Инв. № М-54,2

TARTU ÜLIKOOL · UNIVERSITAS TARTUENSIS · 1632

Grundriß der theoretischen Physic

zum Gebrauche für Vorlesungen

von

Georg Friedrich Parrot,
Professor der Physic zu Dorpat, russisch-kaiserlichem Collegienrath und Ritter, mehrerer Societäten der Wissenschaften Mitglied.

Библиотека Астрономической Обсерватории Воронежского Государ. Университ.

Zweiter Theil

mit 6 Kupfertafeln.

Tartu Riikliku Ülikooli Raamatukogu
197590

Dorpat, 1811,
bei Joh. Friedr. Meinshausen,
Universitäts-Buchhändler.

Vorrede.

Die Materien dieses zweiten Bandes sind schwerer für ein Lehrbuch zu behandeln, als die des ersten Bandes, weil hier den Hypothesen, ja den bloßen Ansichten, deren jeder Physiker so manche hat, ein weites Feld geöffnet wird. Um so mehr halte ich es für Pflicht, in der angefangenen Rechenschaft fortzufahren. Indeß werde ich mich auf das Wesentlichste einschränken, um diese Vorrede nicht über die Gebühr zu dehnen.

Das vierte Capitel des dritten Abschnitts enthält die wichtigsten Fragen über den Wärmestoff. Es gereicht der Physik nicht zur Ehre, daß man so lange über die Annahme einer Wärmematerie schwankte, da die Data zur entscheidenden Lösung dieses Knotens schon lange vorhanden sind. Es fehlte vielleicht nur an einer strenglogischen Aufstellung dieser Data. Ich liefere sie hier in möglichster Kürze und mit Beziehung auf andere Hypothesen. Allein, machte man ehemals zuviel Schwierigkeiten gegen die Annahme eines Wärmestoffs, so will man jetzt allzuviel von ihm wissen. Man hat gewagt anzunehmen, daß der Wärmestoff eine Flüssigkeit sey, namentlich eine elastische, und ihn nach hydrostatischen Gesetzen zu behandeln. Dazu haben wir keine Befugniß; von welcher Seite man sie auch herleite, so wird sie uns durch die Phänomene der strahlenden Wärme abge-

sprochen. Wer den Wärmestoff eine Flüssigkeit nennt, spricht dessen Aggregatzustand aus, den wir, wenigstens jetzt, nicht kennen. Man wird es daher nicht für Unrecht erklären, daß ich einige kritische Fragen hierüber aufwarf. Je weniger aber wir über den Aggregatzustand des Wärmestoffs wissen, desto mehr müssen wir uns um die Kenntniß seiner Verbindungen mit ponderablen Stoffen bemühen. Die Data dazu sind im vorhergehenden Capitel, und begründen die in diesem angezeigten und genau bestimmten Zustände des Wärmestoffs, welche mit den Formen der ponderablen Stoffe in genauer Relation stehen. Uebrigens folgt daraus nicht, daß wir dem Wärmestoffe alle Formänderungen verdanken.

Der vierte Abschnitt enthält die Lehre des Lichts, deren schwierigster Theil die Lehre der Farben ist.

Ich habe die Phänomene der Farben im Lichte mit dem Farbenbild des Prisma angefangen und dann das der zwei Farben auf der Carte folgen lassen: nicht um diese Lehre mit dem glänzendsten Versuche zu eröffnen, sondern weil es der natürlichen Ordnung gemäßer ist, alle Farben aus dem Lichte entstehen zu lassen und dann von den einzelnen das besonders zu erweisen, was vorher von allen prädicirt wurde. Bey diesem ersten Versuche habe ich bloß eines Cylinders von Strahlen erwähnt, der Kürze des Ausdrucks wegen, und weil, wenn wir bloß paralleles Licht hätten, das Phänomen dasselbe wäre, bis auf die unbestimmte Erweiterung des Bildes, die von den sich in der Oeffnung durchkreuzenden Strahlen der Sonnenscheibe herrührt. Daß in der Vorlesung, während des Versuches selbst, diese letztere Ansicht des Phänomens, welche Newton gab, geliefert wird, versteht sich von selbst.

Die Phänomene der Farben, welche zwischen zwei nicht völlig parallelen Glasflächen entstehen, habe ich mit mehreren neuen vermehrt, woraus es sich ergiebt, daß alle diese Farben allerdings zu einerlei Classe gehö-

ren, der Meinung des Abts Mazeas zuwider, der die Farben der auf einander geriebenen Platten zu einem neuen Geschlechte machen will.

Bei der Lehre der Farben der Körper habe ich eine kleine Lücke ausgefüllt, nämlich durch einen directen Versuch bewiesen, daß Schwarz keine Farbe sey. Für die Farben der durchsichtigen Körper stelle ich anstatt der bisherigen unhaltbaren Lehre von dem Nichtdurchgange aller Farben, die nicht die des Glases sind, eine neue Theorie auf, welche ich meinen Ansichten der Affinität verdanke. Nach dieser Theorie, so wie in der That, sind die gefärbten Theile des Glases oder einer Flüssigkeit sehr feine concrete Körper, welche ihre Farbe nach allen Seiten reflectiren, wobei also unzählige Farbestrahlen durch die Glasmasse dringen. Die Farben der durchsichtigen Körper sind also, wie die der undurchsichtigen, katoptrisch.

Die optischen Instrumente nehmen in diesem Lehrbuche wenig Raum ein. Die Elementartheorie derselben wird mündlich geliefert. Das Weitere gehört nicht hieher. Bei diesen Instrumenten führe ich das Äpinussche Microscop an, welches ich zuerst durch unsern vortrefflichen deutschen Künstler, Herrn Tiedemann in Stuttgardt, in seiner ganzen Vollkommenheit habe ausführen lassen. Dieses erinnert mich schmerzlich an den Tod des von den Deutschen so sehr vergessenen Äpinus. Er starb sehr unglücklich, und es mußte beinahe mein erstes Geschäft nach meiner Ankunft in Dorpat seyn, sein Begräbniß anzuordnen. — Möge diese Wiederaufnahme einer seiner schönen Ideen dazu beitragen, ihn in das dankbare Andenken seines Vaterlandes zurückzurufen!

Das zweite Capitel dieses Abschnittes war unstreitig das schwerste. Ich hatte mir nichts weniger vorgenommen, als die ganze Theorie des Lichts und der Farben in ihrem vollen Umfange zu ordnen, das Vortreffliche, was Newton uns geliefert, von seinen irrigen Ansichten zu sondern, und an Stelle derselben die wahren Grund-

sätze zu liefern. Ganz ohne Hypothese bin ich nicht abgekommen. Aber werden wir je das Hypothetische in diesem Fache ganz vermeiden können?

Mein erstes Geschäft war die Materialität des Lichts mit strengen Beweisen als Satz aufzustellen. Dazu wandte ich mich an die Affinitätsphänomene, welche ich in großer Anzahl, aber mit Critik, anführe. Dann schreite ich zu der kurzen, aber hinlänglich vollständigen, Aufstellung der vorzüglichsten Hypothesen und Systeme über die Wirkungsart des Lichts. Die Systeme Descartes, Huygens und Eulers werden gleich bey ihrer Aufstellung als unzureichend befunden. Newtons System erforderte eine umständlichere Beleuchtung. Bei meiner wahrlich großen und innigen Verehrung dieses Fürsten der Physiker, wurde dennoch diese Beleuchtung eine Critik. *) Man wird aus derselben ersehen, daß von dem ganzen Newtonschen Systeme nur Folgendes als reine, gediegene Wahrheit übrig bleibt: die Emanation, die Attraction als Ursache der Brechung und auch als Ursache der Zerstreuung, die Eigenthümlichkeit der Farbestrah-

*) Bei diesen Worten ergreift mich ein eigenes, höchst unangenehmes Gefühl. Es ist jetzt zur Tagesordnung geworden, über den großen Mann herzufallen. Schelling hat, irre ich nicht, den Ton zuerst angegeben, und seine Schüler, unter welchen Herr Oken in seiner Abhandlung über Licht und Wärme durch ein bis zum Pöbelhaften getriebenes nil admirari sich auszeichnet, glauben sich einen Ruf in der Physik zu erwerben, wenn sie den ehrwürdigsten Namen mit Füßen treten. Zu ihrer Strafe sey ihnen aber gesagt, daß sie nicht einmal sich den Ruf des Herostratus erwerben; denn sie zerstören nichts an dem ehrwürdigen Gebäude, was nicht die Zeit schon zerstört hätte. Wir wußten langst, was daran haltbar, was baufallig ist. Meine Critik ist durch Wahrheitsliebe geleitet, durch meine Bewunderung Newtons nicht geschwächt. Aber wahrlich! ich möchte nicht zu den Schulknaben gezählt werden, die ihren Lehrer mit Koth werfen. — Vielleicht habe ich Herrn Oken Unrecht gethan, daß ich ihn hier besonders nannte; vielleicht giebt es noch gröbere Beleidiger Newtons, oder vielmehr der Decenz, als Er. Er wird mir es aber verzeihen, da ich Ihn versichern kann, daß ich sonst alle Schriften, die diesen Stempel an sich tragen, durchaus nicht lese, und daß ich nur auf dringendes Zureden eines meiner Freunde mich entschlossen, seine angeführte Schrift in die Hand zu nehmen.

Man dualisire, polarisire, antagonisire so viel man will; man treibe den Mißbrauch der Analogien bis zum Wahnsinn, wenn man dazu Lust und Anlage hat, und Verleger, Leser und Schuler findet: aber man ehre immer, was ewig ehrwürdig ist, die Wahrheit und das Genie!

len: vier große Sätze, welche ewig die Grundpfeiler aller Optik ausmachen werden. Man möchte indeß sich wundern, daß Newton diese vier Sätze in seiner Optik so unvollkommen gebrauchte, um sein System in der klaren und ergreifenden Ordnung darzustellen, wie es seyn könnte und wie es nicht ist; daß Er, neben seinen schönen so harmonischen Gedanken über die Brechungsphänomene, das Widersprechende seiner Vorstellungsart über die Zurückwerfung hat leiden mögen; und daß Er es nicht vermochte, die Beugung und die sogenannten Farben der dünnen Körper aus der Brechung abzuleiten. Allein, wenn man bedenkt, wie neu alle seine Ideen Ihm selbst waren, wie schwer es Ihm werden mußte, sich ganz hinein zu arbeiten, da sein Zeitalter, welches mit Descartes fortwirbelte, Ihm dazu gar nicht behülflich seyn konnte; bedenkt man ferner, daß Newton seine Versuche in seiner Jugend anstellte, das Buch selbst aber in seinem für seine ehemaligen klaren Ideen nicht mehr so empfänglichen, dem religiösen Mysticismus schon ergebenen, Alter schrieb, so wird man noch eher sich wundern müssen, daß er dennoch sich an diese Hauptideen festhielt, und nur einmal, bei seiner Vergleichung der Farbestrahlen mit den Tönen der Musik, hinüber schwankte. War doch Keppler dem Gravitationssystem so nahe, Keppler, Galilai's Zeitgenosse, ohne dazu zu gelangen! So sehr bedürfen gewisse Gedanken, gemeiniglich die größten, einiger Zeit der Reife, um zu ihrer Vollkommenheit zu gelangen.

