenire videtur cum phaenomenis supra memoratis. Marcetius propterea putat, ebullitionem esse, si eodem tempore in omnibus partibus liquidi, vapor oriatur, itaque liquidum non prius ebullire, quam si eius temperatura ita aucta sit, ut etiam adhaesionem vincere possit. Magnus [1]) contra hanc explicationem protulit: putat adhaesionem alicuius liquidi ad parietes vel ad aliquod solidum, si maior est cohaesione, revera nullius amplius momenti esse in gradu ebullitionis, sed liquidum tunc maximum temperaturae gradum adipisci, quem data pressione habere potest, antequam ebulliat. Addit hanc tamen adhaesionem aquae ad vitrum et metallum tunc tantum maiorem esse cohaesione, si vasa purissima sint, et hanc puritatem praesertim metalli non facile obtineri posse. Vasa metallica et cucurbitae vitreae, quae vulgo in ebullitione liquidorum adhibentur, numquam etiam ubique prorsus pura sunt, sed semper plures partes erunt ubi adhaesio minor est cohaesione; adhaesio igitur his primum locis vincitur, et temperatura pendet a maiore vel minore puritate vasorum; vas vitreum contra, acido

---

[1]) Poggend. Ann. LXI. 248.

sulphurico purgatum, purissimum est; hic igitur adhaesio nullam vim habet, et in ebullitione cohaesio vincitur. Dicit praeterea hanc maximam temperaturam non facile obtineri, quia plerumque in aqua alienae particulae adsunt, in quibus adhaesio minor est, et quae ebullitionem ita adiuvant. Praeterea haec temperatura, ut etiam revera observatur, continuo mutabitur, nam nec adhaesio nec cohaesio agunt in vaporem. Vapor igitur maiore temperatura iam in liquido dilatabitur. Haec dilatatio diminuit eius temperaturam, et ea re etiam liquidum refrigeratur; si autem hic vapor e liquido recesserit, requiritur ut primum pristinam temperaturam recuperaverit, priusquam denuo vapor oriri possit. Iniecto vero aliquanto pulvere in aquam, cuius adhaesio minor est, aqua ebullire incipiet, et temperatura diminuetur; plus tamen si hic pulvis in inferiore parte vasis adest, quam si in superiore, nam in primo casu praeterea vapor in adscensione liquidum refrigerat. Si in hunc finem filum platineum adhibetur, inveni hoc, non purgatum (cucurbita calefacta supra lucernam alcoholis) in inferioribus liquidi partibus ebullitionem continuo adiuvare, in superioribus tum tantum, quum aqua non refrigerata esset per vaporem adscendentem, i. e. paulo antequam hae bullae orirentur; filum platineum, acido sulphurico purgatum, ebullitionem tantum, inferioribus partibus admotum, adiuvabat.

Accurata ratio, qua omnia haec phaenomena ob-

servata sufficienter hypothesi Magni explicari possunt, efficit ut verisimillimum sit, ea cum veritate convenire. Adhaesione igitur gradus ebullitionis diminuitur, non augetur ut antea putabatur; sed ipse ebullitionis gradus, i. e. temperatura ad quam eius cohaesio sub certa pressione vincitur, multo maior est; diminuitur vero per vaporem, qui continuo assurgit; et tantum quando liquidum ebullit in vase, in cuius parietes nullam adhaesionem exercet, et ubi igitur temperatura vaporis eadem est quae liquidi, temperatura per ebullitionem eadem manebit. Vas superficie laccae tectum non multum ab hoc fine recedit.

## *De Cohaesione.*

Ex iis quae supra disputavi sequitur, auctam cohaesionem liquidi etiam maiorem gradum ebullitionis efficere. Hoc locum habere in aqua, liberata aëre, quem vulgo dissolutum continet, Donnius [1]) invenit. Plurimae igitur observationes de his rebus in vacuo perficiendae erant, quia aqua aëre liberata celerrime iterum pro parte aërem recipit. Quapropter usus est tubis vitreis diametro 8 ad 10$^{mm.}$ acido sulphurico purgatis; ebullitione continua aquam aëre liberavit, idque ita perfecit: alterum extremum

---

[1]) Mémoire sur la cohésion des liquides et sur leur adhérence aux corps solides. Mém. cour. et Mém. des savants étrangers, T. XVII.

apertum tubi traxit ad tenuissimum capillare filum, circiter metri longitudine, et, tubo ipso verticaliter directo, filum deorsum inflexit, huiusque partem extremam in aquam ebullientem immersit; tubum, vicissim calefactum et refrigeratum, totum aqua implevit; imposuit extremam fili partem hydrargyro et aquam in tubo ad ebullitionem usque calefecit, donec omnis, quantum fieri poterat, aër, et aqua supervacanea per filum capillare et per hydragyrum excessisset. Refrigerata aqua, hydrargyrum in hoc filo capillari adscendit circiter usque ad solitam barometri altitudinem, et hinc impediebat aërem quominus intraret in tubum, tunc tubum iuxta filum capillare clausit ope tubi ferruminatorii. Addit tamen se, quamquam his curis usus sit, efficere non potuisse, ut aquam omni prorsus aëre liberaret; singulis novis bullis vaporis simul parva quantitas aëris orta est, quae refrigerato vapore, in superioribus partibus liquidi apparebat.

