

IV.
 ELECTRISCHE VERSUCHE
 von
 L. A. VON ARNIM.

1. *Versuche zur Aufklärung des Verhältnisses zwischen der chemischen und electricischen Beschaffenheit der Körper. *)*

I N H A L T.

Versuche mit Pulvergemengen. Resultate derselben. — Allgemeine Uebersicht der verschiedenen Veränderungen, durch welche Körper electricisch werden. Bei chemischen Veränderungen ist einzig allen gemeinschaftlich Aenderung der Wärme-Capacität. Der Körper, dessen Wärme-Capacität in Verhältniß eines andern sich vergrößert, wird negativ-, der, dessen Wärme-Capacität in Verhältniß eines andern sich vermindert, positiv-electrisch. Die Erfahrung zeigt, daß dieses Gesetz auch für die durch Reibung erregte Electricität, also ganz allgemein gelte. Ursach der Leitungsfähigkeit. — Die Electricität als Wirkung in einer unterbrochenen Kette betrachtet. *Anmerkungen:* 1. Versuche über die Wirkung der Kettenverbindung auf die Beschleunigung des chemischen Processes. 2. Erläuterungen aus der Wärmelehre. 3. Ueber die Ausdehnung des Wassers in der Nähe des Gefrierpunktes. 4. Ueber einige Wirkungen des Blitzes und die Ursach des Donners. 5. Anmerkungen und Versuche über den Einfluß der Electricität auf die Krystallbildung.

*) Der Leser empfängt hier auf Veranlassung der Abhandlungen Aldini's und Fabroni's, (Ann., IV, St. 4,) *Bruchstücke über einige der am wenigst* Annal. d. Physik. 5. B. L. St. C

Die merkwürdigen Resultate, welche Herr Kortum *) aus seinen Versuchen über die Electricität

sten bearbeiteten, aber nicht weniger wichtigen Theile der Electricitäts-Lehre. In meinem Versuche einer Theorie der electricischen Erscheinungen, (Halle 1799,) wagte ich nicht davon zu reden, weil nur das, was schon sicher in unserm Erfahrungsbesitze ist, abgeleitet, nicht aber die Theorie durch eine schwankende Erfahrung irre geleitet werden sollte. Sie dienen daher theils zur Vervollständigung des Ganzen, theils zur Berichtigung. Bei dieser Gelegenheit ein Paar Worte über eine Recension jener kleinen Schrift. Der Recensent in der *Allgemeinen Litteratur-Zeitung* gab zu verstehen, meine Theorie sey wohl nur eine consequente Bezeichnungsart der Franklinschen. Ich glaube dieses durch nichts bündiger als durch Zusammenstellung der Fundamental-Gleichung für den Zustand des electricischen Gleichgewichts zwischen zwei Körpern nach jener Theorie mit der meinigen, widerlegen zu können; dort ist sie $A - R + a + x = 0$, nach meiner $AR - ar = 0$, wo selbst die Bedeutung von r und R verschieden, nicht, wie jene, als eine Ablosung hervorbringende Ursach gedacht wird, und daher den Widersprüchen entgeht, worauf jene, nach van Swinden's Bemerkung, (*Analog. de l'électr. et du magnet.*, T. II, p. 217—266,) führt. Ich finde mich zu dieser Berichtigung veranlaßt, weil sonst mancher, durch jenes Urtheil abgehalten, das Eigenthümliche der Ansicht seiner Prüfung nicht unterwerfen möchte.

*) Voigt's *Magazin*, X. Band, 2. St., S. 1 bis 15.

der in v rſchiedenartigen Sieben geſchüttelten Pulver erhielt, veranlaſten mich, auch die Electricität verſchiedenartiger Pulvergemenge zu unterſuchen. Die Art, wie dieſe Verſuche angeſtellt werden, iſt völlig die Aldiniſche; *) ſie bedarf daher keiner Erläuterung.

Verſuch

1	Schwefel und Braunſteinkalk	+ wenig geſchieden, die Sterne etwas bläſſer
2		
3	Schwefel und Talkerde	+ die Sterne etwas gelber — die Zirkel mehr dunkel
4		
5	Braunſtein und Talkerde	— kein merkbarer Unterſchied + eben ſo
6		
7	Gelber und rother Bleikalk	+ etwas gelber die Sterne — die Zirkel etwas röther
8		
9	Rother Bleikalk und Zinkkalk	+ die Flecken weiß — nicht merkl. unterſchieden
10		
11	Rother Bleikalk u. Kupferkalk	+ die Sterne grünlich — die Flecken röthlich
12		
13	Kupferkalk u. Schmalte	+ nicht merklich verſchieden — nicht merklich verſchieden
14		
15	Kupferkalk u. Schwefel	+ nicht merklich verſchieden — nicht merklich verſchieden
16		
17	Kupferkalk u. weißer kohlenſaurer Bleikalk	+ nicht merklich verſchieden — nicht merklich verſchieden
18		
19	Schmalte u. rother Bleikalk	+ eben ſo — eben ſo
20		

*) *Annalen der Phyſik*, IV. Band, S. 422.

Versuch

21	} Schwarzer u. roth. Queck-	} + schwarze Sterne — rothe Zirkel
22		
23	} Schmalte u. fe-	} + blaue Sterne — gelbe Zirkel
24		
25	} Gelber und ein schlecht-rother	} + die Sterne gelber — die Zirkel röther
26		
27	} Vollkommener u. unvollkom-	} + nicht merklich verschieden
28		
29	} Vollkommener u. unvollkom-	} + der Farbe nach nicht merk- — lich verschieden
30		
31	} Schwefel und	} + die Figuren fleischfarbig und gelb abstechend gegen den umgebenden Staub
32		
33	} Schwefel und	} + die Sterne heller — die Zirkel dunkler
34		
35	} Schwefel und	} + die Sterne vollkommen gelb — die Zirkel vollkommen roth
36		
37	} Schwefel und	} + die Sterne nicht so auffal- lend gelb
38		
	} Quecksilber-	} — die Zirkel nicht so auffal- lend schwarz

Verfuch

39	} Rothcs Siegel- lack u. Schwefel	+ die Sterne gelb
40		— die Zirkel vollkommen roth, ganz ohne Beimischung des Schwefels
41	} Rothcs Siegel- lack u. Braun- steinkalk	+ die Sterne röthlich
42		— die Zirkel schwärzlich
43	} Rothcs Siegel- lack u. weisses Glas	+ die Sterne röthlich
44		— die Flecken weislich
45	} Rothcs Siegel- lack und sehr fein gestossene Kiefelerde	+ die Sterne röthlich
46		— die Zirkel weislich
47	} Fein gestossene Kiefelerde und roth. Bleikalk	+ die Sterne weifs
48		— die Zirkel roth
49	} Kalkerde und rother Bleikalk	+ die Sterne weifs
50		— die Zirkel weifs
51	} Kalkerde, (ätzende,) und rother Bleikalk	+ die Sterne weifs
52		— die Zirkel ebenfalls
53	} Zucker und ro- ther Bleikalk	+ die Sterne weifs
54		— die Zirkel roth
55	} Rothcs und schwarzes Sie- gellack	+ die Sterne schwärzlich
56		— die Zirkel roth
57	} Kohlenfäurer und rother Blei- kalk.	+ wenig verschieden
58		—

Gern hätte ich diese Verfuche auch auf Gemen-
ge verschiedener gefeilter Metalle und verschiede-

ner Erden ausgedehnt, beide, um sie nach ihrem Verhältnisse zum Sauerstoffe dabei zu prüfen. Theils war es aber, besonders das letztere, wegen der Uebereinstimmung der Farben unmöglich, theils konnte ich die Metalle nicht hinlänglich fein gefeilt erhalten. Ich muß daher diese Versuche mit mehreren andern auf die Zukunft verschieben.

Zwar bieten jene Versuche uns keine auffallenden Resultate dar, doch immer einiges, wodurch wir, in Verbindung mit den Versuchen anderer, der Aufgabe uns nähern können. Der Einfluß der Farbe, den Cigna *) schon wahrnahm, auf die Bestimmung der Electricität zweier an einander geriebener Körper, bestätigt sich in Versuch 7 und 8; 9 und 10; 21 und 22; 23 und 24; 25 und 26; 31 und 32; 33 und 34; 35 und 36; 37 und 38; 39 und 40; 47 und 48; 53 und 54; 55 und 56. Der Körper, dessen Farbe die geringste Brechbarkeit hat, wird von zwei an einander geriebenen Körpern immer positiv, der gar kein Licht zurücksendet, immer negativ.

Ausnahmen davon machen Versuch 31 und 32; 43 und 44; 45 und 46. Statt daß jedoch diese Ausnahmen davon abschrecken sollten, hier eine bestimmte Regel zu suchen, führen sie vielmehr darauf, daß die Farbe hier wohl nur als Zeichen der chemischen Eigenschaft, als Zeichen der größern oder geringern Sauerstoffanziehung desselben

*) *Miscell. Societatis Taurinensis*, Ann. 1765, p. 31 seq. Cavallo's Abhandlung, I. Th., S. 310.