Nach dieser Aufstellung und Beleuchtung der bisherigen Hauptsysteme trage ich ein neues vor, welches allerdings aus dem Newtonschen entstanden, jedoch in vielen wesentlichen Punkten von demselben unterschieden ist. Bei dem vorhandenen Reichthum an Thatsachen und ihrer bisherigen geringen Vereinigung konnte ich hier dieses System nicht ab ovo vortragen; sondern ich mußte mehr aufräumend verfahren. Daher fange ich damit an, die schwierigen Phänomene der Beugung und

der sogenannten Farben der dünnen Körper auf die Brechung zurück zu führen. Das Erste, was ich dazu bedurfte, war ein fundamentaler Versuch, der beweise, daß einander berührende Flüssigkeiten von verschiedenem specifischen Gewichte, ohne schiefen Einfallswinkel, den Lichtstrahl zerstreuen. Ich bemühte mich lange umsonst, diesen Versuch mit Luftschichten von ungleicher Dichtigkeit zu Stande zu bringen, da die durch erhitzte Körper erwärmte Luft in zu großen Schichten sich erwärmt und unaufhörliche Strömungen erleidet, welche das Farbenbild zerstören. Endlich, als meine Ideen über die Affinität gereift waren, und ich bei zwei heterogenen, sich freiwillig mischenden tropfbaren Flüssigkeiten so oft sehr bedeutende Brechungen und ruhige Bilder beobachtet hatte, stellte ich diesen wichtigen Versuch mit Wasser und Salzwasser zu meiner völligen Zufriedenheit an. Er macht den Gegenstand des §. 920. aus, und die in der Note angeführte Wiederholung desselben mit Weingeist und Wasser (wobei die bei dieser Mischung statthabende Erwärmung, welche die Dichtigkeit der Schichten nach einem andern Gesetze modificirt und einen beständigen Wechsel von in einander und aus einander sich entwickelnden Farbenbildern liefert, stellte mir im Kleinen das dar, was mit der Luft vorgehen muß, nämlich ein beständiger aber viel schnellerer Wechsel der Bilder über einander, folglich eine fast gänzliche Verschwindung der Farben. Dieser Versuch ist zugleich der directeste Beweis des Newtonschen Satzes, daß die Brechung und Zerstreuung nichts anders als Anziehungsphänomene sind, und begründet, meiner Meinung nach, diesen Theil der Lehre Newtons unerschütterlich. Die Anwendung dieses Versuches auf die Beugung ist leicht, wenn man bedenkt, daß jeder Lichtstrahl die Oberfläche eines Körpers, auf den er fällt, erwärmen muß, und durch sie die unmittelbar umliegenden Luftschichten. Die Horizontalrefraction zeigt dieses Phänomen im Großen. Hier geschieht es aber im Kleinen, da die Wirkungs-

sphäre $\frac{1}{8000}$ Zoll nicht übersteigt; und daher das Beständige des Farbenbildes, weil eine so dünne Luftlamelle keinen Strömungen ausgesetzt seyn, auch keine erzeugen kann, indeß sie dick genug ist, um verschiedene Dichtigkeiten und Brechfähigkeitsgrade zu haben.

Diesem nach geht der Strahl nahe an einem Körper durch Luftschichten von verschiedener Densität und muß also gebrochen und zerstreut werden. Wie die verschiedenen Farbensäume mit den Abwechselungen von Schatten daraus entstehen, wie alle andern Phänomene, welche Newton und Andere uns überliefert haben, sich daraus herleiten lassen, und besonders der paradoxe Satz, daß die am meisten brechbaren Strahlen am wenigsten beugbar sind, dieses zeigt die theoretische Construction dieses Brechungsphänomens vollständig.

Die Farbenphänomene zwischen zwei nicht parallelen durchsichtigen Oberflächen construiren sich völlig nach denselben Grundsätzen, und ich zeige dann, wie die Versuche des Abts Mazeas mit der Erwärmung und die meinigen sich aus dieser Theorie vollkommen erklären lassen und dadurch als Belege zu dieser Theorie dienen. Die Phänomene der Irisation der blätterichten Crystalle, der Perlenmutter und andere ähnliche, folgen daraus von selbst. So erklärt diese Theorie auch die farbigten Erscheinungen, welche feine Risse, aber nicht grobe, auf polirten Metallflächen liefern: Phänomene, welche sich auf keine Weise sonst erklären lassen, da die Reflexion unter keinem Winkel den Lichtstrahl in Farben zerstreut.

Nachdem nun diese verwickelten Farbenphänomene auf die Brechung zurückgeführt worden sind, so schreite ich zu den allgemeinen Phänomenen der Zurückwerfung und der Brechung.

In Betreff der Reflexion erkläre ich mich unbedingt für die bloß mechanische Zurückwerfung, völlig der der festen elastischen Körper ähnlich, aus Gründen, die man §. 914., 915. und 933. angeführt findet.

Für die Brechung pflichte ich der so wohl begründeten Attractionstheorie bei, aber nicht ganz wie Newton sie geliefert hat. Newton nimmt an, daß das ponderable Mittel den Strahl anziehe. Aber ich zeige, daß diese Attraction mit vielen Datis nicht bestehen kann, man mag sie als Gravitation, als Flächenanziehung, oder als Affinität nehmen. Hier erreichen die Schwierigkeiten ihr Maximum; hier muß die Hypothese an Stelle der wohlbegründeten Theorie treten, und diese Hypothese ist die Annahme eines dritten imponderablen Stoffs, dem ich, Eulers Andenken zu Ehren, den Namen Äther beilege. Meine Forderungen an den Äther sind sehr einfach; und doch hätte ich diese Hypothese nicht gewagt, so bequem sie auch für die Erklärung nicht nur dieser Phänomene, sondern auch der Geschwindigkeit des Lichts ist, wenn uns nicht die Natur die schönsten Analogien dafür gegeben hätte. Die Phänomene des Doppelspaths habe ich ganz unerklärt gelassen, weil es mir schien, daß wir noch viel zu wenig Data zur Erklärung haben. Und in der That zeigen die Entdeckungen des Herrn Malus (die ich in der Zwischenzeit durch die Annalen der Physik historisch kennen lernte), wie sehr ich berechtigt war, diese Phänomene noch nicht erklären zu wollen, obgleich meine Erklärung der Farben zwischen zwei Glasplatten wahrscheinlich den Anfang dazu machen wird. Denn, wo zwei Brechungswinkel statt finden, müssen zwei brechende Media seyn, und dieses muß bei allen Crystallen der Fall seyn, deren Gefüge nicht völlig homogen ist; daher sind die gestreiften Gläser, d. h. solche, deren Masse nicht homogen ist, für optische Instrumente unbrauchbar, und wir müssen also alle Crystalle mit doppelter Brechung als Gläser aus heterogenen Massen zusammengesetzt ansehen, deren Heterogeneität durch die Crystallisation regulair ausgefallen ist, welches die beständige Lage des ungewöhnlich gebrochenen Strahls bestätigt.

Der fünfte Abschnitt ist eine Skizze der theoretischen

Chemie, und ich sehe dem Vorwurf, die Gränzen der Physik dadurch zu sehr zu erweitern, entgegen. Allein, meine Gründe für die Aufnahme dieses Abschnittes sind wichtig. Einerseits fühlte man schon lange das Bedürfniß eines solchen Abschnitts in der Physik, und man glaubte es mit dem sogenannten Capitel von den Gasarten zu befriedigen; aber es stand dieses Capitel ohne Verbindung mit den übrigen Theilen da, und noch mehr ohne Consequenz in sich selbst. Die Umschreibung des Gebiets der Physik, soll anders diese Wissenschaft ein Ganzes bilden, forderte schon im ersten Abschnitte die ersten Umrisse der Lehre der Affinität. Diese Lehre weiter auszuführen, um die Phänomene der Wärme und des Lichts in ihrem ganzen Umfange zu übersehen, die electrischen Phänomene weiterhin zu verstehen, und den Standpunkt der Formänderung gerade da und so zu stellen, wie es seyn muß, um in allen diesen Lehren Zusammenhang, Harmonie, Allgemeinheit zu bringen — dieses war jetzt, in dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft, Bedürfniß. Und, wenn ich mir nicht schmeichle, so wird der Chemiker selbst mir für diese Arbeit vielleicht einigen Dank wissen. Denn auch da, wo ich von ihm borgte, fehlt es nicht an Zusätzen, die ihn interessiren müssen. Dahin zähle ich die Versuche §. 1001., welche beweisen, daß der Phosphor eine bis jetzt nicht anerkannte Form annimmt, die eines nicht elastischen Dunstes, so wie auch die Versuche, welche zeigen, §. 1002. und 1029., daß weder der Phosphor noch die Metalle von dem Wasser oxydirt werden, sondern von dem Sauerstoffgas der Luft, welches durch das Wasser dringt: ein Satz, der in der Oxydationslehre und in der galvanischen Electricität seine Wichtigkeit zeigt.

Ich sehe in den Erden und Alkalien keine Metalloxyde, sondern nur eine Reihe von Substanzen, die sich nur durch Grade der Ätzbarkeit unterscheiden; ich suche diese Übergänge deutlich zu machen und den Begriff der Ätzbarkeit zu bestimmen. Wer in den Erden und Alka-

lien Metalle steht, muß entweder das Ammonium aus der Reihe der Alkalien ausstoßen, oder gasförmige Metalloxyde statuiren, die durch keine Temperaturerniedrigung zu fixiren sind. Davy's Alkaliproduct ist eine höchst oxydirbare Mischung aus Alkali und Wasserstoff und unterscheidet sich dadurch von den Metallen wesentlich, daß es das Wasser unter der geringsten Temperatur heftig zersetzt, da kein Metall es thut.

Das dritte Capitel dieses fünften Abschnitts enthält die eigentliche Erweiterung der Affinitätslehre, wozu das Vorhergehende die Materialien zum Theil liefert. Ich enthalte mich aller Bemerkungen über die Art, wie ich diesen Gegenstand bearbeitet habe, da diese Bemerkungen nur weitläuftig ausfallen könnten. Ich will nur auf eine theoretische Aufgabe aufmerksam machen, die ich, wiederholter Bemühungen mit Hülfe meines damaligen Collegen, des Herrn Professors Pfaff, ungeachtet, nicht im Stande war, aufzulösen, nämlich eine allgemeine Gleichung zu finden für die Schwängerungsgrade, welche in meinem Affinitätsapparat in gegebenen Zeiten statt finden, um mittelst derselben und einer Beobachtung, die Geschwindigkeit der Wanderung der chemischen Stoffe zu finden. Das Resultat unsrer Arbeiten war nur folgendes: Um die gleichförmige Schwängerung vollkommen zu erhalten, gehört eine unendliche Zeit, und die Schwängerungsgrade verhalten sich in allen Zeiten nach dem Mariottschen Gesetze, d. h. wie die Dichtigkeiten der Luftschichten der Atmosphäre. Es wäre zu wünschen, daß ein großer Analytiker, wie Laplace, die Auflösung dieser wichtigen Aufgabe übernähme, wodurch der überraschende Satz, §. 1056., von den ungeheuren Geschwindigkeiten der chemischen Wanderungen völlig erwiesen und ein neuer Blick in die verborgensten Operationen der Natur eröffnet würde.

Von den allgemeinen Sätzen über die Affinität gehe ich zu den wirklichen Combinationen über, und zwar zuerst im vierten Capitel zu den einfachen Verbindungen

der einfachen Stoffe, von dem Standpunkte der Formänderung betrachtet. Den Kohlenstoff mußte ich hier übergehen, weil er nie für sich als Gas erscheint und ihm also kein besonderer expandirender Stoff zukommt. Für den Sauerstoff ist bekanntlich der Wärmestoff der expandirende Stoff. Dieser Satz liefert eine neue Theorie der Oxydation und der Acidation, die nicht auf leichten Analogien, sondern auf Thatsachen beruhet, und die große Schmelzungsfähigkeit der Säuren und des Wassers für so viele Substanzen erklärt. Da der Lichtstoff der expandirende Stoff des Wasserstoffs ist, so muß sich dieser auch derselben Behandlung unterwerfen lassen. Ich zeige in der That, daß in den Verbindungen des Wasserstoffs das Analogon der Säuren und der Oxyde statt findet, und liefere die Classification dieser Verbindungen. Von dem Stickstoff kennen wir den expandirenden Stoff X nicht; allein daß ein solcher statt finden müsse, beweiset die Gasgestalt dieses Stoffes. So unbekannt dieser expandirende Stoff auch sey, so lassen sich die Verbindungen des Stickstoffs mit andern Ponderabilien auch auf eine ähnliche Art, wie die des Sauerstoffs, classificiren, unter der Voraussetzung, daß der Stickstoff die alkalisirende Substanz sey.

Diese allgemeine Ansicht der einfachen ponderablen Stoffe beweiset, daß die verschiedenen Eigenschaften ihrer Mischungen nicht bloß von dem quantitativen Verhältnisse derselben, sondern auch vorzüglich von der Gegenwart der Imponderabilien, also von der Form des Ponderablen abhängt, welches zur Genüge erklärt, warum die synthetische Chemie viel weniger Fortschritte gemacht hat, als die analytische; diese giebt uns zwar die quantitativen Verhältnisse der Stoffe an, aber nicht ihre Form, als die Natur sie zu ihren Zusammensetzungen nahm.