Ut autem temperaturam constitueret, ad quam aqua aëre liberata ebulliret, alterum extremum tubi immersit solutioni chloreti calcii, cuius temperaturam thermometro observabat. Hac in re tamen curam habuit, ne, auctâ temperaturâ, simul pressio in aquam augeretur. Hoc effecit per eam qualitatem liquidorum, qua calorem male deorsum conducunt; tubus nempe in hunc finem ita flexus erat, ut, altero extremo calefacto, pars media deorsum directa esset,

quum alterum extremum, ubi vacuum aderat, et quod, ut spatium maius esset, in duos globos exibat, iterum seorsum directum esset.

Alterum extremum tubi ita flexi immersit deinceps in solutiones chlorureti calcii, quarum singulae ad 113°, 121°, 128° et 132° C. ebulliebant. In singulis trium primarum solutionum tubum per tres minutas tenuit, aqua tum non ebulliente; sed postquam tubus per 2.5 minutas in quarta solutione impositus fuerat, et thermometrum, evaporatione solutionis, iam ad 138° adscenderat, aqua calefacta subito in vaporem transiit, et reliquam partem aquae cum vi ad vacuum propulit. Quamquam autem aqua in tubo non eandem temperaturam habuerit quam solutio, putat tamen, eam non minorem quam 135° C. fuisse; quae est temperatura, ad quam aqua, sub solitis conditionibus, exposita triplici pressioni atmosphaericae, ebullit. Praeterea expertus est, aquam aëre non purgatam, in simili instrumento, sub triplici pressione atmosphaerica, solito modo ad 135° C. ebullire, et praeterea temperaturam solutionis iam post 0.5 minutam assumere.

Ex aucta igitur cohaesione sequitur etiam aucta adhaesio.

Alterum documentum, has vires absentia aëris multum augeri, praebuit ei hoc exprimentum. Malleum aquae (*waterhamer*) quantum fieri poterat aëre liberatum, per satis magnum temporis spatium immersit

in aquam ebullientem, ut pressio vaporum aquae in tubo aeque magna esset ac pressio aëris; abscidit superiorem tubi partem, et aquam ita aëre liberatam quam celerrime supra lucernam alcoholis calefecit. Aqua non sensim sensimque ebullire incepit, sed subito cum explosione omnis e tubo eiecta est, et in vaporem transiit.

Praeterea aëre purgavit malleum aquae, cuius, ut in instrumento supra memorato, superiorem partem in filum capillare protraxerat, eo modo, quem p. 29 descripsi, sed quum hunc quantum fieri poterat aëre purgaverat, extremam partem fili capillaris, aliquot centim. in hydrargyrum immersit, et aquam subtus calefacere ad perrexit; ad ebullitionem accesserunt pulsationes, quae paulatim fortiores factae sunt, donec tandem globus fractus est, quia tenue filum maiorem quantitatem vaporis, qui maiore temperatura singulis pulsationibus liberabatur, non diutius poterat transmittere.

Quo magis igitur liquidum aëre liberatur eo maior fit eius cohaesio, et ebullitionis temperatura augetur. Donnius hinc confecit ebullitionem non haberi posse qualitatem liquidorum, nam ebulliunt tantum quando gas solutum continent, *et*, ut addit, *difficile est praevidere quid esset, si liquidum ad conditionem plane puram reductum esset.* Ex observationibus porro deducit, ebullitionem liquidorum esse celerrimam evaporationem, quae in superficie alicuius bulli aëris

obtineat, qui maiore calore oritur in liquido, ubi condensatus aderat; et putat cohaesionem et adhaesionem habere maiorem vim, pro maiore quantitate aëris, quem liquida continua ebullitione perdunt; temperaturam itaque augeri, hinc plus aëris liberari, et inde novam evaporationem vaporis sequi. Haec evaporatio, inquit, non adversatur fortissimae cohaesioni partium inter se, nam vel solida, Camphora, Iodium, Glacies, eadem phaenomena produnt; et praeterea discessio aëris in oriente vapore, et observatio, hunc vaporem a nonnullis tantum partibus oriri, documenta sunt huius novae theoriae, quam proposuit.

Prius tamen videndum est num omnia liquida aërem contineant, et eadem phaenomena in ebullitione praebeant, quae aqua, priusquam hanc theoriam veram habere licet.