Körpers, nach Herrn Voigt's Theorie, *) also hier nur in Versuch 7 und 8, 21 und 22, 25 und 26 etwas beweisen können, da hingegen die Uebereinstimmung in den übrigen Fällen nur zufällig sey. Aber diese sowohl, wie alle übrige Versuche beweisen, worauf schon ältere Versuche führten, **) daß von zwei an einander geriebenen Körpern immer der dem Sauerstoffe näher verwandte negativ werde; ein Gesetz, welches bald, wie ich zeigen werde, durch das allgemeine Gesetz für alle Electricitäts-Erzeugung bestätigt und berichtigt wird.

Man kennt bis jetzt nur zwei Arten der Entstehung der electricischen Entgegensetzung: Veränderung der Lage und Veränderung der Mischung. Ob jene nur wegen einer damit verbundenen chemischen Veränderung, ob diese nur wegen der damit verbundenen Bewegung wirke, darüber wird die Betrachtung des beiden Gemeinschaftlichen Aufschluß geben. Zuerst von dieser.

Ein sehr wichtiger Versuch ist die von Volta ***) zuerst beobachtete Hervorbringung der negativen Electricität durch das Kochen des Wassers

*) Gren's *Neues Journal der Physik*, B. III, S. 286.

***) Cavallo's *Abhandlung*, I. Theil, S. 21 bis 23.
Schelling's *Idéen zur Phil. der Natur*, Leipzig 1797, S. 56.

***) Volta's *Meteorologische Briefe*, Leipzig 1793, I. B., S. 257.

in einem isolirten Gefäße. Das Wasser wird hier nicht in seiner Mischung verändert, der Wasserdampf ist auch Leiter der Electricität; der Gegensatz findet also nicht zwischen dem Wasserdampfe *) und dem Gefäße, sondern zwischen ihnen und der umgebenden Luft statt. Dasselbe findet aber nicht statt, sobald das Gefäß das Wasser zersetzt; wenn dieses z. B. auf ein bis zum Glühen erhitztes Eisen gegossen wird. Das Gefäß wird hier, nach Sauffüre's **) und Volta's Versuchen, positiv-electrisch, wobei sehr wohl das entwickelte Wasserstoffgas eine entgegengesetzte Electricität haben kann. Ueberhaupt hat man wahrgenommen, daß bei der Entwicklung des Wasserstoffgas durch Säuren aller Art immer positive Electricität dem Gefäße bleibe. ***) Mit jenem Versuche nicht übereinstimmend scheint beim ersten Anblicke eine andere Beobachtung Volta's, ****) daß, wenn man Zinn und Silber auf einem angefeuchteten Tuche einander berühren läßt, jenes Zeichen

*) Vergleiche Tralles *Beitrag zur Lehre von der Electricität*, Bern 1786.

**) Sauffüre's *Reisen*, III. Band, S. 264 u. f.

***) Volta am angeführten Orte, S. 262. Lavoisier's *Physisch-chemische Schriften*, IV. Theil, S. 59 bis 62.

****) Gren's *Neues Journal*, IV. Band, S. 129.

von negativer, dieses von positiver Electricität giebt. Nun wird aber, nach Fabroni, *) Aeth und Andern, jenes oxydirt, woraus wenigstens schon hervorgeht, daß die Oxydation nicht die Electricität bestimmt. Noch bemerken wir Electricität beim Festwerden der Chokolade, des Talgs, **) des Schwefels, ***) des eingedickten Terpenthin-Oehls ****) u. s. w.; und daß wir nur bei diesen und einigen andern Electricität auch nach dem Erkalten wahrnehmen, liegt allein daran, weil nur diese als Nichtleiter zu Electrophoren werden und die Electricität aufbewahren.

So verschieden auch alle diese Veränderungen seyn mögen, so finden wir doch an allen Eine, an den meisten sogar nur diese Veränderung, nämlich *Wärme-Capacitäts-Änderung*. Bei der Verwandlung des Wassers in Dampf wird die Wärme-Capacität des Waffets vergrößert. ****) Bei dem

*) *Annalen der Physik*, IV. B., S. 430. von Humboldt *Ueber die gereizte Muskel- und Nervenfasern*, I. Th., S. 472.

**) von Crell's *Annalen* für 1784, II. Band, S. 119.

***) *Eben daselbst*, II. Band, S. 127.

****) Von Boyle gefunden. *S. de Loys Abregé chronolog. pour servir a l'hist. de la Physique*, Tom. III, p. 45.

*****) Nach Crawford ist die Wärme-Capacität
 des Wassers 1,000
 des Wasserdampfs 1,550

Uebergießen des glühenden Eisens zwar auch, nur muß man bedenken, daß, so weit das Wasser dieses berührt, es zerfetzt wird und daß hier sich Eisen-Oxyd und Wasserstoffgas zugleich bilden, daß dieses ein Nichtleiter ist, und größere Wärme-Capacitäts-Vermehrung als das Eisen erhält. *) Eben so wird die Wärme-Capacität des in Säuren oxydirten Metalls, in Verhältniß der Wärme-Capacitäts-Vermehrung bei der Verwandlung des Wassers in Wasserstoffgas, nur wenig vermehrt. **) Das ist bei der Oxydation an der atmosphärischen Luft nicht der Fall, also auch bei den Voltaischen Versuchen mit verschiedenen Metallen nicht, da, nach Fabroni's ***) und meinen Versuchen, (siehe Anmerkung 1,) hier keine Wasserzerfetzung, sondern eine Zerfetzung jener erfolgt. Hierdurch wird aber

Crawford *Ueber thierische Wärme*, Leipzig 1799, S. 381.

*) Nach Crawford ist die Wärme-Capacität

des Eisens	0,1269
des Eisen-Oxyds	0,2500
des Wassers	1,000
des Wasserstoffgas	21,400

also die Zunahme der Wärme-Capacität des Wassers viel größer. Am angeführten Orte, S. 381 und 382.

**) Nach Crawford vermehrt sich zwar die Wärme-Capacität aller Metalle durch die Oxydation, aber sie bleiben doch alle in den Zehnthellen.

***) *Annalen der Physik*, IV. B., S. 431,

die Wärme - Capacität der Luft vermindert, des Zinnes vermehrt. *) Auch beim Festwerden der Körper wird die Wärme - Capacität vermindert. *In allen diesen Fällen wurde der Körper, dessen Wärme - Capacität in Verhältniß eines andern vergrößert wurde, negativ - ; der, dessen Wärme - Capacität in Verhältniß eines andern vermindert wurde, positiv - electricisch.*

Dieses Gesetz wird uns auch bei den Erfahrungen über die durch Reibung erregte Electricität nicht verlassen. Wenn von zwei in aller Rücksicht gleichen Bändern eins erwärmt, und dann beide an einander gerieben werden, so wird das erwärmte negativ. **) Wie ich nachher, (Anmerkung 2,) zeigen werde, nimmt die Wärme - Capacität durch Erwärmung ab, also brachte auch hier, wo das Erwärmtere erkaltete, das Kältere erwärmt wurde, die Wärme - Capacitäts - Vergrößerung negative Electricität hervor. Die Erwärmung und der Widerstand der Friction beim Reiben sind bei gleichen Körpern am stärksten; von dieser Erfahrung wird

*) Nach Crawford ist die Wärme - Capacität

des Zinnes	0,0704
des Zinn - Oxyds	0,0990
des Sauerstoffgas	4,7490
der atmosphärischen Luft	1,7900
des Stickgas	1,0454

Am angeführten Orte.

**) Gardini Ueber das electriche Feuer, Dresden 1793, S 55.

seit langer Zeit im Maschinen-Wesen Gebrauch gemacht: hingegen ist die Electricität beim Reiben gleicher Körper entweder todt oder nur sehr schwach. *) Die stete Berührung beim Reiben zweier Körper bringt die stärkste Wärme hervor, die unterbrochene Berührung die stärkste Electricität. Durch das Zwischenkommen eines oxydirbaren Körpers wird die Wärme beim Reiben vermindert; **) starke Electricität kann beim Reiben nur bei der Anwendung und Oxydation eines leicht oxydirbaren Körpers erhalten werden. Endlich ist auch die Erwärmung beim Reiben im luftdünnen Raume, nach Pictet's Versuchen, ***) stärker, die Electricität sehr schwach. ****) Endlich zerstört Erwärmung die Electricität; nicht Wärme überhaupt, sondern erzeugte Wärme durch das Reiben beim Electrificiren.

Aus allen diesen Gegenätzen geht hervor, daß die Erwärmung durch Reibung ein dem Electrificiren durch Reibung ganz entgegengesetzter Prozeß sey.

*) Wilken's *Physikalisch - mathematische Aufsätze*, Göttingen 1790, S. 58.