In diesem Capitel liegt allerdings viel Hypothetisches; aber die Analogie führt auf eine so ungezwungene Art dazu, daß ich mich nicht enthalten konnte, hier der

Phantasie einigen Raum zu lassen; die Naturphilosophen beschuldigen uns arme Stoffphysiker so immer des Mangels an höhern weit umfassenden Ansichten! Indeß habe ich, wie ich sollte, da ich ein Lehrbuch schreibe, sorgfältig gewarnet, diese Ansichten nicht für entschiedene Wahrheit, sondern für das, was sie sind, für erlaubte Hypothesen zu nehmen.

Das fünfte Capitel dieses Abschnitts enthält die vorzüglichsten Combinationen zusammengesetzter Stoffe, nämlich: A der Zersetzung der atmosphärischen Luft, B der Entzündungsprocesse, C der Gährungsprocesse, D der Schwängerung des Wassers mit Gasen, E der Schwängerung der Gase mit Wasser, F der Schwängerung der Kohle mit Gasen, G der Affinität der Gase zu einander. Die Combinationen der Säuren mit den Alkalien, Erden und Metallen fehlen, weil die Bertholletsche Lehre der affinité résultante, auf welche diese Combinationen zurückgeführt werden müßten, mir nicht vollständig genug dazu schien. Bei A habe ich zu den vorhandenen Datis eine critische Betrachtung der eudiometrischen Substanzen gegeben; bei B die Theorie der Entzündung bestimmter und ausführlicher geliefert, als wir sie von Lavoisier erhalten hatten, vorzüglich mittelst der Sätze über die Acidation und Oxydation; bei C habe ich gezeigt, daß die Einleitung der Weingährung dem Stickstoffe zu verdanken ist; bei E habe ich die Hypothesen über die Ausdünstung und den Niederschlag aufgezählt und geprüft, woraus es folgt, daß allerdings die Affinität hier in voller Thätigkeit ist, und nicht bloß der Wärmestoff; bei F habe ich neue Versuche geliefert, wobei ich die Quantität der Kohle nach Gewicht maß; endlich bei G habe ich ausser den wichtigen Resultaten, die Gay-Lussac durch seine Versuche mit den sich wechselseitig zersetzenden Gasen geliefert, noch ganz neue Versuche hinzugefügt, welche beweisen, daß auch die übrigen Gase durch Affinität (aber der ersten Art) auf einander wirken, sich freiwillig mischen und daß eine Con-

denſation die Folge dieſer Miſchung iſt. Ein Reſultat, welches beweiſet, daß, ſo oft wir ſolche Gaſe miſchen, oder entmiſchen, eine wichtige Correctur in dem Volumverhältniß ſtatt finden muß.

Der vierte Abſchnitt enthält die Lehre der Electricität. Im erſten Capitel trage ich die Phänomene und Sätze der Reibungselectricität, mit Beſeitigung der vielen überflüſſigen Spielereien, die man mit dem Namen von Verſuchen hie und da noch decorirt, ſo ſyſtematiſch und logiſch vor, als ich konnte. Nur an einen Punkt fand ich weſentliche Verbeſſerungen des gewöhnlichen Vortrages zu machen. Er betrifft den Fall der Wirkung des Electrophors, da die Baſis oder Form iſolirt iſt. Die Erklärung der Wirkung des Electrophors für dieſen Fall, ſo wie ſie gewöhnlich gegeben wird, ſchien mir immer dunkel und unzureichend. Erſt ſpät, als ich die Phänomene des Electrophors in dieſer beſondern Hinſicht mit großer Genauigkeit wiederholte, fand ich, daß ein Hauptverſuch gewöhnlich ganz falſch angegeben wird. Die Note zu §. 1234. enthält das Ausführlichere darüber, und der §. ſelbſt vereinigt nun Verſuche und Theorie, welche vorher unvereinbar waren. Die Lehre der Condenſatoren und der daraus abgeleiteten Inſtrumente habe ich mit der möglichſten Strenge durchzuführen mich bemüht, weil ich ſie als einen höchſt wichtigen Theil der electriſchen Theorie anſehe. Dieſer Lehre zufolge tritt Cuthbersons doppelter Condenſator als ein vortreffliches Inſtrument auf, deſſen ich mich auch ausſchließlich bediene. Seine Wichtigkeit beſteht (auſſer einer 10000fachen Condenſation kleiner Grade von E) in der großen Sicherheit, die er liefert. Bei einem ſehr häufigen Gebrauche dieſes Inſtruments kann ich beſtimmt verſichern, daß, wenn man mit einiger Vorſicht verfährt, und vorausgeſetzt, daß es mit den kleinen, ihm von mir ertheilten, Verbeſſerungen verſehen ſey, der alleinige Gebrauch des Inſtruments nie einige E zum Vorſchein bringt; wodurch man alſo ſicher iſt, daß, wenn ja ſich E durch

diesen Gebrauch erzeugt hat, sie nicht $\frac{1}{10000}$ der kleinsten noch sichtbaren Divergenz des Goldblättchens ausmacht, und also keinen Einfluß auf das Resultat des Versuches hat. Dagegen ist der Duplicator, so auch der kreiselnde Collector, ganz unsicher, wie schon längst bekannt ist. Ohnehin sehe ich nicht ab, da wir Cuthbersons doppelten Condensator haben, was diese Instrumente nützen sollen. Wollen wir denn kleine Grade von Electricität wirklich mehrere Millionenmale vergrößern und Berechnungen und Schlußfolgen darauf bauen? Laßt uns lieber erst die Sprache des einfachen Condensators recht verstehen lernen, d. h. das Gesetz der Condensation für gegebene Distanzen der Platten suchen, damit wir den Exponent der Condensation endlich mit Bestimmtheit angeben können.

Das zweite Capitel handelt von der galvanischen Electricität in verschiedenen Hauptartikeln. A enthält die galvanischen Phänomene vor der Erfindung der Säule, für die theoretische Physik sehr arm. B enthält die Construction der Voltaschen Säule nebst ihren Bedingungen. C enthält die Hauptphänomene der Säule in jeder Beziehung, woraus sich der Satz unumstößlich aufstellen läßt, daß + G und − G mit + E und − E völlig synonym sind. In D betrachte ich die Beziehungen des Oxydationsprocesses zu dem electrischen, vorzüglich nach Anleitung der früheren Davyschen Versuche, die man wohl deswegen nachher bei Seite gesetzt hat, weil das wichtige Resultat, welches sie lieferten, mit der Voltaschen Theorie, für die man sich nun einmal entschieden erklärt hatte, sich durchaus nicht vereinigen läßt. Im Artikel E mit der Aufschrift: Vorläufige Theorie der Voltaschen Säule, trage ich die zwei einzigen Theorien vor, welche in einem Lehrbuche Erwähnung verdienen, die Voltasche zuerst, dann die Oxydationstheorie. Denn die übrigen sind nur Versuche einer Amalgamation dieser beiden. Man wird es vielleicht keck finden, daß ich die Voltasche durch-

aus und in jeder Hinsicht für unhaltbar erkläre, und ich weiß, daß ich mir hierin ein Heer von Gegnern zuziehe. Allein, wenn von einer solchen Theorie gezeigt wird, daß sie an sich widersprechend ist, und daß, von den zwei einzigen Versuchen, auf die man sie gründen wollte, der eine durchaus falsch, der andere falsch verstanden und noch ungeschickter angewandt worden ist, und endlich, daß wenn der Fundamentalversuch so angestellt wird, wie er angestellt werden soll, und zwar mit einem Condensator, der die electrische Spannung 10000mal vervielfältigt, dennoch der Versuch durchaus keine Electricität liefert; dann glaube ich, bestimmt sagen zu können: diese sogenannte Theorie ist nur eine in dem ersten Augenblick erfundene Hypothese, welcher allein der Name des Erfinders des Electrophors, des Condensators und der Säule selbst, einige Dauer geben konnte. Nach zehn Jahren ist es Zeit, daß die Binde, welche die Wahrheit verbarg, endlich wegfalle, und ich spreche in dieser Vorrede absichtlich und wohlüberlegt so unbedingt bestimmt und fest, um jeden Freund der Voltaschen Hypothese aufzufordern, seine Bemühungen zur Aufrechthaltung derselben meinen Bemühungen entgegen zu stellen. Man sehe übrigens in dieser scheinbar nicht bescheidenen Sprache ja nicht die Spur von Geringschätzung des unsterblichen Erfinders der Säule; mehrere Stellen im Texte können diesen Verdacht directe widerlegen, und ich kann mit einigem Stolze sagen, daß kein Physiker den Werth der Voltaschen Säule in so großem Umfange und so früh eingesehen und gefühlt hat, als ich, weil keiner die Oxydationstheorie so früh ergriffen, so standhaft gegen die Stürme der Autorität behauptet und auf so verschiedene Zweige der Naturlehre angewandt hat, als ich. Ich arbeitete sie in der letzten Hälfte des Jahrs 1801 aus, ließ einen Anfang davon in Voigts Magazin drucken und schickte die vollständige Arbeit an die Societät der Wissenschaften zu Harlem im Jahr 1802. Zur Aufstellung dieser Theorie hatte ich anfangs freilich

nur minder bedeutende Versuche aufzuweisen; (man weiß, unter welchen ungünstigen Verhältnissen ich im Jahr 1801 überhaupt arbeitete). Aber mit jeder endlich mir werdenden Nachricht von Versuchen anderer Physiker wuchsen die Stützen dieser Theorie, welche mir übrigens zuletzt alle noch nicht hinlänglich schienen; daher ich, als ich über hinlängliche Apparate disponiren konnte, neue und zwar ganz directe Beweise aufsuchte, welche ich in diesem Werke in möglichster Kürze liefere.

Im Artikel F kommt die Theorie der Wasserzersetzung und aller übrigen Zersetzungen durch die Voltasche Säule vor. Den Hauptsatz dieser äusserst einfachen und durch alle Zersetzungen in electrischer und chemischer Rücksicht so consequent durchführbaren Theorie habe ich schon im Jahr 1800 als Hypothese aufgestellt, wie mein damaliger Streit mit Ritter in Voigts Magazin beweiset, und dann ausführlich (aber freilich nur mit den Datis, welche mir damals zu Gebote standen) 1801, in der erwähnten Abhandlung bey der Harlemer Societät, geliefert; und auch dieser Hauptsatz hat sich durch alle spätern Versuche bestätigt gefunden, und ist der Schlüssel zu der so räthselhaft scheinenden Zersetzung der Salze, wofür Davy eine besondere Transposition der Säure und der Basis durch die beiden E unter Aufhebung aller chemischen Affinität statuirte. Mit diesem Hauptsatze und den Phänomenen der Wanderung durch Affinität erkläre ich diese Zersetzung auf eine ganz ungezwungene Art, und Davy's Versuche liefern selbst eclatante Beweise für diese Erklärung.

Das dritte kurze Capitel enthält eine allgemeine Theorie der Electricität. Wer die Prämissen in den vorhergehenden Capiteln zugiebt, wird dieser Theorie seinen Beyfall nicht wohl versagen, um so mehr, da sie alle speciellen Ansichten wie in einem Brennpunkte zu einer einzigen allgemeinen vereinigt, und die electrischen Stoffe als schon bekannte Imponderabilien, Wärme- und Licht-Stoff, darstellt, und durch diese Verminderung der Anzahl der

Imponderabilien einen neuen erfreulichen, ja erhebenden, Blick in die ganze Natur gewährt, der unzählige neue Zweige von Aussichten eröffnet.

Im siebenten Abschnitte habe ich die Phänomene des Magnets, in so fern sie zur theoretischen Physik gezogen werden können, dürre und mager geliefert — weil sie so sind. Wir haben, leider! nur wenige magnetische Phänomene, und zwar nur mechanische; daher wir hier noch keine allgemeine Naturgesetze anzuwenden im Stande sind. Indeß habe ich doch eine Ansicht als möglichen Schlüssel zu einer magnetischen Theorie geliefert; und diese liegt wiederum in der Affinität; womit ich übrigens mir und Andern nichts weiß machen will. Nur erst dann, wenn wir eine magnetische Säule haben werden, wie eine electrische, an deren Elementen die Natur der magnetischen Erscheinungen sich wird analysiren lassen, wie wir die der electrischen analysirt haben, nur dann wird es erlaubt seyn, an den Magnetismus zu denken.