Equidem numquam magnam illam temperaturam observavi, quam Donnius habuit, usus instrumento, de quo pag. 30 egi. In instrumento a Geissler Berolini confecto, duobusque aliis, quae ipse confeci, aqua semper ebullire incepit ad minorem temperaturam. His postremis immersis in solutionem chlorureti calcii, quod ad 115° C. ebulliebat, aqua semper ante 45 secundas ebulliebat. Observationes praeterea parum inter se conveniebant; et difficile est statuere an hoc tribuendum sit maiori quantitati aëris in meis tubis, quos plane omni aëre liberare mihi numquam licuit.

Non absentia aëris, sed etiam omnes sales solubiles

augent temperaturam ebullitionis aquae. Accuratissimae observationes de hac maiore temperatura, per varias quantitates variorum salium effectae, a Legrandio [1]) factae sunt. Ad hanc rem usus est tubis vitreis, interdum vase platineo, sed semper aliquot frusta zinci liquido iniecit, ut evitaret pulsationes, quae in nonnullis solutionibus obtinent. Praesentiâ huius zinci ponere igitur licet, omnes temperaturas sub eodem fere effectu adhaesionis observatas esse. Sed etiam adhaesionem hic quoque semper vim habere apparet ex observationibus Marcetii [2]); habuit in solutione chloreti natrii haec resultata:

| Proc. salis. | In metallo. | In vitro. | In vitro cum hamerslag v. ijzer. |
|---|---|---|---|
| 7 | 101.25 | 101.75 | 101.45 |
| 10 | 101.70 | 102.35 | 101.94 |
| 25 | 104.45 | 105. | 104.70 |

Praesertim ratio habenda est vaporis, qui ex solutionibus salium discedit. Experientia docuit hunc semper purum aquae vaporem esse; sed quod ad temperaturam attinet, resultata aliorum physicorum alia sunt. Primum videamus de observatione Magni [3]), facta de vapore quamdiu in liquore adest. Vaporem aquae ad 100° C. transmisit in solutionem chloreti natrii,

[1]) Ann. de Chim. et de Physique, LIX. 423.
[2]) Poggend. Ann., LVII. 230.
[3]) Poggend. Ann., LXI. 250.

in balneo aquae ad 100° calefactam. Temperatura eo augebatur ad 107°; paulatim solutio diluebatur aqua, et temperatura minuebatur, sed iterum augebatur sale addito. Hanc observationem repetens, itidem observavi temperaturam aliquot gradibus augeri; sed quantitas vaporis minor erat prae solutione salis, et praeterea apparatus non satis munitus erat a refrigeratione, ut solutionem ad ebullitionis gradum calefacere possem; sed manifestum erat bullas vaporis adscendendo per liquidum paulatim minores fieri. Sales igitur attractionem in aquam habent, et inde vel pars vaporis in conditionem liquidam redit. Sale addito, minuitur etiam elasticitas aquae vaporis, qui aderat in vacuo torricellico. In experimento Magni a me repetito minuebatur etiam elasticitas vaporis, simul ac vapor solutionem salis intrabat, quo facto pars vaporis in conditionem liquidam redibat, et simul calorem latentem, partim tradebat liquido, cuius temperatura igitur augebatur, partim vapori, cuius elasticitas hinc maior fiebat. In ebullientibus solutionibus salis vapor igitur etiam maiorem temperaturam retinebit, quamdiu in liquido est, quia eius elasticitas praesentia salis diminuta est.

Nunc videamus de temperatura vaporis, si liquidum reliquit. Olim temperatura vulgo dicebatur eadem esse, quae supremarum partium liquidi. Faradaius [1])

---

[1]) Ann. de Chim. et de Phys., XX. 325.

contra primus docuit eam non maiorem esse, quam aquae purae. Rudbergius [1]) hanc temperaturam accuratissime exploravit; in observationibus curam habuit, primo ne vapor refrigeraretur aëre apparatui circumfuso; hunc in finem tubum, in quo thermometrum aderat, altero tubo circumdedit, per quem vapor, ut per priorem, continuo transibat; praeterea circum hunc tubum secundum cylindrum cupreum posuit, etiam vapore aquae repletum; praeterea curam habuit ne guttae liquidi ad thermometrum prosilire possent. Observationes suas diversis diebus diversissimis barometri altitudinibus perfecit, exploravit chloretum calcii, carbonatem potassae neutralem, nitratem potassae, chloretum natrii, sulphatem zinci, et invenit temperaturas maxime 0°.05 C. differre ab iis, quas computaverat de vapore aquae purae ad datas barometri altitudines. Marcetius [2]) contra vidit temperaturam vaporis solutionis chloreti natrii non multo minorem esse, quam ipsius solutionis: Habuit nempe in diversis vasibus, et diversis quantitatibus salis haec resultata:

| Proc. salis. | In metallo. | | In vitro. | | In vitro cum hamerslag v. ijzer. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | solutio. | vapor. | solutio. | vapor. | solutio. | vapor. |
| 7 | 101.25 | 101 | 101.75 | 101.10 | 101.45 | 101.12 |
| 10 | 101.70 | 101.45 | 102.35 | 101.54 | 101.94 | 101.50 |
| 25 | 104.45 | 104.20 | 105 | 104.50 | 104.70 | 104.40 |

[1]) Poggend. Ann., XXXIV. 257.
[2]) Poggend. Ann., LVII. 230.