**) Es ist ein sehr gewöhnlicher Kunstgriff der Arbeiter, das zu starke Erhitzen der Feilen durch aufgestrichenes Oehl zu verhindern.

***) Pictet's *Versuch über das Feuer*, Tübingen 1790, S. 191.

****) van Marum's *Abhandlung über das Electrificiren*, Gotha 1777, S. 57.

Nun ist mit Erwärmung Capacitäts-Verminderung beider erwärmter Körper nothwendig verbunden; also haben wir schon hieraus Grund, zu schliessen, das beim Electrificiren das Entgegengesetzte, Wärme-Capacitäts-Vergrößerung, sich findet. Diese Erwartung täuscht uns auch nicht, wenn wir Achtung geben, was auf dem Reibeküßlen vorgeht. Hier wird ein leicht oxydirbares Metallgemisch, (Zink-, Zinn- und Quecksilber-Amalgama, gewöhnlich etwas oxydirt,) mit einem stärker oxydirbaren Körper, (thierisches Fett,) der es völlig desoxydirt, aufgestrichen. Nach einiger Zeit, wenn sie electrificirt werden, findet man es oxydirt, und die Electricität ist äußerst schwach. Jede Oxydation vermehrt aber die Wärme-Capacität; es ist also auch hier wiederum, wie bei der durch chemische Veränderungen erregten Electricität, Wärme-Capacitäts-Aenderung, negative Electricität. Der Wärme-Capacitäts-Vergrößerung steht eine Wärme-Capacitäts-Verminderung des desoxydirten Körpers *) entgegen. **) Dieser ist hier kein anderer als die Luft. Diese Electrification der Luft durch Desoxydation, oder vielmehr durch Wärme-Capacitäts-Vermin-

*) Vergleiche die Bestimmungen Crawford's der Wärme-Capacität der atmosphärischen Luft, des Sauerstoffgas u. s. w., vorher.

**) Es bedarf wohl keiner Erinnerung, das das oben angeführte Gesetz für die Nähe der Verwandtschaft zum Sauerstoffe unmittelbar hieraus folge.

derung, zeigen uns van Marum's Versuche auffallend, *) wo, nach wenigen Umdrehungen der Maschine, die Luft des ganzen Saals merkbar positiv-electrisch geworden war; auch beobachtete er, daß die negative Electricität des negativen Leiters ungleich schwerer sich verbreitete, da sie doch gleich stark war: ein Versuch, der sehr für meine Meinung spricht. Auch bin ich überzeugt, daß das Zusammendrücken der Luft ebenfalls positive Electricität hervorbringt, ungeachtet ich keine bestimmten Versuche dafür anführen kann, wenigstens scheint mir meine Erklärung **) der negativen Electricität an der ältern Marum'schen Electrificir-Maschine aus dieser Zusammendrückung der dem Glase adhären- den Luft im Queckfilber, noch immer sehr wahrscheinlich. Read's Versuche, ***) welche negative Electricität in Treibhäusern in der Nähe von Misthaufen, an den Versammlungsorten einer großen Zahl von Menschen zeigten, streiten nicht gegen meine Meinung, denn hier geht nicht bloß eine die Wärme-Capazität vermindernde Desoxydation, also positive Electrification, vor sich, sondern auch Verbindung mit Kohlensäure, und besonders Verdün-

*) *Annalen der Physik*, I. B., S. 243.

**) *Theorie der electrischen Erscheinungen*, S. 68.

***) *Gren's Neues Journal der Physik*, II. Band, S. 72, 75 u. f.

ftung. *) Dafs dieses letztere insbesondere die Ursache sey, beweisen die Treibhäuser, wo die Luftgüte selten schlechter, oft sogar grösser ist, als in der Atmosphäre. — Die durch das Electrificiren hervorgebrachte positive Luft legt sich an die Glascheiben der Marum'schen Maschine, und macht sie positiv, bis sie ihnen durch stärkere Anziehung entrisen und fortgeleitet wird. Zu diesem ganzen Prozesse wurde ein Nichtleiter vorausgesetzt.

Vielleicht, dafs jemand hier nach einer genauern Anzeige fragte, was die Leitungsfähigkeit der Körper bestimme? Doch dazu mufs ich vorher noch einige Erfahrungen anführen. Gardini **) fand, dafs lange wiederholtes Electrificiren die Wärme-Capacität des Quecksilbers vergrössere; H. Juch ***) sah Eisenfeil, die in einer kleistichen Flasche gewesen war, beym Herausnehmen schnell glühen und sich verkalken. Ferner bemerken wir, dafs Leitungsfähigkeit für Electricität mit Leitungsfähigkeit für die Wärme in Verhältnifs steht. Da nun, nach Mayer's Gesetz, ****) $L : l = \frac{1}{MA} : \frac{1}{ma}$ ist, (wo A und a die Wärme-Capacitäten bezeichnen;) so sieht man die Abhängigkeit der Leitungs-

*) Die Menge von Wasser, womit die Luft durch das Athmen geschwängert wird, ist bekannt.

**) Gardini *Ueber das electrische Feuer*, S. 59.

***) Scherer's *Journal der Chemie*, II. B., S. 493.

****) Mayer *Ueber den Wärmestoff*, S. 251.

fähigkeit für Electricität von der Wärme-Capacität. Wir bemerken außerdem, daß wir keine Leitungsfähigkeit wahrnehmen würden, wenn es keine Nichtleiter gäbe, daß die Leitungsfähigkeit eines und desselben Körpers nicht in Verhältniß seiner Masse, sondern seiner Oberfläche stehe; *) eine Erfahrung, für deren Genauigkeit uns zwei Beobachter, Achard**) und Coulomb, ***) bürgen. Aus allem dem läßt sich folgern, daß an der Oberfläche des Leiters und des Nichtleiters zwey entgegengesetzte Prozesse, Wärme-Capacitäts-Vergrößerung auf der Oberfläche des einen, Wärme-Capacitäts-Verminderung auf der Oberfläche des andern, vorgehen: ein Punkt, worauf die Uebersicht der Erfahrungen uns schon einigemahl zurückführte.

Die Nichtleitung eines Körpers kann also auch eben sowohl durch die Größe der Wärmeleitung, als dadurch bestimmt werden, in wie fern seine Oberfläche die Wärme-Capacität ändern kann, ohne den Zusammenhang des Ganzen zu stören oder eine chemische Veränderung darin hervorzubringen.

Jenes

*) Es ist zu bedauern, daß man von dieser Erfahrung nicht allgemeinen Gebrauch macht, sondern noch immer in manchen Gegenden Eisenbarren zu den Blitzableitungen gebraucht.

**) Achard's *Sammlung physikal. und chym. Abhandl.*, Berlin 1784, S. 19.

***) Gren's *Neues Journal der Physik*, III. B., S. 58.

Jenes ist beim Glase überhaupt, dieses beim befeuchteten Glase *) nicht der Fall, daher sie Nichtleiter sind. Die Leitungsfähigkeit der Leiter wird folglich durch die Zerförbarkeit der Nichtleiter beschränkt, und die entgegengesetzten Eindrücke, die Herr Kortum **) und einige andere an den vom electricischen Funken durchbohrten Körpern wahrnehmen, sind Folge der verschiedenen, aber auf beiden Seiten geänderten Wärme-Capacität. Eben so erklärlich wird daraus der *Herbertsche* Versuch, der beim Durchschlagen des electricischen Funken durch ein gut ausgekochtes Barometer Luft entwickelte; ***) denn wer weiß es nicht, daß ohne unvorsichtige Bewegung auch aus dem am besten ausgekochten Quecksilber allmählig wieder Luft aufsteigt, und ein wiederhohlted Auskochen nothwendig macht? Was dort lange Abwechselung der Temperatur thut, leitet hier die schnelle Capacitäts-Aenderung im Augenblicke. Der Schluss, den Herr Heidemann ****) daraus macht, ist daher unrichtig.

*) *Annalen der Physik*, III, S. 19.

**) *Voigt's Magazin*, X. B., 3 St., S. 47.

***) *Theoriae phaenom. elect.*, Vindob. 1778, p. 51.

****) *Vollständige Theorie der Electricität*, Wien 1799, S. 600. Auch die übrigen Versuche in Gasarten, die einen materialen Grundstoff der Electricität, und zwar den Sauerstoff und Wärmestoff, (II. B., S. 149.) beweisen sollen, können dies nicht leisten, weil keine Gasart von Wasser befreiet wurde.

Da nun die Veränderung der Wärme-Capacität, (durch Erwärmung,) im chemischen Prozesse so große Veränderungen hervorbringt, durch Electrification die Wärme-Capacität verändert wird; so läßt es sich leicht vorhersehen, daß die Electricität Wirkungen hervorbringen wird, die sonst nur bei sehr veränderter Temperatur *) vorgehen. Als Beispiel will ich nur die Verwandlung der atmosphärischen Luft in Salpetersäure und Stickgas, die Verkalkung und Reduction **) der Metalle anführen. So wie also durch die vom Reiben hervorgebrachte Erwärmung die Oxydation des Amalgama angefangen hat, ist diese sich selbst Quelle der entstehenden Oxydation, Wärme-Capacitäts-Vergrößerung und Electricität, gewesen.