So überliefere ich dem Publicum der Physiker in diesem Grundrisse der theoretischen Physik eine mehrjährige Arbeit. Zu einem Lehrbuche für Vorlesungen habe ich sie gemacht, und habe in dieser Hinsicht mich bemüht, mathematische Bestimmtheit, nicht nur da, wo von Berechnungen die Rede ist (denn da kommt sie von selbst), sondern überall, wo der strenge Geist des Geometers anwendbar ist (und er ist es überall). Ich habe mich bemüht, einen ununterbrochenen Zusammenhang in jeder besondern Lehre und unter allen noch so heterogen scheinenden Lehren zu liefern. Ich habe aber auch jede besondere Lehre zu erweitern gesucht, theils in Rücksicht auf sie selbst, theils weil obiger systematischer Zusammenhang mir auszufüllende Lücken zeigte. Will man also dieses mein Werk beurtheilen, so erwarte ich mit Recht, daß es in dieser doppelten Rücksicht geschehe.

Bey den vielen Zusätzen, die ich den einzelnen Lehren ertheilte, wohin ich vorzüglich die Flächenanziehung, die Affinität (jede in zwei verschiedenen Capiteln), die Hydraulik, die optische Theorie, den Galvanismus ꝛc. rechne, erwarte ich, daß man Zweifel hege, Forderungen mache. Denn ich fühle stärker als irgend Jemand die Unvollkommenheit meiner Arbeit, und wie weit ich vom Ziele zurückgeblieben. Auch wird man es begreifen, daß ich in einem Grundrisse nicht alles sagen konnte. Man deponire, ich bitte darum, die Zweifel, die Forderungen, in den Annalen der Physik, und ich werde mir eine Pflicht daraus machen, jeden Zweifel nach Kräften zu beantworten, jeder Forderung wo möglich zu entsprechen; und, wenn ich eines Bessern belehrt werde, die Belehrung mit aufrichtigem Dank anzunehmen. Der liberale und competente Herausgeber der Annalen wird zu diesen physikalischen Discussionen, welche der Wissenschaft nur nützlich seyn können, gewiß gerne den Raum einiger Blätter gönnen. Durch solche Aufforderungen werde ich veranlaßt, Manches bekannt zu machen, was in diesem Werke nicht vorkommen konnte, und zu dessen Ausarbeitung für den Druck ich sonst wenig Neigung fühle. Das Arbeiten ist mir von jeher unendlich angenehmer, als das Schreiben.

Mit der hier gelieferten Literatur wird man vielleicht unzufrieden seyn. Meinetwegen halte man mich deshalb für ungelehrt. Jeder handelt nach seiner Überzeugung und Neigung. Die meinige geht nicht dahin, mich während der Arbeit durch Citationen zu unterbrechen, noch weniger allzuviele Büchertitel abzuschreiben. In diesem Punkte werde ich mich nie bessern. Man gebe sich keine Mühe darum.

Als der Abschnitt der Lehre des Lichts, und also auch dieser Theil der Vorrede, längst fertig waren, erhielt ich end-

lich Göthe's Werk zur Farbenlehre. Sehr begierig zu sehen, was der große Dichter, der sich schon einmal ohne Glück in dieses Feld gewagt hatte, nun nach funfzehn Jahren, also nach erneuerter Anstrengung und mit gereifteren Ideen, uns liefern würde, las ich das Werk.

Begnügt man sich, die eigene Ansicht des Verfassers von den Farben zu lesen, ohne sie als ein wissenschaftliches Werk anzusehen, so bewundert man die Eleganz des Vortrages, die schöne Folge von Versuchen und die leichte Darstellung ihres Zusammenhanges. So, von dem Polemischen entblößt, wäre das Werk dem größeren Theile des gebildeten Publicums, dem es nicht um eine wissenschaftliche Ansicht zu thun ist, ein sehr angenehmes Geschenk. So muß man für Prinzessinnen schreiben und dociren.

Aber der Verfasser will sein Werk als ein physikalisches, ein wissenschaftliches, angesehen, seine Lehre an die Stelle der Lehre Newtons gesetzt wissen. Er verlangt, daß wir Newtons Optik mit Füßen treten, der seinigen aber huldigen. Von Physikern also will Göthe beurtheilt werden; und da wird freilich das Urtheil streng, verdammend, ausfallen. Man wird ihm nachweisen, daß es ihm überall an Bestimmtheit der Begriffe fehlt, daß er unbedeutende, oft falsche Analogien für Beweise giebt und aus bekannten Thatsachen falsche Schlüsse zieht. Dieses durchzuführen und dem Verfasser auf seinem unbeleuchteten Wege zu folgen, ist hier der Ort nicht. Andere werden es sich zur Pflicht machen. Die meinige ist nur, das wenige Folgende zu sagen, zur Warnung derjenigen, die sich wissenschaftlich bilden sollen, und doch in dieser Farbenlehre einen nähern und leichtern Weg zum Ziele zu finden hoffen möchten.

Die Dichter haben uns von jeher Licht und Finsterniß als im ewigen physischen und moralischen Kampfe unter einander geschildert. Ganz neu ist also die Idee des neuern Dichters, diese alten Erbfeindinnen nun als freundliche Schwestern, als magische Schöpferinnen der Farben im lieblichsten Verein auftreten zu lassen. Das Bild wird gefallen und Dichterlein mancher Art werden daraus bald beweisen, daß Licht und Finsterniß, Aufklärung und Aberglaube, in einer verhältnißmäßigen sanften Mischung, das Leben verschönern, ja sogar die Schöpfer unsers Glücks sind. Mag dieses Bild dem Dichter frommen! Was nützt es dem Physiker? Was kann dieser darauf bauen? Erst müßte die Thatsache angegeben werden, die uns beweise, daß Finsterniß, Schatten, Nichtlicht, wie es genannt werden möge, für sich die Farben ändere, oder, mit Licht gepaart, die Farben erzeuge. Nicht nur jede gemeine Erfahrung beweiset das Gegentheil, sondern die Ver-

suche §. 878. und 920. dieses Grundrisses, wobei alle Göthe'schen Bedingungen zur Entstehung der Farbensäume und des prismatischen Bildes sich vorfinden, stellen uns keine Spur von Farbenbildung dar, als da, wo die Newtonsche Bedingung statt findet: Anziehung des Lichts zum Mittel.

Göthe's System ist ein bloßer Dualismus; aber dessen Urheber mag gefühlt haben, daß das dualistische Spiel, wie es bisher getrieben worden ist, vor dem Richterstuhle weder der Logik noch der Erfahrung bestehen kann. Er verkörperte also seine zwei Gegensätze, individualisirte sie wenigstens, nannte sie Licht und Nichtlicht, ohne zu bedenken, daß der Physiker (für den er doch schrieb) die Finsterniß nie als ein physisches Agens annehmen wird, weil sie ihm nicht bloß Nichtlicht ist, sondern — Nichts. Durch diese ursprüngliche Ansicht auf einem bei jedem Schritte schwindenden Wege geführt, will Göthe die physischen Farben (die Farben im Lichte) durch die Magie der Worte: ein Trübes; ein reines Trübes; ein Durchsichtiges; ein Begränztes; ein unvollendetes Bild ꝛc. erklären. Wenn man aber auch alle diese Worte für Begriffe, ihre Zusammenfügung für Physik erklären wollte, so wagte es doch der Verfasser nicht, aus ihnen die Brechung erklären zu wollen; und daran mag auch der Nichtkenner der Optik die Unzulänglichkeit des Systems abnehmen, da Brechung und physische Farben in der engsten Verbindung mit einander stehen; aus einem Princip muß für beide die Erklärung fließen, und dieses leistet die Newtonsche Theorie.

Denselben Ansichten zufolge will Göthe die chemischen Farben (die Farben der Körper) aus seinem Dualismus hervortreten lassen, dessen Gegensätze er nun recht förmlich verkörpert. Bei den physischen Farben, die, wie Bilder der Phantasie, uns gleichsam nur umschweben, nahm er auch gleichsam ätherische Wesen zu seinen Gegensätzen an, Licht und Nichtlicht; hier, wo die Farben haften, sind es Säure und Alkali. Und so wagt er sich getrost mit diesen letztern so oft dualisirten Stoffen in das Geheimniß der Farben der Körper, ohne die mindeste Rücksicht oder Vorsicht. Ist Göthe, der hier nun als materieller Physiker endlich rein auftritt, so unbekannt mit dem Zustande unsrer Kenntnisse, daß er nicht wüßte, wie die ersten jetzigen Naturforscher noch im Streite sind, ob die Metalloxyde (welche seiner Ansicht als Hauptbelege dienen sollen) eine eigenthümliche Farbe haben, oder nicht? Und die Entscheidung dieser Frage ist doch der erste Schritt zu einer möglichen chemischen Theorie der Farben der Körper. — Wahrlich! man muß sich in solche dunkle

Felder nicht so leicht wagen, wenn man nur einzelne aus bloßen Vorlesungen geschöpfte Begriffe mitzubringen hat!

Göthe wirft Newton vor, er habe uns betrogen, betrügen wollen. Er nennt ihn zuweilen einen Ehrenmann, der uns seinen hocus pocus vormacht, spricht von seinen sophistischen Zwecken, von seinen Spiegelfechtereyen ꝛc. Wo hat Göthe's Zartgefühl diese unwürdigen Ausdrücke geschöpft? Wir wollen die Wissenschaft mit solchen Ausdrücken nicht schänden. Aber, wer Göthe's Gang in seinem Vortrage kritisch durchgeht, würde unwillkührlich auf absichtliche Täuschung schließen, wüßte man nicht, daß Göthe, als Dichter, keinen andern Gang gehen konnte, und also nur sich selbst betrog. Denn Göthe geht, als Dichter, der auf die Phantasie zunächst wirkt und so den Verstand nach sich zieht, von den Phänomenen aus, welche bloß im Auge vorgehen (physiologische Farben), und sich nie als objective Versuche darstellen lassen; der Anfang seiner Lehre, der den Grund zu dem Übrigen legt, schwebt unter tanzenden Bildern, welche die festen objectiven Bilder erklären sollen! Abgerechnet, daß wir nie wissen werden, was mit unsern Sehnerven und den weiterhin liegenden Gesichtsorganen bei irgend einem gegebenen Eindrucke vorgeht, und also von daher keine Erklärung der Farben zu erwarten haben: wie kann man, nachdem das Auge auf einen starken Contrast von Farben, auf ein glänzendes Weiß, oder gar in die Sonnenscheibe starr gesehen, oder auch eine Contusion erhalten hat (denn durch eine Contusion entstehen ähnliche Spectra, physiologische Farben) — wie kann man in allen diesen Fällen den Zustand des Auges für einen gesunden erklären? Und ist das nicht, so ruht das ganze System auf Wahrnehmungen durch ein fehlerhaftes Organ! Was würde Göthe selbst dazu sagen, wenn ein Acustiker ihm die Theorie der Töne aus den Erscheinungen deduciren wollte, welche im Ohre des Canoniers gleich nach dem Donner seiner Batterie vorgehen?

Newton hat an Bernardin de St. Pierre schon einen Widersacher unter den Neuern gehabt: er war es für die Attractionstheorie und speciell für ihre Anwendung auf die Ebbe und Fluth. Göthe tritt als Newtons Gegner für die Lehre der Farben auf. Es ist schwer, sich einer Vergleichung zu enthalten. Beide Gegner Newtons haben das mit einander gemein, daß sie schön, reizend schreiben, daß sie nur den schlichten Menschenverstand ohne Gelehrsamkeit zum einzigen Richter anerkennen, daß sie aus dem Theile der Wissenschaft, den sie bearbeiten wollen, das Unentbehrlichste verbannt wissen wollen, die Mathematik und alle geometrische Strenge. St. Pierre aber war bescheidener und griff den moralischen Cha-

rakter Newton's nicht an. — Die Nachwelt übersieht beides, die Urbanität oder die Selbstsucht des Angreifenden, und richtet nur die Sache. St. Pierre's flüchtige Hypothese ist im Meere der Vergessenheit untergegangen; Göthe's dualistische Lehre wird dasselbe Schicksal haben, auch wenn sie sich den unsterblichen Werken des großen Dichters anhängt.