In his observationibus repetendis usus sum hoc apparatu: vitreae cucurbitae collum abscissum erat, eiusque loco cylindrum cupreum cum duplici pariete globo affixum, ita ut interior cylindri paries vitrum circumdaret. Hoc cylindrum in superiore parte cupreo operculo clausum erat, in quo thermometrum fixum erat, eo modo ut eius globus intra cylindrum, tubus et scala extra essent. Parietes horum cylindrorum circiter centimetrum a se distabant, et supra et infra cupreis annulis clausi erant. In superiore parte parietis interioris cylindri erat foramen, et in inferiore parte parietis exterioris eiusmodi foramen, ita ut vapor liquidorum in cucurbita iuxta thermometrum transiret per duplicem parietem cylindri, et tum per foramen liber discedere posset; sub thermometro, ut Rudbergius fecerat, rotundam laminam cupream affixeram, ne guttae liquidi ad thermometrum prosilirent. Thermometrum, quod Barothermometrum erat, a Beckero confectum, apud gradum ebullitionis aquae instructum erat parte scalae centesimalis; singuli gradus divisi sunt in 50 partes, quarum ope nonii decimae partes observari possunt, i. e. $\frac{1}{500}$ gradus. Quum autem in hoc instrumento puncta fixa non notata essent, ex 22 observationibus de temperatura vaporis aquae ebullientis ad diversas barometri altitudines tabulam computavi de temperaturis ad omnes interpositas barometri altitudines, quacum tunc sequentes observationes comparare poteram. Temperatura hydrargyri

in barometro ad 0° C. reducebatur. Calefactio liquidorum fiebat per lucernam alcoholis Argandicam. In liquido aderat filum platineum. Resultata hoc appatu obtenta haec sunt:

| Liquida. | distantia a Thermom. | Barometr. ad 0°. C. | Thermometrum. | |
|---|---|---|---|---|
| | | | observat. | computat. |
| | c. m. | | | |
| chlor. natricum | 1.5 | 757.96 | 100.018 | 99.982 |
| | | | 100.034 | |
| aqua | 1.5 | 757.68 | 99.984 | 99.971 |
| chlor. calcicum [1]) | 1.5 | 760.03 | 100.304 | 100.063 |
| „ [2]) | 1.5 | 766.55 | 100.414 | 100.316 |
| | | | 100.446 | |
| | | | 100.46 | |
| „ [3]) | 2 | 770.54 | 100.9 | 100.469 |
| | | | 100.922 | |
| | | | 100.964 | |
| | | | 100.98 | |
| aqua | 2 | 770.54 | 100.486 | 100.469 |
| chlor. calcicum | 5.5 | 769.34 | 100.622 | 100.424 |
| | | | 100.634 | |
| chlor. natricum | 5.5 | 759.50 | 100.572 | 100.43 |
| | | | 100.586 | |

[1]) Grad. ebull. 102°.8.
[2]) Grad. ebull. 120°.
[2]) Grad. ebull. 115°.

Resultata harum observationum satis perspicue ostendunt temperaturam vaporis *non* eandem esse ac liquidi. Differentiae tamen maiores sunt, quam ut hinc simul deducatur temperaturam eandem esse, quam aquae purae; sed temperatura continuo crescens, quam in solutionibus salis observavi, effecit, ut suspicatus sim constructionem apparatus fortasse causam esse errorum, quia vitrum cucurbitae interiori parieti cylindri cuprei affixum erat; vitrum nempe iis locis, ubi liquidum attingit, temperaturam habet liquidi, et fieri potest ut calor per vitrum se communicaverit cupro, et ita attigerit thermometrum, partim per radios, partim vapore ipso calefacto. Ut autem explorarem an haec vera causa esset maioris temperaturae, apparatum meum ita mutavi, ut vitrum affixerim *exteriori* cylindro, annulo, qui parietes infra coniungebat, sublato, et foramine ad vaporis exitum nunc in superiore parte facto; cum apparatu ita mutato resultata habui haec:

| Liquidum. | distantia a Thermom. | Barometr. ad 0° C. | Thermometrum. observat. | Thermometrum. computat. |
|---|---|---|---|---|
| aqua | 2.5 | 760.05 | 100.114 | 100.064 |
| chlor. natricum (sal. in fundo). | „ | „ | 100.126<br>100.210 | „ |
| aqua | „ | 759.07 | 100.054 | 100.026 |
| „ | „ | 759.29 | 100.106 | 100.035 |
| chlor. natricum | „ | 757.62 | 100.078<br>100.112<br>100.016<br>99.98<br>100.036<br>99.76<br>100.036 | 99.986 |
| aqua | 4 | „ | 99.986 | „ |

Haec resultata non meliora sunt, quam ea, quae in priore apparatu habueram. Praeterea temperatura multum variabat, quum caloris gradus saepius 0°.1, semel vel 0°.3 diminueretur, postea paulatim iterum augeretur, cuius rei nullam causam invenire potui; hoc tantum vidi, laminam sub thermometro affixam non impedivisse, quominus guttae solutionis salis ad globum prosilierint; quod tamen subitam diminutionem efficere non potuit.