Wir müssen einräumen, daß ohne einen Nichtleiter, (oder, was einerlei ist, schlechten Leiter,) Electricität weder entstehen, noch die entstandene wahrgenommen werden könne. Wollen wir nun, nach dem Sprachgebrauche, eine Verbindung von Leitern eine Kette nennen, so können diese Leiter keine electriche Gegenetzung gegen einander haben. Das Erforderniß ist daher Unterbrechung derselben. Es kann daher die Electrici-

*) Es wäre hier am unrechten Orte, alle Abhandlungen über den Einfluß der Temperatur auf chemische Verwandtschaft anzuführen; eine neue hat Guyton dem Nationalinstitute vorgelegt.

**) Marum's *Beschr. der Electr.*, I. Heft, S. 37, II., S. 13—22 u. f. w.

tät allgemein auch als *Wirkung in einer unterbrochenen Kette betrachtet werden*; eine Ansicht, wodurch die *galvanischen Erscheinungen* *) in ihre Sphäre fallen, und beide gegenseitig sich der Gesetze erfreuen werden, denen jede einzeln sich unterworfen findet. Ich glaube dadurch meinen Gegenstand vollständig ins Auge gefasst zu haben: ob mein Blick sich bei dieser weiten Aussicht nicht verirrt hat; mögen andere entscheiden. Für jetzt bleibt mir wenigstens ein auch in Rücksicht anderer Theile der Naturwissenschaft höchst wichtiges Resultat, daß die *Electricität keine Materie als Grundstoff aufzuweisen habe*, sondern daß sie, nur in einem gewissen Verhältnisse der Körper gegen einander gegründet, nie der *spiritus sylvestris* der Chemie werden könne, den der geistreichste Physiker unsrer Nation darin ahndend bewillkommte. **)

*) Wenn man bei diesen Erscheinungen von einer geschlossenen Kette spricht, so ist das eigentlich nur ein eingeführter, aber kein richtiger Sprachgebrauch; welches am besten *Volta's Versuche über die verschiedene Electricität verschiedener Metalle*, (*Gren's Neues Journal*, IV. B., S. 128,) beweisen.

**) *Annalen der Physik*, II. B., S. 153.

Anmerkungen.

A. *Versuche über die Wirkung der Kettenverbindung auf die Beschleunigung des chemischen Processes.*

1. Die Wirkung der Berührung verschiedener Körper auf ihre Oxydation findet auch bei Nichtleitern, die Wirkung der Kettenverbindung nur zwischen Leitern der Electricität statt. — Aus dem *Afschischen*, vom Herrn von Humboldt *) bestätigten, Versuche über die Oxydation des Zinks auf dem Glase, schien das Gegentheil des erstern hervorzugehen. Zur Prüfung legte ich eine Stange Schwefel auf einen starken, polirten Eisendraht; einen zweiten Draht mit einem gleichen Stücke Schwefel, doch ohne daß sich beide berührten, in ein anderes Glas: beide setzte ich einer mäßigen Erwärmung aus. Nach einiger Zeit war das Eisen im ersten Glase ganz mit schwarzem Eisen-Oxyd überzogen, das sich nur an der einen Seite, aber wenig mit dem Schwefel verbunden hatte. Wenn ich dagegen Schwefel in die Kette **) brachte, war sie völlig unwirksam. Dieser oxydirenden Kraft des Schwefels schreibe ich auch die reizende Wirkung auf das Keimen des Saamens zu, welche Herr von Humboldt (***) beobachtete.

*) *Ueber die gereizte Muskel- und Nervenfasern*, I. Th., S. 472 — 474.

**) Von ihrem Erfinder, Herrn Ritter, beschrieben, *Annalen der Physik*, II. B., S. 80.

***) *Aphorismen aus der chemischen Physiologie der Pflanzen*, Leipz. 1794, S. 77.

2. Die Wirkung des Schwefels in der Beförderung der Oxydation steht in Verhältniß mit seiner Verwandtschaft gegen das Metall. — Auf Eisen, Quecksilber, und Zink legte ich Schwefelstangen, übergoss sie mit Wasser, und brachte alle in eine gleiche Temperatur; dieselben Metalle legte ich einzeln in dreierlei mit Wasser gefüllte Gläser. Nach gleicher Zeit war das Eisen viel stärker als in diesen, das Quecksilber etwas mehr, das Zink gar nicht mehr als in diesen verkalkt.

3. Auch die Kettenverbindung bedarf zur stärkern Oxydation im Wasser, die Gegenwart der atmosphärischen Luft. — Fabroni *) bemerkte die Nothwendigkeit ihrer Gegenwart in den Berührungsversuchen. Um zu versuchen, ob dasselbe auch in den Kettenverbindungen statt fände, bedeckte ich die Oberfläche des Wassers der einen mit Oehl, die andere blieb frei. Nur bei der letztern konnte ich verstärkte Oxydation bemerken. Ich halte dies

*) *Annalen der Physik*, IV. B., S. 431. Zu S. 433 muß ich noch bemerken, daß Proust eine niedrige Oxydation des Kupfers mit 0,17 Sauerstoff bemerkte, welche tetraedrische weiße Kryrstalle lieferte, die am Lichte violett wurden. (*Scherer's Journal*, IV. B., S. 192.) Sie unterscheiden sich also wohl durch Farbe und Kryrstallisation; aber man muß bedenken, wie bei der sehr zu vermuthenden Kleinheit der Fabronischen Kryrstalle die Kryrstallisation nicht genau bestimmt, und die Farbe durch Licht noch weiter abgeändert werden konnte.

für eine neue Bestätigung meiner Vermuthung über die Wirkung des Wassers in den Versuchen der *Fulhame*. Die Wirkung der Gegenwart der Luft zeigte sich mir auch bei der Auflösung des Zinks in Quecksilber. Zwei gleiche Glasröhren, die auf Quecksilber standen, worauf Zinkstangen lagen, wurden mit Wasser gefüllt; die eine war über dem Wasser zugeblasen, die andere offen. Da nun Oxydation die Amalgamation verhindert, so hatte sich in dem verschlossenen Gefäße noch einmahl so viel Zink aufgelöst, als in dem andern.

4. Auch bei der Berührung mit Luft wirkt das Oxyd eines Metalles von geringerer Anziehung zum Sauerstoffe, oxydirend auf die Berührungs-, wie auf die Kettenversuche. — *Fabroni* *) fand diese Wirkung nur beim Ausschlusse der Luft. Ich legte schwarzen, oft ausgewaschenen Silberkalk in zwei Gläser: in das eine brachte ich eine Kettenverbindung aus Eisen und Zink; in das andere beide Metalle, aber ohne Verbindung; in ein drittes Glas brachte ich ebenfalls jene Kettenverbindung; in ein viertes die Metalle getrennt: alle vier wurden mit Wasser gefüllt. Kein Versuch kann geschickter seyn, die Wirkungen der Kettenverbindungen darzuthun, als dieser. In dem ersten Glase war fast die ganze Oberfläche wie ein Stern mit Zink-Oxyd bedeckt, auch war viel auf den Boden des Gefäßes gefallen; es war viel mehr Zinkkalk, als in allen übrigen erzeugt,

*) *Annalen der Phys.*, IV, 431.

auch in dem zweiten hatte sich mehr als im vierten gebildet. Ob der Silberkalk wirklich zum Theil entfauerstofft werde, kann ich wegen der Vermischung mit dem Zinkkalke nicht entscheiden. Das Hornsilber schien mehr reducirt dadurch. Eben diese Erscheinungen zeigten mir auch die Berührungsversuche.

5. Die Kettenverbindung und die Berührung wirken nicht nur oxydirend auf das oxydirbarere Metall, sondern sie verhindern auch die Oxydation des weniger oxydirbaren. — Ich hatte schon einigemahl bemerkt, daß in den Kettenverbindungen aus Eisen und Zink jenes weniger als bei der Trennung verkalkt werde, und bemühte mich daher, diesen Unterschied noch sichtbarer zu machen. Dies gelang mir auf mehrere Art. Zuerst in Gläsern, worin Silberkalk lag. Noch besser, wenn ich statt des Wassers salpeterfaure Silberauflösung mit vielem Ueberschusse an Säure nahm. Nachdem ich beide, sowohl die Kette, als die beiden einzelnen Metalle, gleiche Zeiten hatte auflösen lassen, wobei ich in der Stärke des Aufbrauens keinen sehr merklichen Unterschied wahrnahm, war die Flüssigkeit der Kette grün, die letztere gelb, das Eisen hatte folglich in der Kette einen geringern Grad der Oxydation angenommen. Auch schien es mir, als wenn sich bei der Reduction des Kupfers aus der Verbindung mit Schwefelsäure durch Eisen und Zink mehr Kupfer an das Zink in der Kette, als an das einzelne Zink angesetzt, aber weniger Kupfer an das Eisen in der

Kette, als an das einzelne Eisen angefügt habe; doch waren diese Unterschiede nicht so groß, daß sie nicht auch durch zufällige Umstände hätten hervorgerufen werden können. Auf die stärkere Oxydation des oxydirbaren Metalles wirkt die Kettenverbindung ebenfalls stark. Ich legte Eisen und Zink verbunden in salzichte Säure und auch getrennt in ein anderes Gefäß. Die Kettenverbindung schien etwas stärker aufzubreuen. Nach einer Stunde schwamm eine Menge schwarzen unvollkommenen Zink-Oxyds in den andern, aber in diesem nur sehr wenig, und selbst das war grau.