Indeß auch dem Ungerechten Gerechtigkeit! Sogar in wissenschaftlicher Hinsicht ist Göthe's Werk dem Physiker nicht ganz unwillkommen. Es werden daselbst manche Erscheinungen, besonders die physiologischen, in einer schönen logischen Ordnung vorgetragen; hie und da wird auf Phänomene aufmerksam gemacht, die man bisher zu wenig würdigte; es sind einige Ausdrücke creirt worden, die eingeführt zu werden verdienen ꝛc. So habe denn der vortreffliche Kopf, der keine Arbeit ganz ohne Nutzen übernehmen kann, Dank dafür.

Vielleicht wird Herr von Göthe mir diese Seiten, die ich wahrlich ungern schrieb, übel nehmen. Allein, eben weil Er Göthe ist, mußte ich sie schreiben. Er lese die Note zu pag. XI. dieser Vorrede und urtheile daraus, wie groß meine Achtung für seinen Namen, mein Gefühl für seinen Werth ist.

Inhalt.

Dritter Abschnitt.

Phänomene der Wärme.

	§.	Seite.
Einleitung - - - -	682	- 1

Erstes Capitel.

Thermometrie.

Begriff von Thermometrie. Hauptsatz derselben	683	- 2
Begriff des Thermometers. Allmählige Fortschritte in dessen Construction -	688	- 5
Ueber die Verschiedenheiten der Thermometerscalen - - - -	694	- 10
Critische Prüfung der thermometrischen Substanzen - - - -	695	- 11
Metallthermometer - - -	701	- 15
Wedgwoods Pyrometer - - -	702	- 16
Anwendungen des Thermometers im gemeinen Leben und in der Naturlehre -	702	- 17
Partielle Erwärmung und Erkältung -	708	- 21

Zweites Capitel.

Von der Mittheilung der Wärme.

Begriff von Temperatur - -	711	- 23
Leitungsfähigkeit - - -	712	- 24
Die Leitungsfähigkeit für die Wärme kommt allen Körpern zu - - -	716	- 28
Satz der Heterogenaität in Absicht auf Leitung	717	- 30
Strahlung der Wärme - - -	719	- 32
Richmanns Gesetz der Mittheilung der Wärme	723	- 34
Specifische Wärme - - -	724	- 35
Gebundene Wärme - - -	728	- 39

Drittes Capitel.

Gränzen der Erhöhung und Erniedrigung der Temperatur.

A. Dampfbildung und Dampfzerſetzung.

	§.	Seite.
Beobachtung des Phänomens des Siedens	730	- 41
Die Dämpfe ſind elaſtiſch, werden durch Kälte und Druck reducirt	732	- 43
Eingeſchloſſener Dampf	735	- 45
Einfluß des Drucks auf dem Siedpunkte	736	- 47
Verdünſtung und Dünſte	737	- 48
Dunſtbläschen	739	- 51
Temperatur-Erniedrigung durch Dampfbildung; Temperatur-Erhöhung durch Dampfzerſetzung	740	- 53
Anwendung der Lehre der Dämpfe auf die Dampfmaſchinen, den Digeſtor, die Deſtillation und das Feuerlöſchen	741	- 56

B. Gefrieren und Schmelzen.

Beobachtung des Phänomens des Gefrierens	746	- 58
Temperaturänderungen bei dem Frieren und Schmelzen	749	- 62
Erklärung der Phänomene des Gefrierens	752	- 64
Frieren des Salzwaſſers	760	- 70
Künſtliche Kälte	761	- 71

Viertes Capitel.

Von dem Wärmeſtoff.

Hypotheſen zur Erklärung der Wärmephänomene	765	- 74
Beweis für das Daſeyn eines Wärmeſtoffs	767	- 76
Kritiſche Fragen über den Wärmeſtoff	768	- 78
Drei Zuſtände des Wärmeſtoffs	772	- 82
Standpunkt der Formänderung	778	- 87
Quellen der freyen Wärme	783	- 94

Vierter Abſchnitt.

Phänomene des Lichts.

Einleitung	784	- 97
Das Sehen; opake und durchſichtige Körper; Lichtſauger.		

Erstes Capitel.

Von der Bewegung des Lichts.

A. Geradlinichte Bewegung.

	§.	Seite.
Geschwindigkeit des Lichts	791	102
Strahlenkegel der Objecte, Beleuchtungsgesetze	792	103
Sehwinkel. Grundsätze der Perspective	797	107
Dauer des Lichteindrucks aufs Auge	805	111

B. Zurückwerfung des Lichts.

Spiegel und Nichtspiegel	806	112
Grundsatz der Catoptrik	807	112
Die Spiegel werfen nicht alles Licht zurück	808	113
Zurückstrahlung durch die hintere Fläche durchsichtiger Körper	811	115
Zurückwerfung durch ebene Spiegel	814	117
Zurückwerfung durch nicht ebene Spiegel	817	120
Bestimmung des Focus des sphärischen Hohlspiegels	819	121
Bilder der Objecte durch die sphärischen Hohlspiegel	820	123
Luftbilder durch die sphärischen Hohlspiegel	822	126
Bilder der Objecte durch sphärische Convexspiegel	825	128
Anamorphosen	826	129

C. Durchgang des Lichts durch durchsichtige Mittel.

Einfache Brechung des Lichts.

Allgemeines Brechungsgesetz	828	130
Brechung in verschiedenen Mitteln. Biots Satz	830	131
Doppelte Brechung im isländischen Crystall	834	134
Durchgang der divergirenden und convergirenden Strahlen	836	137
Astronomische Strahlenbrechung	839	139
Horizontale Strahlenbrechung	840	140
Brechung der Lichtstrahlen auf Kugelflächen	845	146
Brechung der Lichtstrahlen durch Linsen	847	150
Brenngläser	850	153
Brechung durch Hohllinsen	852	155
Bestimmung des Orts, Lage und Größe des Bildes durch die Linsen	853	155

Farbigte Brechung des Lichts.

	§.	Seite.
Farben, Pigmente	859	161
Zerlegung des ungefärbten Strahls in gefärbte	860	162
Farbigte Ränder der Objecte durch das Prisma	865	167
Achromatische Bilder	866	170
Farbenringe zwischen zwei an einander gedrückte Glasflächen	868	172
Wirkungen der Wärme auf diese Farbenringe	873	175
Farben der undurchsichtigen Körper	875	179
Farben der durchsichtigen Körper	876	179
Beweis, daß Schwarz keine Farbe ist	878	183
Von den Grundfarben	879	184
Eigenthümliche Farben gewisser leuchtender Körper	880	186
Zufällige Farben	883	188

D. Beugung des Lichts.

Phänomene der Beugung	884	190

E. Von den optischen Instrumenten.

Das Microscop	887	194
Das Fernrohr	889	195
Das Microscop des Apinus	890	196
Die Camera obscura	891	197
Die Zauberlaterne	892	197
Das Sonnenmicroscop	893	198
Das Lampenmicroscop	894	198
Das menschliche Auge	896	199

Zweites Capitel.

Von der materiellen Ursache der Lichtphänomene und ihrer Wirkungsart.

Unzulänglichkeit älterer Hypothesen	897	200

A. Von dem Lichtstoffe und dessen Affinitätsäusserungen.

Farbenänderungen durch das Licht	898	201
Directe Affinitätswirkungen des Lichts	899	203
Aufstellung des Satzes eines Lichtstoffs überhaupt	900	206
Mehrheit der Lichtstoffe	901	207

B. Wirkungsart der Lichtmaterie in den optischen Phänomenen.

	§.	Seite.
Hypothese des Descartes	904	210
Hypothese Huygens und Eulers	905	210
Newtons System	907	211
Critik des newtonschen Systems	913	217
Neues System über die ganze Lehre des Lichts, Beugung, Farbenringe, Reflexion, Refraction	919	220
Erklärung der Geschwindigkeit des Lichts	937	245
Zustände der Lichtstoffe	940	248

Drittes Capitel.

Relation der Lichtstoffe und des Wärmestoffs zu einander.

Hypothesen	941	250
Unterschiede zwischen Lichtstoff und Wärmestoff	942	251
Erzeugung von Wärme durch Licht und von Licht durch Wärme	943	252
Herschels falsche Hypothese der erwärmenden Lichtstrahlen	944	253

Fünfter Abschnitt.

Phänomene der einfachen Stoffe und ihrer Hauptcombinationen.

Einleitung	946	255

Erstes Capitel.

Darstellung der einfachen imponderablen Stoffe aus den allgemein verbreiteten ponderablen Substanzen.

I. Zerlegung der atmosphärischen Luft	948	257
II. Zerlegung des Wassers	956	261
III. Zerlegung der Kohle	959	263
IV. Haupteigenschaften der einfachen ponderablen Stoffe.		
Eigenschaften des Sauerstoffs	962	267
Erzeugung der Säuren	965	268
Erzeugung der Oxyde	980	277

	§.	Seite.
Eigenschaften des Stickstoffs	982	279
Eigenschaften des Wasserstoffs	988	283
Eigenschaften des Kohlenstoffs	993	286

Zweites Capitel.

Von den problematisch-einfachen Stoffen.

Der Phosphor	997	288
Leuchten des Phosphors	998	288
Ausdünstung des Phosphors in nicht elastischer Form	1001	292
Oxidation des Phosphors im Wasser	1002	295
Verbindungen des Phosphors	1004	297
Der Schwefel	1008	298
Verbindungen des Schwefels	1011	299
Der Diamant	1021	304
Die Metalle. Verzeichniß aller ihrer Eigenschaften	1021	305
Die Metalle zerlegen das Wasser in mittleren Temperaturen nicht, sondern werden darin durch den Sauerstoff der atmosphärischen Luft oxydirt	1029	310
Verbindungen der Metalle	1030	313
Giebt es einen Charakter der Metalle?	1035	316
Die Erden und Alkalien	1037	318
Verhältniß derselben in Rücksicht auf Alkalität. Begriff der Atzbarkeit	1041	326
Ueber die Einfachheit oder Zusammensetzung der Alkalien und Erden	1043	328

Drittes Capitel.

Ergänzung der allgemeinen Lehre der Affinität.

Mechanische Ansicht der Affinitätsphänomene	1045	331
Wechselwirkung der Affinität und Flächenanziehung	1046	333
Ausführliche Betrachtung der Stoffenwanderung	1047	333
Große Geschwindigkeit dieser Wanderung	1056	339
Betrachtung der Färbestoffe im Wanderungsphänomen	1057	341
Die metallischen Färbestoffe sind von den Metallauflösungen unterschieden	1058	343
Die Gase können unsichtbar und schnell durch tropfbare Flüssigkeiten wandern	1059	346

	§.	Seite.
Verhalten des Sättigungsverhältnisses für beyde Arten von Affinität -	1060	- 348
Theorie der chemischen Masse -	1063	- 349
Ausführliche Theorie der Formänderung	1071	- 356

Viertes Capitel.

Theorie der einfachen Combinationen der einfachen Stoffe.

A. Von dem Sauerstoffe.

Unterschied zwischen Säuren und Oxyde	1081	- 365
Theorie der Acidation und der Oxydation	1082	- 366
Schmelzende Eigenschaft der Säuren und des Wassers - - -	1087	- 371

B. Von dem Wasserstoffe.

Lucide und Phlogide als Analogon der Säuren und Oxyde - -	1088	- 372

C. Von dem Stickstoffe.

Alkalien und Azotiden als Analogon der Säuren und Oxyde - -	1091	- 374

Fünftes Capitel.

Zusammengesetzte Affinitätsprocesse der einfachen Stoffe.