Easdem observationes postea repetii, usus vase cupreo multo maiore, altitudine 30 c. m., latitudine 12

c. m.; in superiore parte clausum erat operculo cupreo, cui duo cylindra et thermometrum prioris apparatus affixa erant, ita tamen ut cylindra usque ad foramen, in exteriore cylindro ad vaporis exitum factum, supra operculum eminerent; vas ipsum praeterea in superiore parte parvum foramen habebat, quo vapor exiret. Resultata cum hoc apparatu obtenta haec sunt:

| Liquidum. | Barometr. ad 0° C. | Thermometrum. observat. | Thermometrum. computat. | Differentia. |
|---|---|---|---|---|
| aqua | 757.85 | 99°.950 | 99°.976 | +0.025 |
| „ | 760. | 100.054 | 100.062 | +0.008 |
| chlor. natricum | „ | 100.076 | „ | −0.014 |
| aqua | 760.43 | 100.086 | 100.079 | −0.007 |
| chlor. natricum | „ | 100.064 | „ | +0.015 |
| aqua | 760.54 | 100.074 | 100.083 | +0.009 |
| chlor. natricum | 760.77 | 100.102 | 100.092 | −0.010 |
| aqua | 764.01 | 100.206 | 100.217 | +0.011 |
| chlor. natricum | 763.53 | 100.198 | 100.199 | +0.001 |
| aqua | 761.20 | 100.128 | 100.109 | −0.019 |
| chlor. natricum | 760.75 | 100.104 | 100.091 | −0.013 |
| aqua | 759.62 | 100.076 | 100.046 | −0.030 |
| chlor. natricum | „ | 100.076 | „ | −0.030 |
| aqua | 760.04 | 100.034 | 100.063 | +0.029 |
| chlor. natricum | „ | 100.076 | „ | −0.013 |

Hinc conficere posse mihi videor temperaturam vaporis solutionum salis non maiorem esse quam aquae purae, quae resultata satis accurate cum Rudbergii conveniunt.

### *De ebullitione, si secundum liquidum adest, quod nullam vim chemicam habet in alterum.*

Duo liquida, si in eodem vase adsunt, possunt 1° dissolvi, 2° distincta strata in vase occupare. In priore casu gradus ebullitionis pendet ab eo gradu, ad quem utrumque liquidum ebullit, et a quantitate relativa utriusque; ita ut ebullitionis gradus continuo mutetur, si vapor oriens non eandem rationem utriusque continet, ac liquidum ipsum. Hic ebullitionis gradus tamen semper maior est quam liquidi, quod prius ebullit. In altero casu, si liquida distincta strata occupant, temperatura diversa est pro, ut levius vel gravius liquidum prius ebullit; si levius, solitum ebullitionis gradum servat, et liquidum inferius nullam vim habet; si contra inferius prius ebullit, ebullitionis gradus mutatur, sed valor huius mutationis in aliis liquidis alius inventus est.

Liebigius [1]) primus invenit, oleum quod existit coniunctis aequalibus voluminibus chlorii et gasi oleifici, (*liqueur des Hollandais*), et quod ad 82°.2 C. ebullit,

---

[1]) Poggendorff's Ann., XXIV. 277.

iam ebullire ad 75°.6 C., si stratum aquae supra oleum adesset. Idem obtinebat in chloreto carboni $Cl^2 C^5$; hoc ebullit ad 60°.8, et, aquâ superpositâ, ad 57°.3. Gay-Lussacius [1]) demonstrare conatus est, haec phaenomena optime convenire cum legibus, secundum quas vapores miscentur cum aliis liquidis elasticis. Dicit nempe: in vaporis bullis, quae ex inferiore liquido per superius adscendunt, vapor huius posterioris ut in vacuo oriri potest; eius elasticitas additur elasticitati prioris, coniunctae igitur dilatantur, donec earum elasticitas aequiparetur cum pressione in eas effecta; ex hac dilatatione sequitur refrigeratio, et hinc superius quoque liquidum refrigeratur. Sed praeterea, inquit, vapores oriri possunt in superficie communi utriusque liquidi, simulac temperatura satis magna est, ut coniuncti pressionem vincere possint, quae in eos efficitur, et tunc liquidum ebullire incipiet ad temperaturam minorem solito eius ebullitionis gradu; et universe eo minore, quo minor est differentia inter ebullitionis gradus utriusque liquidi. Quum autem fingit eodem tempore vaporem ex utroque liquido oriri, neque hoc semper locum habiturum esse simulac liquida hanc inferiorem temperaturam obtinuerint, putat ebullitionis gradum situm esse inter eam temperaturam, ad quam summa elasticitatum utriusque liquidi eadem est quae pressio atmosphaerica,

---

1) Poggendorff's Ann., XXV. 498.

et inter ebullitionis gradum inferioris liquidi. Hoc tum tantum fieri posse mihi videtur, quum secundum theoriam Donnii aliquot aëris bullae in communi liquidorum superficie oriuntur.