Einen auffallenden Erfolg hatte auch der Versuch, als ich in zwei Gläser voll gesättigten schwefel-sauren Eisens, in das eine Kupfer und Eisen verbunden, in das andere getrennt stellte. Beide setzte ich in gleiche Wärme, und als ich sie nach einigen Stunden betrachtete, war das Kupfer in der Verbindung, so weit es in der Flüssigkeit stand, schwarz, das andere gelb überzogen, auf dem Boden beider Gefäße lag viel gelber Eisenkalk. Am andern Morgen, nachdem beide der Luft ausgesetzt gewesen waren, war jenes an der Oberfläche ebenfalls gelb geworden, und verhielt sich, so wie dieser, ganz wie Eisenkalk. Dies widerspricht scheinbar dem Versuche mit der Salzsäure, denn auch hier hatte sich das oxydirbare Metall in der Verbindung in ein Oxyd verwandelt; aber dieser Widerspruch verschwindet, indem die Schwefelsäure hier gesättigt war, eigentlich also nicht mehr Oxyd aufnehmen kann-

te. Auffallend ist aber die Erscheinung, daß sich das Eisen-Oxydule auf das Kupfer abgesetzt hatte.*) Noch will ich eine Erfahrung, aber nicht für ganz ausgemacht, anführen, da ich sie zwar öfter, aber nicht immer machte. Zwei krumm gebogene Metalldrähte, (gewöhnlich Eisen oder Zink,) gleicher Art, lagen mit ihrem einen Schenkel in einem mit Wasser gefüllten Glase, mit dem andern der eine in Schwefelsäure, der andere in kohlenstoffsaurem Kali. Alle drei Gläser standen einige Zeit auf dem Ofen, und fast immer war der Draht, dessen anderer Schenkel in Säure lag, zuerst oxydirt und stärker.

B. Erläuterungen aus der Wärmelehre.

Die Ansicht der Wärme als Ausdehnung, von der ich schon mehreremahl Gebrauch gemacht habe,**) bedarf einer Rechtfertigung, da sie von den gewöhnlichen Vorstellungen von Wärmestoff, als Materie, oder von Bewegung, als Ursach der Wärme, ganz abweicht. Ich will sie, wenn gleich noch unvollständig, hier zur Prüfung vorlegen.

1. Wir haben, wie durch die Bemühungen mehrerer Physiker erwiesen, keinen Grund, eine besondere Materie als Ursach der Wärme anzunehmen; entweder alle Materie ist Wärmestoff, oder es giebt

*) Es reiht sich dieses vielleicht an Rumford's Bemerkungen über Wahlverwandtschaft, *Annalen der Physik*, II. B., S. 258.

**) *Theorie der electrischen Erscheinungen*, S. 93.

gar keinen. Eben so wenig Grund haben wir, wenn gleich Erwärmung mit Bewegung begleitet ist, das Wesen der Wärme in Bewegung zu setzen. Ausdehnung ist das einzige, allgemeine, die Erwärmung begleitende Merkmal. Wir haben also allen Grund, diese als Ursach der Empfindung anzunehmen. Ausdehnung in diesem Sinne bedeutet zunächst nur Vergrößerung der Raumerfüllung. Betrachten wir aber, daß wir gar keinen Grund haben, ein Aufhören, eine Grenze der Zusammenziehung durch Erkältung anzunehmen, (einen absoluten Null-Punkt des Thermometers;) so tritt hier Ausdehnung auch in keine andere Bedeutung, als Raumerfüllung. Erwärmung und Erkältung hießen dann weiter nichts, als größere oder geringere Freiheit der Kraft, die den Raum erfüllt. Die absolute wärmende Kraft steht daher in demselben Verhältnisse, wie die Freiheit der den Raum erfüllenden Kraft. Diese verhält sich umgekehrt, wie die Beschränkung oder wie die Dichtigkeiten; also, bei gleichen Massen, wie die Volumina, bei gleichem Volumen, umgekehrt wie die Massen. Die Größe der Kraft, (die absolute Capacität,) die dazu erfordert wird, eine Masse in verschiedene Volumina auszudehnen, wird sich aus Gründen, deren Entwicklung hier zu weit führen würde, umgekehrt wie die Volumina verhalten; *) daher ist der Zusammenhang zwischen der specifischen Capacität und der Ausdehnung der

*) Vergl. *Annalen der Phys.*, B. II, S. 244.

Körper durch gleiche Temperaturänderungen erklärlich.

2. Aus diesem folgt, daß die Temperatur und Capacität im umgekehrten Verhältnisse stehen, daß es eben so viele Urfachen der Erwärmung und Erkältung, als der Aenderungen der Capacität, und überhaupt Aenderungen des Verhältnisses der Kräfte giebt, also entweder durch *chemische Verbindungen* der Materien, (die Abhängigkeit der specifischen Wärme-Capacität von der chemischen Beschaffenheit ist bekannt,) oder durch Einwirkung auf einander in die Ferne.

3. Durch chemische Verbindungen können die beiden Körper entweder verändert oder nicht verändert werden; im erstern Falle waren sie verschiedenen, im letztern von Einer Art.

4. Wir wollen den zweiten Fall, wenn Körper gleicher Art, (die sich chemisch verbinden,) aber von verschiedener Temperatur mit einander vermischt werden, zuerst betrachten. Die Temperatur des Körpers *A* sey t , sein Volumen v , seine Masse m , sein specifisches Gewicht s . Die Temperatur des Körpers *B* sey t' , sein Volumen v' , sein specifisches Gewicht s . Nach dem 1., verhielt sich, bei gleichem Volumen, $t : t' = m' : m$, also hier, wo jeder einzelne Körper in dem ganzen Raume von $v + v'$ verbreitet

ist, $m' + m : m = t : \frac{m t}{m' + m}$ und $m' + m : m' = t' : \frac{m' t'}{m' + m}$, also die gemeinschaftliche Temperatur

$t'' = \frac{m t + m' t'}{m' + m}$. So sind wir zu dem Richmann-

sehen Gesetze gekommen, ohne, wie er, bloß hypothetisch anzunehmen, die Temperaturen verhielten sich umgekehrt, wie die Massen.*) Aber aus der Ableitung sehen wir auch, daß es nur für Vermischungen gilt, wo jede der einzelnen Massen jetzt in dem ganzen Raume verbreitet, aber nicht für Mischungen, eben so wenig für Vermischungen, wodurch die chemische Beschaffenheit geändert wird.

5. Der erste Fall, oder die Aufgabe, wie viel Wärme bei der Verbindung verschiedenartiger Körper entstehe, ist noch keinem Gesetze unterworfen; wahrscheinlich wird hier der Körper einen eben so großen Temperatur-Ueberschuß oder Erniedrigung zeigen, als erfordert würde, ihn von dem beobachteten zu dem berechneten specifischen Gewichte zu bringen. Doch fehlt es zur Prüfung an den nöthigen Erfahrungen.

6. Die zweite Hauptaufgabe, über die Erwärmung ohne Mischung, scheint schwieriger: sie hat auch die meisten Hypothesen erzeugt; die nähere Betrachtung hellet sie indessen leicht auf. Gewöhnlich hat man das Gleichgewicht der Wärme als ausgemacht, als gegeben betrachtet, und die Ursache der Störung, es sey durch Erwärmung oder Erkältung, aufgesucht. Richtiger scheint indessen

*) *Nov. Comment. Acad. Petrop.*, T. I, p. 52.

der entgegengesetzte Weg, da, der stete Wechsel in der Materie gegeben, erst die Ursache des Gleichgewichts aufgesucht werden muß. Wir finden dieses Gleichgewicht überhaupt nur selten, und nur da, wo weder Veränderungen der Lage noch der Mischung vorgehen; nothwendig ist diese Bedingung, weil *nur* unter diesen Umständen die Einwirkung der Körper auf einander sich nicht ändern kann. Dadurch ist die durch Reibung und durch chemische Verbindungen hervorgebrachte Erwärmung erwiesen.