A. Analyse der atmosphärischen Luft.

Begriff der Eudiometer - -	1095	- 376
Eudiometrische Substanzen: Salpetergas, Schwefelkali, Phosphor, Wasserstoffgas, Amalgama - -	1096	- 376
Verhältniß des Sauerstoffs und Stickstoffs in der Atmosphäre - -	1105	- 385
Gehalt an Kohlensäure in der Atmosphäre	1106	- 387

B. Entzündungsprocesse.

Verschiedene Gattungen der Entzündungen	1108	- 389
Verhalten des Sauerstoffs bey allen Entzündungen - - -	1112	- 391
Construction des Entzündungsprocesses der vegetabilischen und animalischen Substanzen	1115	- 392
Proceß der Verkohlung -	1116	- 394

C. Gährungsproceß.

	§.	Seite.
Definition der Gährung. Hauptbedingung derselben	1119	395
Verschiedene Gattungen der Gährung	1120	396
Zuckergährung	1121	397
Theorie der Weingährung	1122	397
Theorie der Essiggährung	1128	402
Faule Gährung	1132	404
Homogenität des chemischen Processes in der lebendigen und todten Natur	1135	406

D. Schwängerung des Wassers mit Gas.

Allgemeine Sätze in Rücksicht auf Druck und Temperatur	1136	407
Sätze über gemischte Gase	1141	410
Rückblick auf die Oxydation des Phosphors und der Metalle unter Wasser	1145	413

E. Schwängerung der Gase mit Wasser oder Theorie der Ausdünstung und des Niederschlages.

Einzelne Sätze	1147	414
Von den Hygrometern und ihren Phänomenen	1159	419
Hypothesen über die Ausdünstung und den Niederschlag	1163	422
Sie reduciren sich alle auf zwei, die Wärmestoffshypothese und die Affinitätshypothese. Beyde sind geltend	1167	425

F. Schwängerung der geglüheten Kohle mit Gasen.

Versuche verschiedener Physiker hierüber	1170	429
Vergleichung dieser Schwängerung mit der des Wassers	1174	433
Specifisches Gewicht der Kohle	1175	434
Versuche mit der geschwängerten Kohle	1177	436
Diese Schwängerung ist ein Affinitätsphänomen	1179	437
Sie erklärt die Fäulniß abhaltende Eigenschaft der Kohle	1180	438

G. Affinität der Gase zu einander.

Gase welche sich wechselseitig zersetzen; Gase die sich nicht wechselseitig zersetzen	1181	438
Apparat zur freiwilligen Mischung der Gase, die sich wechselseitig zersetzen	1182	439

	§.	Seite.
Diese Gase binden sich immer in den allereinfachsten Verhältnissen	1184	441
Apparat zur freiwilligen Mischung der Gase die sich nicht wechselseitig zersetzen	1187	445
Solche Gase verlieren immer an Volum oder Elasticität	1188	449
Anwendung dieses Satzes auf alle Operationen mit Gasen	1190	452
Folgerungen aus obigen Datis für die Lehre der Affinität	1191	453

Sechster Abschnitt.

Phänomene der Electricität.

Einleitung	1195	457

Erstes Capitel.

Electricitätsphänomene durch Reibung.

A. Erregung.

Kennzeichen des electrischen Zustandes	1196	458
Bedingungen zur Erregung	1197	459
Idioelectrische Körper und Leiter	1198	459
Zweierlei electrische Zustände, +E, −E	1201	462

B. Übertragung des electrischen Zustandes von einem Körper zum andern Körper.

a) Mittheilung	1204	466
Kennzeichen der Mittheilung in Beziehung auf die Figur der Körper	1205	466
Electrische Strömung	1207	468
Mittheilung zwischen Leitern und Nichtleitern	1209	469
Electrische Atmosphäre und Wirkungskreis	1210	470
Intensität der E auf verschiedenen Punkten eines Leiters	1211	471
b) Vertheilung. Grundphänomene derselben	1213	472
Erklärung desselben	1214	473
Methode +E oder −E zu erkennen	1216	475
Erhaltung und Verstärkung der E durch Vertheilung	1218	476
Erklärung der electrischen Anziehung und Repulsion	1219	477
Electrische Zonen auf den Nichtleitern; lichtenbergische Figuren	1220	478

C. Vorzüglichste Apparate für die Reibungselectricität.

	§.	Seite.
a) Die Electrisirmaschine -	1223	- 480
b) Die kleistische Flasche -	1228	- 485
c) Der Electrophor - -	1231	- 488
d) Die Electrometer - -	1237	- 494
e) Die Condensatoren - -	1244	- 500
Nichtigkeit der Duplicatoren -	1248	- 504
Wichtigkeit des cuthbersonschen doppelten Condensators - -	1252	- 508

D Wirkungen der Reibungselectricität.

Lichtphänomene - -	1254	- 509
Wirkungen auf die animalische Organisation	1255	- 510
Mechanische Bewegungen -	1256	- 510
Chemische Wirkungen - -	1257	- 511

E. Vorläufige Theorie der Electricität.

Materielle Ursache der Electricität	1264	- 515
Aeltere Hypothesen darüber -	1265	- 516
Symmerische Theorie - -	1266	- 517
Verschiedene Leiter haben verschiedene Capacität für die E - -	1266	- 518
Anhang. Phänomene des Turmalins	1267	- 519

Zweites Capitel.

Von der galvanischen Electricität.

Einleitung - - -	1270	- 521

A. Phänomene vor der Entdeckung der voltaschen Säule - - 1271 - 523

B. Construction der voltaschen Säule.

Stehende, liegende Säulen, Trogsäulen, Becherapparat - -	1273	- 525

C. Hauptwirkungen der voltaschen Säule.

Auf der animalischen Organisation -	1275	- 527
Anziehung und Repulsion -	1276	- 528
Lichtphänomene - -	1280	- 532
Chemische Wirkungen - -	1281	- 532
Schnelligkeit der Fortpflanzung -	1283	- 535
Mechanische Bewegungen -	1284	- 536
Identität des Galvanismus und der Electricität	1285	- 537

	§.	Seite.
Ueber die Erscheinung beider E, jede an einem Ende	1286	538
Bipolar- und Unipolar-Leiter	1288	542
Rußdendriten	1289	543

D. Verhalten des Oxydationsprocesses zum electrischen Processe in der Säule.

Versuche hierüber und Folgerung	1290	544

E. Vorläufige Theorien der voltaschen Säule.

Was sie bezwecken	1295	548
Volta's Theorie	1296	549
Prüfung der voltaschen Theorie	1300	553
Die wässerichten Flüssigkeiten haben gleiches Leitungsvermögen. So auch die Metalle	1302	557
Oxydationstheorie	1304	560
Einwendung gegen dieselbe und Widerlegung	1309	566
Construction des Phänomens des Durchganges beyder E durch die Schichten der Säule nach der Oxydationstheorie	1310	569

F. Chemische Wirkungen der galvanischen Electricität.

Zersetzung des reinen Wassers	1314	574
Hauptsatz, welcher daraus folgt	1316	575
Ueber oxygenirtes und über hydrogenirtes Wasser	1317	577
Ueber die Erzeugung einer Säure und eines Alkali	1318	578
Construction des electrischen Processes in der Wasserzersetzung	1319	579
Zersetzung anderer Flüssigkeiten	1320	582
Davy's Hypothese vom Herüberführen der ponderablen Stoffe durch die E der Säule	1321	583
Widerlegung derselben und Erklärung dieser Phänomene nach der Affinitätslehre	1322	585

Drittes Capitel.

Allgemeine Theorie der Electricität.

Vorläufige Betrachtungen und Hauptversuch über die Reibungselectricität	1325	588
Die Reibungselectricität ist ein Product der Oxydation	1326	591
Die + E ist Wärmestoff, die − E Lichtstoff	1327	592
Zustand des Wärmestoffs und Lichtstoffs als + E und − E	1329	595

	§.	Seite.
Allgemeine Ansicht der Thätigkeit der beiden imponderablen Stoffe in allen Beziehungen	1330	597

Siebenter Abschnitt.

Phänomene des Magnets.

Einleitung	1331	599

A. Phänomene einzelner Magnete.

Pole und Axen, Armirung, Tragkraft	1333	600
Die Anziehung des Magnets wirkt durch alle Körper	1337	602
Sie wird durch Temperaturerhöhung geschwächt	1338	603
Wirkungen der gleichnamigten und ungleichnamigten Pole	1339	603
Eisenfeilspähne über und unter einem Pole eines Magnets	1342	604
Jeder Magnet besteht aus unzähligen kleinen Magneten	1343	605
Gesetz der magnetischen Anziehung	1344	605
Verfertigung künstlicher Magnete	1346	607

B. Magnetismus der Erde.

Natürliche Lage der Magnetnadel. Polarität der Erde	1349	610
Declinationsnadel. Abweichungen	1353	612
Inclinationsnadel	1354	613
Verfertigung künstlicher Magnete ohne einem natürlichen	1355	613

C. Theoretische Ansichten des Magnetismus.

Eine magnetische Theorie fehlt uns noch	1357	615
Vergleichung des Magnetismus mit der Electricität	1358	616
Hypothesen über den Magnetismus einzelner Magnete	1361	617
Aeltere Hypothesen über den Magnetismus der Erde	1362	618
Die Erde ist kein Magnet, sondern wird ein Magnet wahrscheinlich durch die Einwirkung der Sonnenstrahlen	1363	618
Hypothese über die Ursache der Vertheilung des + M und des — M	1365	620
Die magnetischen Phänomene sind höchstwahrscheinlich das Resultat von Affinitätswirkungen	1367	621

Ueber diesen zweyten Band werden vorzüglich zum Nachlesen und Selbststudieren empfohlen:

Vollständige und auf Erfahrung gegründete Anweisung die Thermometer zu verfertigen, von J. F. Luz. Nürnberg 1787. 8.

Johann Heinrich Lambert's Pyrometrie oder vom Maaße des Feuers und der Wärme. Berlin 1779. 4.

Physicalisch-mathematische Abhandlung über das Ausmessen der Wärme, von Joh. Tob. Mayer. Frankfurt und Leipzig 1786. 8.

Ueber die Gesetze und Modificationen des Wärmestoffs, von Joh. Tob. Mayer. Erlangen 1791. 8.

Marcus Aug. Pictet's Versuch über das Feuer. Aus dem Franz. Tübingen 1790. 8.

Kurze Darstellung der vorzüglichsten Theorien des Feuers, dessen Wirkungsarten und verschiedene Verbindungen, von W. A. E. Lampadius. Göttingen 1793. 8.

Optica sive de reflexionibus, refractionibus et coloribus lucis libri tres. Auctore Isaaco Neutono. Latine reddidit Samuel Clarke. Ed. noviss. Lausannae et Genevae 1740. 4.

Opuscula varii argumenti. Auctore Leonhardo Eulero. Berolini 1746. 4.

Dr. Joseph Priestley Geschichte und gegenwärtiger Zustand der Optik. Aus dem Engl. von Georg Simon Klügel. 2 Thle. Leipzig 1776. 4.

Vollständiger Lehrbegriff der Optik, nach H. Robert Smith's Englischem, mit Aenderungen und Zusätzen ausgearbeitet, von Abraham Gotthelf Kästner. Altenburg 1755. 4.

Traité de la lumière — — et particulièrement dans l'étrange réfraction du cristal d'Islande par M. Christian Huygens. à Leyde. 1690. 4.

Ueber die Natur des Lichts. Zwey von der Kaiserl. Acad. der Wissenschaften zu Petersburg gekrönte Preisschriften, von Heinrich Friedrich Link und Placidus Heinrich. St. Petersburg 1808. 4.

Ingen-Houß's Versuche mit Pflanzen (in Rücksicht auf das Sonnenlicht), aus dem Franz. übersetzt von Joh. Andr. Scherer. Bd. I—III. Wien 1786. 8.

Recherches sur l'influence de la lumière solaire pour métamorphoser l'air fixe en air pur par la végétation, par Jean Sennebier. à Genève 1783. 8.

Recherches chimiques sur la végétation par Theod. de Saussure. Paris an XII 1804. 8.

Traité élémentaire de Chimie p. M. Lavoisier. sec. Edition. Tome I. II. Paris 1793. 8.

Herrn Lavoisier's physicalisch-chemische Schriften. Aus dem Franz. übersetzt von Christoph Ehrenfr. Weigel. Bd. I – V. Greifswalde 1783. 8.

Anfangsgründe der theoretischen und practischen Chemie zum Gebrauche für öffentliche Vorlesungen, von den Herren de Morveau, Marat und Durande. Aus dem Franz. von Christoph Ehrenfried Weigel. Bd. I – III. Leipzig 1779 bis 1780. 8.

Handbuch der theoretischen Chemie zu academischen Vorlesungen, von David Hieronymus Grindel. Dorpat 1808. 8.

System der theoretischen und praktischen Chemie in Tabellen, entworfen von A. F. Fourcroy. Herausgegeben von Dr. Christian Gotthelf Eschenbach. Leipzig 1801. Fol.

Beyträge zur chemischen Kenntniß der Mineralkörper, von Klaproth. Bd. I IV. Posen und Berlin 1805 1807. 8.

Versuche über die Wiederherstellung der Metalle, von Mde. Fulhame. Aus dem Englischen von A. G. Lentin. Göttingen 1798. 8.