Si observationes Liebigii computantur secundum legem Daltonii de elasticitate vaporum liquidorum, elasticitas erat

| | |
|---|---|
| Olei (liqueur des Hollandais) ad 75°.6, i. e. 6°.8 infra solitum ebull. grad. . . . . | 593mm. |
| Vaporis aquae ad 75°.6. . . . . | 296 |
| | 889 |
| Elasticitas vaporis Chloreti carbonii ad 57°.3, i. e. 3°.5 infra solitum ebull. grad. . . . | 670mm. |
| Vaporis aquae ad 57°.3. . . . . | 131 |
| | 801 |

Utrumque liquidum igitur revera maiorem temperaturam habuit quam ea, ad quam summa elasticitatum singulorum eadem erat ac pressio atmospherica.

Postea tamen Magnus [1]) invenit alia liquida, sub iisdem conditionibus, prodere temperaturas maiores solito ebullitionis gradu, non convenientes igitur cum iis, quas Liebigius exploravit. Exploravit nempe diversa olea aetherea, et sulphuretum carbonii, cum aqua. Invenit recens rectificatum oleum terebinthinae cum aqua ad 749.6mm. Bar. ebullire ad 102° C.; vapor contra erat 94°.5 C.; sulphuretum carbonii, quod ad

---

[1]) Poggendorff's Ann., XXXVIII. 481.

760$^{mm.}$ Bar. ebullit ad 46°.6 C., aqua addita, ad 752.2$^{mm.}$ Bar. ebulliebat ad 47° C. Temperatura vaporis erat 43°5 C., quae eadem manebat, quamdiu reliquiae inferioris liquidi aderant; praeterea observabat in his liquidis etiam temperaturam superioris liquidi semper paulo maiorem esse ebullitionis gradu inferioris. Putat causam huius maioris temperaturae inferioris liquidi sitam esse in maiore pressione, quae vapori vincenda est, priusquam discedere possit. „Bei den Gemischen, inquit, die ich untersucht habe, und bei denen die flüchtigere Flüssigkeit die untere war, war auch stets die Temperatur, bei welcher das Gemisch kochte, ungefähr die, welche die flüchtigere Flüssigkeit durch diese Vermehrung des Drucks annehmen musste." Hae temperaturae observatae mihi tamen multo maiores videntur, quam ut tantum hydrostaticae pressioni tribuantur; nam aqua ad 102° C., habet elasticitatem 816.01$^{mm.}$, quum Magnus observationem ad 749.6$^{mm.}$ Bar. faciebat, hoc est differentia 66.41$^{mm.}$ hydrargyri, quod aequiparatur circiter 1035$^{mm.}$ olei terebinthinae. In observatione cum sulphureto carbonii invenit temperaturam 0°.4 maiorem; secundum legem Daltonii vapor habuit elasticitatem 771.91$^{mm.}$, quum observationem perficiebat ad 752.2$^{mm.}$, i. e. differentia 19.71$^{mm.}$ hydrargyri, quae aequiparatur columnae aquae altitudine 268.5$^{mm.}$

Minorem temperaturam vaporis explicat eodem modo, quo Gay-Lussacius.

Haec experimenta Liebigii et Magni repetii, et eadem fere resultata obtinui. In priore usus sum oleo, quod dicitur *Liqueur des Hollandais*, et idem phaenomenon observavi quod Liebigius. Inveni hoc oleum ebullire ad 89°, contra ad 81°.5 quum stratum aquae ei superposuissem. Repetito experimento, postquam oleum destillatione cum acido sulphurico accuratius purgaveram, inveni gradum ebullitionis esse ad 87°; cum strato aquae superposito iam ad 75° ebullire incipiebat, sed temperatura paulatim augebatur usque ad 81°, quum experimentum intermittere cogebar, quia quantitas liquidi ebulliendo nimis erat diminuta.

In repetendis his observationibus cum oleo terebinthinae et aqua paulo minores temperaturas obtinui quam Magnus. In cucurbita aquam ad ebullitionis gradum calefeci, huiusque temperaturam observavi; tum loco partis aquae oleum terebinthinae recens destillatum immisi, et plane eandem temperaturam observavi.

Haec resultata igitur conveniunt cum observationibus Liebigii et Magni; de causa phenomeni vero nihil docuerunt, et ulterioribus observationibus opus esse mihi videtur, quibus cognoscamus, quare alterum stratum liquidi, in variis liquidis varium effectum efficiat.