7. Man hat in die Wärmelehre den Begriff von Capacität oder specifischer Wärme eingeführt, (die hier von dem eben angegebenen Begriffe der absoluten Capacität auch durch den Beifatz des specifischen unterschieden werden könnte,) und bezeichnet dadurch das Verhältniß zweier gleich schwerer Körper von gleicher Temperatur auf einen dritten von ungleicher Temperatur, um diese auf die Temperatur des letztern zu bringen, oder, wie es auch ausgedrückt werden kann, die verhältnißmäßigen Quantitäten freien Wärmestoffs, die in zwei Körpern von gleichen Massen und Temperaturen, aber verschiedener Qualität, enthalten sind. *) Es bieten die Erfahrungen, so unbestimmt sie auch seyn mögen, viel Merkwürdiges, besonders in Rücksicht des chemischen Verhältnisses dar; nur ist es zu bedauern, daß den

*) Mayer *Ueber den Wärmestoff*, Erlangen 1791, S. 47.

fleißigsten Beobachtern derselben, wie Wilke, Crawford, Kirwan u. a., in der Ueberzeugung, sie sey beständig, in welche Materie der zu untersuchende Körper eingetaucht würde, sobald nur die Capacität dieser gegen den zur Einheit angenommenen Stofs bestimmt sey, diese Untersuchungen nicht weiter ausgedehnt haben. Der Crawford'sche *) Beweis, daß die Wärme-Capacität eines Stoffes, so lange er seinen Zustand nicht ändert, gleich sey, gilt nur für die mit der Vermischung gleichartiger Körper angestellten Versuche und nur in Rücksicht der Unempfindlichkeit unsrer Instrumente. Wir sehen, (§. 1.) 1. daß sich die Kraft, die gleiche Temperatur-Änderungen in demselben Körper hervorbringen sollte, (so lange dieser seinen Zustand nicht geändert,) im umgekehrten Verhältnisse der Voluminum, in welche dieser sich ausdehnt, stehen müsse. Nun beträgt, nach Herrn Schmidt's **) Versuchen, die Ausdehnung des Wassers von 15 bis 48° Reaum. 0,01328; wie würde sich diese Capacitäts-Änderung bei unsern jetzigen Versuchen, wo es selbst auf Zehnthelle eben nicht ankommt, wahrnehmen lassen? Für die Mengungen verschiedener Stoffe zeigt auch die Erfahrung, daß die Capacität veränderlich sey. Crawford's

*) Crawford *Ueber thierische Wärme*, S. 45 bis 54.
Mayer *Ueber den Wärmestoff*, S. 30.

**) Gren's *Neues Journal*, I, S. 227.

wiederholter Versuch *) bewies, daß die kalt machende Kraft der erkalteten Blechfläche stärker gewesen, als die warm machende der wärmern, Eben so ist unter 13 Reihen der Wilkeschen **) Versuche nur Ein, ***) und zwar ein sehr abweichender Versuch, in welchem das Maximum der Capacität, das hier nach der Temperatur der Flüssigkeit beurtheilt wird, nicht auf die höhere Temperatur des erwärmten Körpers gefallen wäre; ein sicheres Zeichen, da die Flüssigkeit sich stärker ausdehnt, als der feste Körper, daß in diese Temperatur sie zu erheben, verhältnismäßig weniger Wärme erfordert wird, als in die niedrigere. Auch die beiden Versuche Crawford's ****) mit Kalk und Alkohol, (das specifische Gewicht war 0,7, er war folglich sehr wasserfrei und daher seine chemische Wirkung sehr geringe,) war von größerer Erwärmung als bei der höhern Temperatur. Bei den übrigen Versuchen ist entweder eine chemische Wirkung möglich, oder es sind die Umstände nicht gleich. Man sieht daraus, daß nur dieser einzige Versuch von ihm angestellt wurde, woraus man schliessen konnte, ob die Capacität beständig sey, daß die Capacität durch Erwärmung, so lange

*) Am angeführten Orte, S. 32.

**) v. Crell's *Neueste Entdeckungen in der Chemie*, X. Th., S. 163 bis 201.

***) Die neunte Reihe, S. 181.

****) Am angeführten Orte, S. 230.

fie den Zustand nicht ändert, auch nicht verändert werde. Theorie und Erfahrung führten mich auf das Entgegengesetzte, daß sie unter diesen Umständen durch Erwärmung abnimmt, daß folglich die Capacitäten immer für einen bestimmten Wärme-grad bestimmt werden sollten, und daß diese Bestimmung vielleicht einzig richtig Lavoisier's Calorimeter geben könne.

C. Ueber die Ausdehnung des Wassers in der Nähe des Gefrierpunktes.

(Zweifel gegen die bisher angeführten Beweise dieser Ausdehnung. Sichere Methode, darüber zu entscheiden. Das Wasser scheint sich, je näher es dem Gefrierpunkte kommt, immer mehr zu oxydiren.)

Eine Ausnahmē von der sonst allgemein bestätigten Regel, daß durch Erwärmung die Körper ausgedehnt werden, glaubt man in der von Mairan, de Lüc *) und, (um nur der neuesten genauesten Versuche zu erwähnen,) auch von Gilpin, **) Schmidt ***) und Lefèvre-Guineau ****) beobachteten Ausdehnung unter 4° Reaumur.

*) *Untersuchungen über die Atmosphäre*, I. Th., S. 439.

**) *Gren's Neues Journal*, II. B., S. 374.

***) *Eben daselbst*, I. B., S. 228.

****) *Journ. de Phys.*, T. VI, p. 169.

zu finden. Aber ich habe Grund, theils die Sache selbst noch nicht für ganz ausgemacht zu halten, theils, wenigstens so, wie sie vorgestellt wird, daran zu zweifeln, weil die Versuche auch einer andern Erklärung fähig sind.

Man hat dieses Gesetz sowohl durch Wasser, das in eine Thermometer - Kugel und Röhre eingeschlossen, (wie de Lüc,) als auch durch Aufschwemmung des specifischen Gewichts, (wie Schmidt und L'èfèvre-Guineau,) bestätigt; aber könnte nicht diese Abweichung in beiden Fällen, (da beide Instrumente doch nur den Unterschied der Ausdehnung beider durch gleiche Grade der Wärme angeben,) aus der Zusammenziehung des Glases erklärt werden, die vielleicht fast gleichförmig fortgeht, wenn jene immer mehr abnimmt? Es wäre in diesem Falle eine ähnliche Täuschung, wie das anfängliche Fallen der Thermometer mit starken Kugeln, wenn man sie in eine heiße Flüssigkeit bringt. *)

Diesen Zweifeln auszuweichen, glaube ich das folgende einfache Werkzeug sehr geschickt. Es besteht, (Taf. I, Fig. 5,) aus zwei starken Thermometer-Röhren, *ab* und *cd*, von denen jene 5 Fufs, diese ungefähr 1 Fufs Länge hat, und durch ein weites Gefäß, in dessen Boden diese, in dessen Höhe jene eintritt, verbunden sind. Die Röhre *ab*

*) S. *Abhandlungen der Petersburger Akademie*, II. B., S. 24, und IV. B., S. 216 bis 234.

ist mit Wasser, *cd* mit Queckfilber gefüllt, *ee* ist die Grenze zwischen dem Queckfilber und dem Wasser im Gefäße, und kann, da das Gefäß weit ist, als beständig angenommen werden. Die specifischen Gewichte werden sich daher umgekehrt verhalten, wie die Höhen des Wassers und Queckfilbers *en : em*. Durch Eintauchen in eine kalte Flüssigkeit und Beobachtung des Thermometers darin wird man, nach vorhergegangener Untersuchung des specifischen Gewichts des Queckfilbers bei 0° Reaum., bestimmen können, ob das Wasser von 4° Reaum. ab sich wieder ausdehne. Herr Stoppani hatte für mich ein solches Instrument sehr geschickt ausgeführt; durch einen unangenehmen Zufall füllte sich aber die Röhre *ab* an mehreren Stellen mit Unreinigkeiten, und machte mir für jetzt die Anstellung der Versuche unnöglich. Erfreulich würde mir es seyn, wenn ein Naturforscher, der dazu Gelegenheit und Muße hätte, recht bald diese Untersuchung, die in physikalischer Hinsicht sowohl, wie auch für das metrische System der Franzosen wichtig ist, beendigte.

Schon Nicholson scheint die Unzulänglichkeit der bisherigen Beweise für die Ausdehnung des Wassers in der Nähe des Gefrierpunktes gefühlt zu haben; wenigstens sagt er, daß die Rumfordsche Erfahrung *) mit dem Talge, der sich kugelförmig erhebt, statt sich zu senken, ihm der einzige sichere

*) *Annalen der Physik*, III, S. 281.

Beweis dafür sey. Dieser Versuch scheint aber weit leichter aus der allgemein gefundenen Tropfenbildung der Flüssigkeiten in Stoffen, gegen die sie weniger Anziehung als unter sich zeigen, abgeleitet werden zu können.