Darstellung der neuen Untersuchungen über das Leuchten des Phosphors, von J. W. Ritter. Jena 1800. 8.

Carl Wilhelm Bückmann's Versuche über das Verhalten des Phosphors in verschiedenen Gasarten. Erlangen 1800. 8.

Des Herrn Guyton-Morveau allgemeine theoretische und praktische Grundsätze der chemischen Affinität, übersetzt von David Joseph Veit, mit Anmerkungen begleitet und herausgegeben von Dr. Sigismund Friedrich Hermbstädt. Berlin 1794. 8.

Philosophie chimique, ou verités fondamentales de la chimie moderne, par A. F. Fourcroy, sec. Ed. Paris an III. (1795.) 8.

Anfangsgründe der Stöchyometrie, von J. B. Richter, 1r und 2r Theil. Breslau und Hirschberg 1792, 1793. 8.

Essai de statique chimique, par C. L. Berthollet. Vol. I et II. Paris an XI. (1803.) 8.

Dr. Joseph Priestley's Versuche und Beobachtungen über verschiedene Gattungen der Luft. I – VI. Theil. Aus dem Engl. Wien und Leipzig. 1778 – 1787. 8.

Versuche und Beobachtungen über die Wärme der Thiere und die Entzündung verbrennlicher Körper, von Adair

Crawford, 3te Ausgabe. Aus dem Engl. von Lorenz Crell. Leipzig 1799. 8.

Abhandlung über die Natur und Eigenschaften der Luft und der übrigen beständig elastischen Materien, nebst einer Einleitung in die Chemie, von Tib. Cavallo. Aus dem Engl. übersetzt. Leipzig 1783. 8.

Recherches sur les modifications de l'atmosphaire, par J. A. De-Luc. Tome I. II. Genève 1772. 4.

Idees sur la météorologie, par J. A. De-Luc. Tome I. II. Paris 1787. 8.

Neue Ideen über die Meteorologie von J. A. De-Luc, 2 Thle. Berlin und Stettin 787. 8.

Versuch über die Hygrometrie durch Horaz Benedict de Saussure. Leipzig 1784. 8.

Ueber die Ausdünstung und ihre Wirkungen in der Atmosphäre, von Michael Hube. Bd. I. II. Leipzig 790. 8.

Vollständige Abhandlung der theoretischen und praktischen Lehre von der Electricität, nebst eigenen Versuchen von Tiberius Cavallo. Aus dem Engl. übersetzt. Dritte mit Zusätzen des Uebersetzers vermehrte Aufl. Leipz. 1785. 8.

Cuthbertso'ns Abhandlung von der Electricität, nebst genauer Beschreibung der dahin gehörigen Werkzeuge und Versuche. Aus dem Holländ. Leipz. 1786. 8.

Vollständige auf Versuche und Vernunftschlüsse gegründete Theorie der Electricität, von J. A. Heidmann. I. II. Bd. Wien 1799. 8.

Beyträge zur theoretischen Electricitätslehre, von Gli. Cp. Bohnenberger. Stuttgardt 1793 1795.

Lord Mahon's Grundsätze der Electricität. Aus dem Engl., übersetzt von J. F. Seeger. Leipzig 1789. 8.

H. Joseph Priestley's Geschichte und gegenwärtiger Zustand der Electricität. Aus dem Engl. übersetzt mit Anmerkungen, von Dr. Johann Georg Krünitz. Berlin und Stralsund 1772. 4.

Beschreibung einer ungemein großen Electrisirmaschine und der damit im teylerschen Museum zu Haarlem angestellten Versuche durch Martinus v. Marum. Aus dem Holländischen übersetzt. Leipzig 1786. Nebst Fortsetzung.

Des Herrn Benjamin Franklin Briefe von der Electricität, aus dem Engl. übersetzt, nebst Anmerkungen von J. L. Wilcke. Leipzig 1758. 8.

Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaser, von Alexander von Humboldt. Posen und Berlin. I. II. Bd. 1797. 8.

Der Galvanismus. Eine Zeitschrift vom Professor Weber. Landshut 1802. 8.

Alexander Volta's Schriften über Electricität und Galvanismus, aus dem Italien. und Franz. übersetzt von D. E. F. Nasse. Halle 1803.

Lettre de Mr. van Marum à Mr. Alex. de Volta contenant des expériences sur la colonne électrique faites par lui et Pfaff dans le laboratoire de Teyler. à Harlem 1801. 8.

Beyträge zur nähern Kenntniß des Galvanismus und der Resultate seiner Untersuchungen, herausgegeben von J. W. Ritter. Jena 1800. 8.

Theoretische und praktische Abhandlung der Lehre vom Magnet, mit eigenen Versuchen, von Tib. Cavallo. Aus dem Engl. übersetzt. Leipzig 1788. 8.

Mémoire sur les aimants artificiels par Mr. Antheaume. Paris 1760.

Recueil des mémoires sur l'analogie de l'électricité et du Magnetisme, par J. H. van Swinden. I — III. à la Haye 1784.

Geschichte der Physik seit der Wiederherstellung der Künste und Wissenschaften bis auf die neuesten Zeiten, von Johann Carl Fischer. 7 Bde. Göttingen 1801 — 1806. 8.

Systematische Darstellung aller Erfahrungen in der Naturlehre, entworfen von Joh. Rud. Meyer dem Jüngern, bearbeitet von mehrern Gelehrten. I. II. III. Bd. Arau 1807. 4.

Briefe an eine deutsche Prinzessin über verschiedene Gegenstände aus der Physik und der Philosophie. 3 Thle. 2te Auflage. Leipzig 1773 — 1776. 8.

Chemisches Wörterbuch von Martin Heinrich Klapproth und Friedrich Wolff. I — V. Band. Berlin 1807 — 1810. 8.

Physicalisches Wörterbuch, von Dr. Johann Carl Fischer. I — VII. Bd. Göttingen 1798 — 1806. 8.

Allgemeines Journal der Chemie, herausgegeben von Alexander Nicolaus Scherer. Bd. I — X. Leipzig 1798 — 1803.

Neues allgemeines Journal der Chemie. Bd. I — IV. Berlin 1803 — 1805. 8.

Journal für Chemie und Physik, von E. F. Buchholz, L. von Crell, S. F. Hermbstädt, W. H. Klapproth, J. B. Richter, J. W. Ritter, J. B. Trommsdorf, herausgegeben von Adolph Ferdinand Gehlen. Berlin 1806. 8.

Observations sur la Physique et sur l'histoire naturelle et les arts, par l'Abbée Rozier. Tom. I — LV. Paris 1774 — 1802. 4.

Die Abhandlungen verschiedener Akademien und sonstiger gelehrter Gesellschaften.

Dritter Abschnitt.

Phänomene der Wärme.

§. 682.

Die Wärme ist, im gemeinen Sinne des Worts, eine Empfindung, die wir durch das Gefühl erhalten. Ihr ist die Kälte entgegengesetzt. Beides also liegt ausser dem Gebiete der Physik. Wärme bedeutet aber im physikalischen Sinne den Zustand der Körper, in so fern sie jene Empfindung in uns erregen. Zuweilen, aber uneigentlich, bedeutet auch das Wort Wärme die physische Ursache dieses Zustandes der Körper. Diese Ursache entzieht sich, als Materie, unserm Auge, unsern Meßapparaten, unsern Wagen; sie läßt sich nicht in Gefäßen einschließen, nicht abwägen; dadurch entsteht manche noch nicht überwundene Schwierigkeit in der Kenntniß derselben. Indeß muß der Physiker das Meßbare, wo nicht unmittelbar an der Ursache der Phänomene der Wärme, doch an den Phänomenen selbst, sorfältig aufsuchen; denn ohne Maß giebt es keine Physik. Wir werden

daher zuerst die Mittel aufsuchen, die Veränderungen in der Wärme zu messen, dann die Gesetze der Mittheilung der Wärme mittelst des gefundenen Maßes erforschen, dann die Hauptveränderungen, welche in den Körpern vorzügliche Grade der Veränderung der Wärme erzeugen, kennen lernen; endlich, mit diesen Datis ausgerüstet, die Wärme in ihrer physischen Ursache betrachten. Dadurch zerfällt die Lehre der Wärme in vier Kapitel.

Erstes Kapitel.

Thermometrie.

§. 683.

Wenn dem Begriffe von Thermometrie vollständig Genüge geleistet werden sollte, so müßten wir das absolute Maß der Ursache der Wärme in den Körpern bestimmen können, wenigstens so wie wir den Inhalt eines Gefäßes oder das Gewicht eines Körpers bestimmen. Dieses würde voraussetzen, daß wir irgend einen Körper hätten, dem wir willkührlich Wärme geben und ganz entziehen könnten. Das Letztere aber findet nicht Statt; denn weder die natürlichen, noch die künstlichen Erkältungen zeigen uns Körper, von welchen wir behaupten dürften, daß die Abwesenheit der Wärme in ihnen absolut wäre. Vielmehr zeigen die künstlichen Erkältungen, welche weiter gehen, als diejenigen, welche wir in der Natur beobachtet haben, theils, daß der erkältete Körper nur seine Wärme mit dem erkältenden getheilt hat, theils, daß dem erkäl-

tenden die Ursache seiner Wärme nicht entzogen worden, sondern nur unthätig gemacht worden ist *), indem durch die Versetzung dieses Körpers in den Zustand einer großen Kälte seine verschwundene Wärme nicht in andere Körper übergegangen ist. Wir können also kein absolutes Maß der Wärme, d. h. kein geometrisches Verhältniß zwischen der Wärme zweier Körper finden, und unsre Thermometrie schränkt sich daher auf ein relatives Maß, d. h. auf die Kenntniß des arithmetischen Verhältnisses der Wärme zweier Körper ein.

§. 684.

Das allgemeinste Phänomen der Wärme in den Körpern ist, daß ihre Vermehrung die Körper dilatirt, ihre Verminderung hingegen sie condensirt. Dieses bestätigt sich durch alle Gattungen von Körpern, feste, tropfbar flüssige, elastisch flüssige. Zwar ist diese Dilatation und Condensation gewöhnlich dem Auge nicht sehr sichtbar, besonders bei den festen Körpern und den tropfbaren Flüssigkeiten. Allein sie läßt sich durch folgende Versuche auf eine entscheidende Art darstellen.

1) Eine Kugel, welche durch einen Ring eben durchfallen kann, fällt nicht mehr durch, wenn sie beträchtlich wärmer gemacht worden ist.

2) Wasser, Weingeist, Queckſilber ꝛc., welche in einer Kugel, die an einer engen Röhre angeschmolzen ist, erwärmt werden, nehmen einen

*) Man könnte fragen, wie eine Ursache unthätig gemacht werden kann, da keine Ursache ohne Wirkung seyn kann? Die Antwort ist, daß in diesen Versuchen die Ursache der Wärme zur Erzeugung eines andern Phänomens, als das der Wärme, verwandt worden ist.

größern Raum, als vorher, ein, welches an dem Stand der Oberfläche in der Röhre sichtbar ist.

3) Wenn man eine solche gläserne Kugel mit der engen Röhre, in welcher atmosphärische oder eine andere Luft sich befindet, erwärmt, und mit ihr die enthaltene Luft, indem man das Ende der Röhre in Wasser hält, verliert einen Theil ihrer Luft, welche man durch das Wasser entweichen sieht. Läßt man die Röhre erkalten, so steigt das Wasser in die Röhre, und erhitzt man die Kugel wieder, so wird das eingesogene Wasser wieder herausgetrieben.

4) Feste Körper, die eben noch in einer gewissen Flüssigkeit schwimmen, sinken in derselben, wenn sie erwärmt wird.

5) Füllt man das Instrument von Nr. 2. mit kaltem Wasser, und taucht es schnell in siedendes Wasser und zieht es eben so schnell zurück, so sieht man die Flüssigkeit in der Röhre erst fallen um $\frac{1}{2}$ bis 1 Linie, dann wieder steigen, weil das Glas schneller erwärmt worden, als die Flüssigkeit, und also der Raum der Kugel sich Anfangs erweitert hat.

§. 685.

Die Vermehrung des Volums, in den elastischen Flüssigkeiten durch die Wärme, wird stets von einer Vermehrung der Elasticität begleitet, ganz dem entgegen, was bei der Dilatation durch mechanische Mittel geschieht.