### *De pulsatione.*

In ebullitione liquidorum ratio habenda est pulsationis, quae, ut iam saepius animadverti, sub certis

conditionibus locum habet. Haec pulsatio maxima est in acido sulphurico; sed sub nonnullis conditionibus item observatur in aqua pura, praecipue tamen si nonnulli sales in ea dissoluti sunt. Magnus eandem rem observavit in ebullitione duorum liquidorum, non commixtorum, sed quorum alterum alteri superpositum erat. Legrandius [1]) dicit de aqua pura: „lorsqu'on fait bouillir de l'eau dans un vase de verre, l'ébullition s'opère d'abord régulièrement, par bulles nombreuses et sans bruit, mais une fois que l'eau a perdu la plus grande partie de l'air, qu'elle tenait en dissolution, les choses se passent ordinairement d'une autre manière, l'ébullition s'opère par bouffées intermittentes, accompagnées de bruit, et le thermomètre éprouve des oscillations assez étendues." Idem Marcetius quoque observavit in vitro, quod acido sulphurico purgatum erat. Insuper observationes Donnii ostenderunt quam multum haec pulsatio augeatur, si aqua, quantum fieri posset, aëre purgata esset.

De effectu salium Legrandius addit: „plusieurs sels ajoutés à l'eau, même en petite quantité, sont d'une efficacité remarquable pour l'empêcher; mais il en est d'autres aussi, qui le favorisent à un haut degré, et je crois pouvoir placer en première ligne le tartrate neutre de potasse." Munckius contra [2]) dicit

---

1) Ann. de Chim. et de Phys., LIX. 426.

2) Gehler's Phys. Worterb., X. 1035.

se hanc pulsationem tum tantum observavisse, quando liquidum nondum ebullire incepisset, et sal non solutum in fundo vasis maneret; idem non amplius esse post vehementem et continuam ebullitionem.

Quod ad modos attinet, qui adhibentur, ut haec pulsatio impediatur, antea vulgata opinio erat, omnia metalla liquido imposita hoc efficere, et hanc ad rem plerumque platina in usu erat. Gay-Lussacius etiam invenit filum platineum impedire pulsationem acidi sulphurici, et Magnus dicit, in ebulliendo oleo terebinthinae et aqua pulsationem filo platineo impediri, etiam si hoc in inferiore tantum liquido adesset. Legrandius contra dicit non omnia metalla pulsationem impedire, et limaturam platinae hoc tamdiu tantum facere, quamdiu aër ita in liquidum inducatur, et pulsationem iterum oriri, simulac hic aër evanuerit. Invenit zincum et deinceps ferrum, id est, ea metalla, quae aquam facillime decomponunt efficacissima esse, sed praeterea interesse, utrum metallum in pulverem redactum an solidum sit. Donnius denique dicit flumen aëris idem efficere, et putat etiam flumen aquae, multum aëris continentis, vel vaporis idem effecturum esse.

Ipse observavi hanc pulsationem in aqua pura multum augeri vitro in frustula redacto, si acido sulphurico purgatum esset, et paucissima tantum frustula sufficiebant. Filum platineum purissimum aquae in fundo vasis iniectum diminuebat pulsationem, in

superiore aquae parte retentum, etiamsi tum ebullitionem adiuvabat, nihil efficiebat ad pulsationem in inferiore parte. Limatura zinci impedit pulsationem, quia aquam revera decomponit, et hoc iam in temperatura multo minore locum habet. In malleo aquae bene aëre purgato, in quo limatura zinci aderat, ad solitam temperaturam, continuo gas oriebatur. Fortissimam pulsationem aquae aëre purgatae, qualem Donnius descripsit, plane confirmatam inveni.

In solutionibus salis, quas exploravi, observationem Munckii non confirmatam inveni. Si vitrum et solutio prorsus pura erant, liquidum inter ebulliendum continuo pulsari pergebat; sed haec pulsatio in plerisque salibus non tam fortis erat, quam ex verbis Legrandii conficiendum esse putaveram.

Chloretum natrii, chloretum calcii, carbonas potassae, sulphas potassae, et etiam tartaras potassae neutralis, quam diu solutio non valde concentrata erat, in vase acido sulphurico purgato, non fortius pulsabantur quam aqua.

Nitras potassae, chloretum ammoniae, nitras cupri, non multo fortius quam aqua. Sulphas cupri, sulphas sodae interdum fortissime pulsabantur. Liquidum tunc in magnam altitudinem supra cucurbitae collum satis longum proiiciebatur.

Nitras calcis fortius pulsabatur quam aqua, quamdiu eius solutio non nimis concentrata erat; quum autem hic sal in sua aqua cristallisationis liquefiebat, pul-

satio prorsus cessabat, et vapor simul oriebatur ex pluribus locis; iterum aqua addita, pulsatio de novo incipiebat. Filum platineum etiam impedit pulsationem solutionis nonnullorum salium; praecipue nitratis cupri, carbonatis potassae, omnium maxime nitratis calcis; per totam fere fili superficiem continuo vapor oriebatur.