Ich sagte, dafs, wenn ich auch die Sache annehme, ich wenigstens zweifle, ob sie ganz so sey, wie man sie vorstellt. Das Wasser scheint nämlich beim Erwärmen vom Gefrier- bis zum Siedepunkte nicht ein und derselbe Stoff zu bleiben, sondern in feiner Mischung sich ununterbrochen zu ändern; und eben diese Veränderlichkeit seiner Mischung, diese wahrscheinlich zunehmende Oxygenation bis zum Gefrierpunkte herab, ist es, die es zu der Zwischenrolle bei Oxydationen und Desoxydationen, (nach den Versuchen der Fulhame *) und Rumford's,) **) eignet.

Die Luft, welche wir durch Kochen aus dem Wasser entwickeln, hält Herr von Humboldt ***) für eingemengt. Aber welchen Grund haben wir, sie nicht für chemisch damit verbunden zu halten? Nennt er doch auch das Schneewasser ****) oxyge-

*) Fulhame Ueber die Wiederherstellung der Metalle, Göttingen 1798. Doch muß man bei ihren Versuchen den wichtigen Grundsatz nicht vergessen: *Corpora non agunt nisi soluta.*

**) Scherer's Journal der Chemie, II. B., S. 11.

***) Ueber die unterirdischen Gasarten, S. 45.

****) Ueber die chemische Zerlegung des Luftkreises, S. 164.

nirt, und erkennt doch auch nur durch dieselben Mittel, wie dort, die Güte der daraus entwickelten Luft. Da diese Verbindung übrigens vollkommen den Charakter der Homogenität hat, so kann ich es auch nicht anders, als eine chemische Verbindung nennen. Nun finden wir, daß die Luft, aus erwärmtem Wasser entwickelt, stickgasreich, *) die Luft aus dem vorher sehr erkälteten und nun erwärmten Wasser oxygenreich **) ist; was kann man anders schliessen, als: daß sich im letztern Falle mehr Oxygen damit verbunden hat? Ich füllte zwei Gläser mit demselben Wasser von 12° Reaum., und sperrte sie in zwei verschiedenen Schalen mit Quecksilber. Die eine Schale setzte ich in die Kälte; ihre Temperatur wurde bis zu 0° Reaum. erniedrigt; auch hatte sich etwas Eis gebildet. Die andere behielt die Temperatur $11^{\circ},5$ Reaum. Nun brachte ich in beide gleich viel derselben hellen Auflösung des schwefelsauren Eisens. In der warmen fiel sogleich ein starker Niederschlag zu Boden; in der kalten blieb die Auflösung gelblich, ohne Niederschlag, bis sie erwärmt wurde. Herr Juch ***) bemerkte, daß eine gewisse Temperatur dazu erfordert würde, um das Wasser mit dem Sauerstoffe zu verbinden. Ferner fanden la Hire, ****)

*) Vergleiche, außer sehr vielen andern Erfahrungen, *Annalen der Physik*, II. B., S. 374.

**) Hassenfratz im *Journ. polyt.*, Cah. I.

***) Scherer's *Journal*, II. B., S. 495.

****) *Mem. de l'Acad. de Paris*, p. 1693.

Hook, *) Mairan **) und Kraft die Refraction des Wassers gröfser als im Eise. Nach den Versuchen des Letztern verhielt der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Winkels der Refraction sich im Eise wie 1000 : 713, im Wasser wie 100 : 75. ***) Was kann man aus diesen Erfahrungen anders folgern, als dafs das Eis ein oxydirtes Wasser ****) und dafs die Anziehung des Wassers gegen den Sauerstoff mit der Verminderung der Temperatur zunimmt. Auch fand de Lüc, *****) dafs diese Ausdehnung durch Verbindung des Wassers mit Kochsalz vermindert, durch Verbindung mit Luft vermehrt würde.

Nicht das Wasser, welches sich anfangs durch Erkältung zusammenzog, dehnt sich nun aus, sonderlich durch Mischungsveränderung wird nicht nur die Zusammenziehung aufgehoben, sondern es wird sogar noch ausgedehnt. Hiermit scheint auch die allgemeine Erfahrung in Verbindung zu stehen, dafs zugestopfte Gläser, wenn einige Luft darin ist, nicht so leicht beim Frieren zerspringen, als offene, wie ich dieses im jetzigen Winter wieder oft bestätigt gefunden habe. — Es versteht sich wohl, wenn wir hier auf die Behauptungen der Anmerk. B. Rücksicht neh-

*) *De Loys abregé de l'Hist.*, II, p. 59.

**) *Journ. des Savans*, Ann. 1719, p. 580.

***) *Abhandl. der Petersb. Akademie*, III. B., S. 466.

****) *Newtonis Optice*, Lond. 1706, p. 233.

*****) *Untersuchung über die Atmosphäre*, I, S. 440.

men wollen, daß das Umgekehrte: Jede Ausdehnung muß mit Erwärmung begleitet seyn; nicht daraus folgt, daß jede Erwärmung immer auch Ausdehnung ist, oder daß dieses Umgekehrte nur für die Stoffe gilt, die sich selbst eine Grenze, (wie feste und tropfbar-flüssige,) gesetzt haben, wo also nicht die Ausdehnung durch die Veränderung der fremden Grenzen bestimmt wird, wie bei den luftförmigen.

D. Ueber einige Wirkungen des Blitzes und die Ursäch des Donners.

(Die Wirkungen der vermeinten electricischen Materie werden durch Ausdehnung und Zersetzung der Luft, des Wassers u. s. w. hervorgebracht. Das Rollen des Donners ist Folge der unendlich vielen, in nicht unterscheidbaren Zeiten auf einander folgenden Schallzurückwerfungen.)

Die Beschreibungen merkwürdiger Wirkungen des Blitzes haben sich stark vermehrt, seitdem man aufmerkamer auf diese Erscheinungen wurde, ohne daß wir in der Erklärung derselben seit Franklin weiter vorgerückt wären. Doch bleibt noch immer viel Räthselhaftes in diesen Erscheinungen. Wie doch wohl derselbe Blitz, der von einem schwachen Drahte, ohne etwas zu beschädigen, in ein Zimmer geleitet ist, hier alles verwüstet, Wände einwirft, die schwersten Lasten fort schleudert? Wir mögen unsrer Einbildungskraft alle Gewalt anthun; ihn, wie unsre Vorältern, als einen festen, wie die Neuern, als einen flüssigen Körper betrachten: beide

müssen sich erst nach dem Eindringen ins Zimmer bilden, beide sich auch hier wieder zerstören.

Wenn wir diesen Wink beachten, so dringt sich uns die Frage auf: ob sich die Wirkungen des Blitzes wohl unmittelbar aus der sogenannten electrischen Materie, oder nicht vielmehr aus einer Veränderung in gewissen Stoffen, die hier eingeschlossen waren, erklären lassen, so wie man vom Zersprengen erwärmter Gefäße durch die in sie eingeschlossene Luft nicht sagt, die Wärme habe sie zersprengt, sondern *die eingeschlossene Luft*. Nun haben wir in Adam's, van Marum's, Dize's*) Versuchen die Luft von sehr geringen electrischen Funken ausgedehnt. Welche außerordentliche Ausdehnungen derselben wird dann nicht der ohne Vergleich mächtigere Funken im Blitze hervorbringen! Dazu kömmt dann noch die Zersetzung der Luftarten und des Wassers, und die Verwandlung des in der Luft aufgelösten Wassers in Wasserdunst. Wenn man dieses auf die Erscheinungen bei merkwürdigen Blitzschlägen, (z. B. in Voigt's *Magazin*, I. B., 3 St., S. 143,) anwendet, so werden diese leicht zu erklären seyn. Ich übergehe daher die weitere Ausführung.

Ohne behaupten zu wollen, daß die Aufhebung der Reizbarkeit, die van Marum**) als die Ursache des Todes der vom Blitze *Erschlagenen* angiebt,

*) *Annal. der Phys.*, IV. B., S. 416.

**) *Rozier Observ.*, Tom. XXXIII, p. 65.

einzig eine Folge der durch die plötzliche partielle Wärme-Capacitäts-Änderung und Erwärmung hervorgebrachten Ueberreizung sey, (eine Vermuthung, die manches für sich hat;) so glaube ich wenigstens, daß das Niederwerfen, die Betäubung vieler, die, ohne vom Blitze getroffen zu seyn, nur in der Nähe waren, wo es einschlug, eine Folge des plötzlichen Luftdrucks auf die Respirations-Werkzeuge sey. Von mehrern Beispielen will ich nur zwei anführen, die dieses bestätigen. *) Ein Boot auf der Seine wurde vom Blitze getroffen. An einem dabei umgekommenen Manne fand man mehrere Quetschungen, die Lungen schlaff, das Blut wie aus den Blutgefäßen herausgedrückt. Ferner hat ein beim Einschlagen eines Blitzes Betäubter ausgesagt, **) er habe den Blitz gesehen, und den *Druck* gefühlt, der ihm zu Boden geworfen. Auch der Vorfall mit dem verstorbenen Erxleben ***) läßt sich daraus erklären.

Diese plötzliche Ausdehnung der Luft ist auch eine Hauptursache des *Donners* sowohl, als des Knalls bei unsern electricen Versuchen im Kleinen. Mitwirken kann aber auch noch die Veränderung des Luftdrucks bei der Entladung der Wolke, da,

*) Reimarus *Neuere Bemerkungen vom Blitze*, Hamburg 1794, S. 119.

**) *Hannöv. Magazin*, 1781, S. 1276 — 1298.

***) *Götting. Magazin*, herausg. von Lichtenberg und Forster.

nach den Beobachtungen des Herrn Røfenthal, *) bei der Annäherung des Gewitters das Barometer jedesmahl steigt. Dafs der Donner in der Entfernung länger tönt, **) läßt sich aus der Menge von Zurückwerfungen der schallenden Luft erklären, das Rollen des Donners aus dem sehnellen Aufeinanderfolgen dieser Zurückwerfungen, wobei jedes einzelne Echo nicht mehr unterschieden werden kann.

E. *Anmerkungen und Versuche über den Einfluß der Electricität auf die Kry stallenbildung.*

Aldini ***) führte uns in einen neuen Wirkungskreis der Electricität. Kann ich auch auf diesem Wege nicht weiter fortgehen, so wird doch selbst die Untersuchung, wie sicher er ist, nicht ganz unwichtig seyn.

Da die Electricität sich hier in der Formgebung des Eises so wirksam zeigen soll, so ist es nicht unwahrscheinlich, sie ebenfalls als Ursach der bestimmten Gestaltung der übrigen Kry stalle anzunehmen. Dafs diese Electricität in den sich kry stallisirenden Flüssigkeiten nicht ist wahrgenommen worden, ist

*) Lichtenberg's *Magazin*, IV. B., St. 1, S. 2.

**) Dasselbe hat man auch beim Abknallen der Schwaden in Gruben erfahren, wo die, welche sie zufällig entzündeten, nur wenig, und die entferntern Arbeiter das Krachen hörten. *S. Phil. Transact.*, Vol. XV, p. 450.

*** *Annal.*, B. IV, S. 426.

noch kein Zeichen ihrer Abwesenheit; es kann selbst seyn, daß diese Electricität, in sich selbst begrenzt, nur beim Uebergange zur KrySTALLISATION sich bildet und aufgehoben wird. Zeigen nicht mehrere KrySTALLE, wie der Turmalin,*) Zeolith,**) Boracit,***) das Marienglas****) u. m., merkwürdige electricische Eigenschaften, die bloß in ihrer Form gegründet sind, und mit dieser zerstört werden?

Das wäre freilich mit Wahrscheinlichkeit geschlossen: ob aber auch mit Wahrheit; das ist eine andere Frage. Denn eben jene einzige Aehnlichkeit, die Aldini zu der Begründung brauchte, die Zahl der Strahlen an den Staubfiguren und am Schnee, die Winkel, (von 60°), unter denen sie sich an einander setzen; diese Uebereinstimmung findet hier gar nicht statt. Sollte endlich sogar diese Uebereinstimmung nicht so vollkommen, oder jene Schneebildung anders zu erklären seyn, so fiel selbst alle Wahrscheinlichkeit weg. Aldini nennt die sechsfache Strahlenbildung der Staubfiguren ein gewöhnliches Phänomen. Den Erfolg zeigte die

*) Bergmann *de vi electrica turmalini*, Opusc., V, p. 402. So wie die Turmaline, Tab. IV, 1 und 2, abgebildet sind, laufen die KrySTALLE auch unter Winkeln von 60° zusammen.

***) Cavallo's *Abhandl. von der Electricität*, Leipz. 1797, II. Th., S. 384.

****) Ilany in den *Mémoires de l'institut national*, T. I, math. et phys., p. 55.

*****) Gren's *Journal der Physik*, B. VII, S. 87.

Wiederholung gar nicht, bei den größern vielästigen Sternen konnte man die größere Zahl auf sechs Hauptäste zurückbringen: aber, wie Herr Professor Gilbert und mehrere andere, in deren Gesellschaft ich diese Versuche zu wiederholen das Vergnügen hatte, meinten, so wäre es auch oft nicht schwer gewesen, mehr oder weniger herauszubringen. Hier zur Uebersicht eine Reihe der etwas bestimmten:

Versuch	Versuch
1 — 6	8 — 4
2 — 6	9 — 6
3 — 6	10 — 5
4 — 9	11 — 5
5 — 8	12 — 3
6 — 6	13 — 6
7 — 6	14 — 6

Uebrigens war hier gar nicht an gleiche Winkel von 60° zu denken. Nachher fand ich, daß die Versuche regelmässiger angeestellt werden können, wenn man die Kugel von der Flasche abschraubt, und mit der Spitze den Harzkuchen berührt. Ich erhielt hier sehr bestimmte Figuren, aber die Gleichheit der Winkel fand sich nie; die Regelmässigkeit der Strahlzahl eben so wenig. Hier nur einige zur Probe:

Versuch	15 — 6
	16 — 5
	17 — 5
	18 — 6
	19 — 7 u. f. w.

Zum Beweise, daß mich nicht allein der Zufall getroffen, jene regelmässigen Strahlensahlen nicht zu erhalten, will ich hier auch die Strahlensahl aller deutlich unterscheidbaren Sterne aus den Kupfern zu Lichtenberg's *Abhandlung* *) ausziehen.

Stern I — 7

Stern II — 6

Stern III — 7

Stern IV — 7

Stern V — 6

Noch wichtigere Gründe finden sich gegen die Erklärung Aldini's vom Hagel aus negativer, vom Schnee aus positiver Electricität. Nicht nur, daß man dann immer, wenn negative Electricität wäre, Hagel erhalten müßte, **) da man doch auch negative Electricität beim Schnee wahrnimmt, sondern es zeigt auch die genauere Betrachtung der Hagelkörner, daß sie im Innern völlig die strahlige KrySTALLISATION des Schnees ***) haben. Hier wären also, was Aldini ****) selbst für unmöglich hält, negative

*) Lichtenberg *de nova meth. etc. Novi Comment. societ. Gotting.*, T. VII, p. 172.

**) H. von Humboldt nahm beim Schneien denselben Wechsel zwischen + und — wahr, wie Herr Lampadius beim Gewitter. *Annalen der Physik*, B. III, S. 82.

***) de Lüc's *Ideen über Meteorol.*, II. Th., S. 115.

****) *Annalen*, IV. B., S. 426.

und positive Electricität zugleich an einem und demselben Orte *) der Atmosphäre.

Für jetzt glaube ich daher schliessen zu müssen, daß die Electricität noch keine erwiesene Ursach der Schnee-KrySTALLISATION sey. Dazu kömmt noch, daß die Schnee-KrySTALLISATION vielleicht aus der durch den gegenseitigen Druck und die Adhäsion der, (durch Versuche erwiesenen,) veränderten Gestalt der Dunstbläschen hervorgebracht werden. Wenigstens fand ich, indem ich Schaum auf Seifenwasser bildete, daß beim Durchschneiden der Blasen und des Glases sich gar kein Kreis durch die Wasserwände, sondern regelmäßige Achtecke gebildet hatten. Eben so auch, von oben angesehen, hatten die Blasen eine achteckige Form. Wenn nun der Frost eine Trennung der Flächen und Zusammenziehung in Nadeln verursacht, so wird man leicht alle die verschiedenen Schneeverbindungen erhalten können, die Haufenfratz **) und andere beobachtet haben.

Meine Versuche über den Einfluß der Electricität auf krySTALLISIRENDE FLÜSSIGKEITEN, indem ich eine durch einen Metallfaden mit dem ersten Conductor verbundene Metallkugel in die Flüssigkeit hing, zeigten mir nichts Auffallendes, als daß die Kry-

*) Herr Seiferheld bildete seinen Hagel bei einer Temperatur von -13° R., wo es keiner Electricität bedurfte hätte, sondern nur einer kleinen Erschütterung, (s. *Annal. der Physik*, I. B., S. 475,) um den Tropfen am Conductor gefrieren zu machen.

**) Voigt's *Magazin*, III. B., 3 St., S. 34.

ftallè beim Electrificiren, es mochte positiv oder negativ feyn, kleiner wurden, und fich mehr an die Kugel, als an die Seiten des Gefäßes anhängen. Die Abfcheidung einiger Kryftalle aus dem halbkohlenfauren Kali, (*Oleum tartari per deliquium*,*) fcheint wahrſcheinlich eine vollkommene Sättigung eines Theils des Kali mit Kohlenſäure zu feyn, auf Unkoſten des andern; eine Wirkungsart, die dem electrifchen Funken in den meiften Fällen eigenthümlich ift.

*) Cavallo's *Abhandl.*, B. I, S. 293.