In chloreto ammoniae et sulphate cupri interdum pulsationes filo platineo impediebantur, interdum non impediebantur.

In nitrate potassae, sulphate sodae, sulphate potassae, sulphate zinci filum platineum nihil efficiebat.

Nunc videamus cui causae haec pulsatio tribuenda sit. Gay-Lussacius putat liquidum ante singulas pulsationes supra solitum ebullitionis gradum calefactum esse. Hoc etiam confirmatum est observationibus Marcetii, Legrandii, Donnii, de aqua, et Magni, de oleo terebinthinae cum aqua; modum vero, quo temperatura haec maior pulsationem efficiat, Magnus [1]) olim putabat in cohaesione superiorum liquidi partium quaerendum esse, quod hae impediant vaporem quominus oriatur, donec hic per maiorem illam temperaturam cum vi permeatum efficiat. Sed huic explicationi observatio eius repugnat; vidit nempe filum platineum pulsationem impedire etiamsi tantum in inferioribus liquidi partibus adesset. Postea

---

[1]) Poggendorff's Ann., XXXVIII. 492.

dicit [1]), pulsationem effici subita dilatatione vaporis, si hic cohaesione liquidi maiorem temperaturam acceperit, priusquam secerni possit. Propterea omnis substantia, quae parvam adhaesionem efficit, impedit hanc pulsationem, quia vapór tunc minore temperatura oritur, et igitur etiam parum dilatatur.

Non multum ab hac differt explicatio Donnii, qui secundum suam theoriam de ebullitione dicit: maior temperatura, quam liquidum accepit, liberat partem aëris; liquidum tum per hanc maiorem temperaturam subito evaporat ad superficiem bullae aëris, tanta vi, ut pulsatio inde oriatur; hic vapor tunc dilatando liquidum refrigerat, quod tunc iterum pristinam temperaturam primum receperit necesse est, priusquam nova aëris bulla liberetur, quod idem phaenomenon profert. Haec explicatio pulsationem satis recte illustrare mihi videtur, quae in liquidis ebullientibus observatur. Pulsatio autem in calefaciendis liquidis, si non soluti sales, vel etiam frustula vitri, in fundo vasis adsunt, eo, ut supra annotavi, efficitur, quod liquidum praesentia horum solidorum impediatur, quominus adscendat; hinc igitur maximam temperaturam recipiat, et in vaporem transeat, qui tunc discedens subito in superioribus liquidi partibus refrigeretur.

---

[1]) Poggendorff's Ann., LXI. 254.

TANTUM.

# THESES.

I.

Theoria Donnii de ebullitione fluidorum nondum probanda est.

II.

Recte Regnaultius (Mém. de l'Institut XXI. 163) dicit: Un thermomètre parfait serait celui dont les indications seraient toujours proportionelles aux quantités de chaleur qu'il a absorbées.

III.

Color non est criterium refrangibilitatis radii lucis.

IV.

Facio cum de Wildio (Ueber die Unhaltbarkeit der bisherigen Theorie der Newton'schen Farbenringe. Poggendorff's Ann., LXXX. 410): dass die Mitte des Ringsystems, wenn die Entfernung der Gläser Null ist, im reflectierten Lichte nicht dunkel seyn kann.

V.

Duplicium stellarum cursus iisdem regitur legibus, quibus errantium.

VI.

Minus recte Carnotius (Géométrie de Position): pour obtenir réellement une quantité négative isolée, il faudrait retrancher une quantité effective de zéro, ôter quelque chose de rien.

VII.

A cytoblasto cellulae originem non habent.

VIII.

Eo tendat naturae investigatorum studium, ut phaenomena, quae observantur, tum in corporibus anorganicis, tum in organicis, ex uno eodemque fonte explicent.

## IX.

Recte Klugelius: „Man muss bei den mathematischen Untersuchungen nicht immer fragen, wozu sie nutzen mögen; es ist schon genug, wenn diese dem Geiste eine unterhaltende Uebung seiner Kräfte gewähren, wenn sie zur Entwickelung sehr versteckter Verhältnisse auf einem unerwarteten Wege führen, wenn neue Vergleichungsmittel gefunden werden, um die Schwierigkeiten zu überwinden, die sich bei erweiterten Untersuchungen entgegenstellen."

## X.

Omnes sensus reduci possunt ad tactum.

## XI.

Verosimilis est salium theoria, quae dicitur binaria, qua admittitur scribendum esse:

$$SO_4H_2 \text{ pro } SO_3H_2O,$$
$$N_2O_6H_2 \text{ pro } N_2O_5H_2O,$$
$$SO_4Cu \text{ pro } SO_3CuO,$$

etc.