1) Erwärmt man eine mit Luft gefüllte Blase über ein Kohlenfeuer, so steigt die Elasticität der eingeschlossenen Luft bis zum Platzen der Blase.

2) Taucht man eine mit Luft und Queckſilber gefüllte maniottſche Röhre in warmes Waſſer, ſo wird durch dieſe Erwärmung die Luft dilatirt, und trägt nun eine höhere Queckſilberſäule. Soll die Luft in dieſem erwärmten Zuſtande auf ihr voriges Volum reducirt werden, ſo gehört dazu eine beträchtlich höhere Queckſilberſäule, deren Unterſchied zur vorigen die Vermehrung der erhöheten Elaſticität mißt.

§. 686.

Dieſe Erhöhung der Elaſticität der Luft durch Wärme macht es möglich, die Luft, welche von dem Waſſer eingeſaugt worden iſt, heraus zu treiben.

Verſuch mit einem dazu ſchicklichen Apparate.

Conſtruction dieſes Phänomens durch die Geſetze der Elaſticität des Gaſes und ſeiner Affinität zum Waſſer.

§. 687.

Gegen dieſen ſo bewährten Satz, §. 684., ſcheinen einige Erfahrungen zu ſtreiten, als z. B. das Schwinden des Holzes, der Töpferwaaren, der Ziegel, bei großen Graden der Hitze. Es geht ein Theil der Maſſe, der wäſſerichte Theil, verloren. Die Ausdehnung des Eiſes im Augenblicke des Frierens und die dabei entſtehende Entwickelung eines Theils der im flüſſigen Waſſer vorhandenen Luft wird in der Folge erklärt werden.

§. 688.

Auf dieſen Satz der Dilatation der Körper durch die Wärme und ihrer Condenſation durch die Kälte gründet ſich der Gedanke der Thermometer. Die zwei Haupterforderniſſe zu einem Thermometer

sind ein Körper, dessen Dilatation und Condensation gemessen werden könne, und eine Scale oder wirkliches Maß, welches die Veränderungen der thermometrischen Substanz messe. Im Grunde kann jeder Körper als thermometrische Substanz dienen. Allein man zieht gewöhnlich die Flüssigkeiten vor, weil ihre Ausdehnung größer und leichter zu messen ist, als die der festen Körper; auch ist das Volum des Instruments immer kleiner. Das Maß oder die Scale kann kein gewöhnliches Längenmaß seyn, sondern seine Einrichtung muß durch die Veränderungen, selbst der Wärme, bestimmt werden. Das Instrument muß anzeigen, um wie viel die thermometrische Substanz sich dilatirt oder condensirt zwischen zwei Zuständen der Wärme (feste Punkte), die man ohne Thermometer bestimmen kann. Sonst ist die Scale, d. h. die Sprache des Thermometers, unverständlich, weil wir die absolute Null der Wärme nicht kennen.

§. 689.

Cornelius Drebbel, ein Holländer, soll in der ersten Hälfte des siebzehnten Jahrhunderts das Thermometer erfunden haben. Um diese Zeit soll der berühmte, sehr philosophische Arzt Sanctorius schon ein Thermometer zur Prüfung der natürlichen Wärme seiner Patienten gebraucht (ein Gebrauch der sich leider in der heutigen Arzneikunde zum größten Schaden dieser Wissenschaft nicht erhalten hat), allein nicht öffentlich bekannt gemacht haben. Das Drebbelsche Thermometer besteht aus einer an einer engen Röhre angeblasenen Kugel. (Fig. I.) Die thermometrische Substanz ist die atmosphärische Luft. Das Instrument wird etwas erwärmt und dann mit

seiner unten offenen Röhre senkrecht in eine Schale mit Queckſilber geſtellt. Durch die Erkältung zieht ſich die Luft zuſammen und das Queckſilber ſteigt in der Röhre. Jede Veränderung in der Wärme muß alſo den Stand des Queckſilbers in der Röhre verändern. Willkührlich angebrachte Theile zeigten nur an, ob es wärmer oder kälter war, als vorher. Von feſten Punkten wußte Drebbel nichts; auch iſt dieſes Werkzeug den barometriſchen Variationen ausgeſetzt, mithin ſehr unſicher, gleichfalls in dieſer Geſtalt nur zur Anzeige der Wärme in der Luft brauchbar. Indeß läßt ſich dieſes Inſtrument zu Beobachtungen von kurzer Dauer, und wenn man bei der Erkältung nur einen Tropfen Queckſilber einſteigen läßt, beſonders um ſehr kleine Änderungen in der Wärme zu beobachten, vortrefflich brauchen, weil die Luft große Variationen für kleine Wärmeänderungen darin liefert.

§. 690.

Im Florentiner Thermometer (Fig. II.), welches die Academie del Cimento bekannt machte, wird die Kugel mit Weingeiſt gefüllt und die luftleer gemachte Röhre hermetiſch zugemacht. Dadurch war der barometriſche Einfluß aufgehoben und das Inſtrument zu allen Beobachtungen brauchbar gemacht. Man fühlte ſchon das Bedürfniß der feſten Punkte. Man nahm aber damals (in der Mitte des ſiebzehnten Jahrhunderts) nur einen an (die Wärme eines tiefen Kellers), machte aber willkührliche Grade. Erſt zu Ende des ſiebzehnten Jahrhunderts ſchlug Rinaldini, Profeſſor zu Padua, zwei feſte Punkte, die er durch frierendes und kochendes Waſſer beſtimmte. So lange dauerte es von der erſten

Erfindung an, bis man diesen Gegenstand geometrisch behandelte! Rinaldini nahm zwischen diesen festen Punkten 12 Grade an, die er, jeden besonders, durch Mischungen von frierendem und kochendem Wasser bestimmte. Alles, was seitdem zum Besten der Thermometer gethan worden ist, war Veränderung der thermometrischen Substanz und der Anzahl der Grade zwischen den festen Punkten, Vergleichung des Ganges der Thermometer mit dem Gange der Wärme und genauere Bestimmung der Rinaldinischen festen Punkte.

§. 691.

Amontons kehrte zur Luft, als thermometrische Substanz, zurück, vermuthlich der größern Grade wegen. Fig. III. stellt sein Instrument vor; die Röhre ist oben offen. Der untere Theil der Kugel D und ein Theil der Röhre ist mit Queckſilber gefüllt. Gienge das Queckſilber in der Röhre nur bis A, dem Niveau in der Kugel, während das Barometer auf 28″ steht, so wäre die Elasticität der Luft in der Kugel = 28″. Daher steht da die Zahl 28″ und von da aus, hinauf zu, die übrigen Zolle 29, 30 ꝛc. und ihre Theilung in Linien. Bei der in dem Instrumente vorhandenen Queckſilbermenge stand das Queckſilber, wenn die Kugel in siedendem Wasser stand, bei dem Striche 73″, in frierendem Wasser aber, bey 51½, so daß zwischen diesen festen Punkten die Scale 21½ Zoll betrug, welches also 258 Theile von 1‴ Länge liefert. Zur Beobachtung der Wärme mußte also eine Correctur nach dem Barometerstande gemacht werden, wenn das Barometer nicht gerade auf 28″ stand. Als Thermometer ist dieses Instrument seiner

großen Länge von 4' wegen wohl nicht zu brauchen; aber es dient vortrefflich als Manometer, um die Elasticität der Luft unter verschiedenen Graden von Wärme zu messen.

§. 692.

Zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts erschien Fahrenheit's Thermometer, Anfangs von Weingeist, dann von Queckſilber, Anfangs mit der Blutwärme, dann mit dem ſiedenden Waſſer, als zweytem feſten Punkte. Zum erſten oder unterm feſten Punkte nahm Fahrenheit die Kälte von 1709 zu Danzig an, welche er durch eine Miſchung von gleichen Theilen Schnee und Salmiak künſtlich hervorzubringen gelernt hatte. Da er fand, daß wenn das Volum des Queckſilbers, in jene Miſchung getaucht, in 11124 gleiche Theile getheilt wird, es um 212 ſich vermehrt, wenn das Inſtrument in ſiedendes Waſſer getaucht wird, ſo theilte er ſeine Scale zwiſchen dieſen feſten Punkten in 212 gleiche Theile. Der Frierpunkt des Waſſers war 32, wenn er für die Kälte von 1709 die 0 geſetzt hatte, und für das Sieden des Queckſilbers war der Grad 600. Dieſes iſt der Grund der noch ſehr üblichen Fahrenheitſchen Scale.

§. 693.

Reaumur nahm für die thermometriſche Subſtanz reinen Weingeiſt mit $\frac{1}{5}$ Waſſer, und fand, daß dieſe Miſchung ſich zwiſchen dem Frier- und Siedpunkte des Waſſers um $\frac{80}{1000}$ ausdehnt, wenn ihr Raum beim Frierpunkte des Waſſers = 1000 angenommen wird. Daher ſetzte er für ſeine Scale beim Frierpunkte des Waſſers 0 und bei dem Siedpunkte

80; dieses ist der Grund der noch allgemeiner verbreiteten Reaumurschen Scale.

§. 694.

Seit Fahrenheit und Reaumur haben sich die Scalen und die Methoden, sie zu verfertigen, sehr vervielfältigt, eher zum Nachtheil, als zum Nutzen der Thermometrie. Der zweckmäßigste Vorschlag ist der, den Celsius in Upsala und Christin in Lyon gemacht haben, sich um das Ausdehnungsverhältniß der thermometrischen Flüssigkeit nicht zu bekümmern, sondern den Raum der Scale zwischen den festen Punkten des frierenden und des kochenden Wassers in 100 gleiche Theile zu theilen. Neuton, der sich nie ohne Nutzen um einen Gegenstand der Physik bekümmerte, hatte schon einen ähnlichen Gedanken; übrigens hielt er noch mit allen damaligen Naturforschern die Thermometergrade für absolute Grade der Wärme, welches voraussetzt, daß er die Aqua gelida für ganz entblößt von Wärme hielt. In Danzig bekam Fahrenheit etwas bessere Begriffe. Hätte Neuton in Petersburg gelebt, so hätte gewiß die Thermometrie schon damals ihre jetzige Vollkommenheit erhalten. Da das Übel der vielen Scalen nun schon eingerissen ist, so bleibt dem Physiker nichts übrig, als Reduction der Beobachtungen auf die Scale, die er selbst gewöhnlich braucht. Dazu kann folgende Formel eine allgemeine Anleitung geben: Es seyn A und B die Abstände zwischen den festen Punkten für 2 Thermometer, die mit gleichen festen Punkten graduirt sind, in Zahlen ausgedrückt; a und b die Zahlen, welche bei dem einen der festen Punkte stehen; x und y die Zahlen bei zwei andern übereinstimmenden Punkten. Die Zahl

der Grade zwischen x und a und zwischen y und b müssen sich verhalten wie A und B. Folglich $x - a : y - b = A : B$; also $x = a + \frac{A}{B}(y - b)$ und $y = b + \frac{B}{A}(x - a)$. Dabei ist aber zu bemerken, daß wenn für eine Scale, wie z. B. die de l'Isleſche, die Grade aufwärts abnehmen, das zweite Glied der Gleichung negativ genommen werden muß.

§. 695.

Den zu Ende des 689sten §. angezeigten Gebrauch der Luft abgerechnet, sind Weingeist und Queckſilber die thermometrischen Subſtanzen, auf welche der Phyſiker ſich einſchränkt. Aber es frägt ſich mit Recht, welche von beiden den Vorzug verdient. Die Haupteigenſchaften eines guten Thermometers ſind folgende vier. 1) Gleichförmigkeit des Ganges deſſelben mit der Wärme. 2) Empfindlichkeit oder ſchnelle Anzeige der Wärmegrade. 3) Weite Gränzen der Brauchbarkeit. 4) Große Ausdehnung der Subſtanz, um große Grade zu bekommen. Betrachten wir den Weingeiſt und das Queckſilber nach dieſen vier Rückſichten, ſo wird es ſich von ſelbſt ergeben, welche dieſer Subſtanzen den Vorzug verdient und in welchen Fällen.

§. 696.

Von einem Thermometer könnte man fordern, daß ſeine Grade mit den wirklichen Graden der Wärme parallel gingen. Allein keine bisher bekannte Flüſſigkeit leiſtet dieſes, weil beim Sieden und Frieren die Flüſſigkeiten ſich ganz anders ausdehnen oder auch zuſammenziehen, als zwiſchen dieſen Punkten; und der Einfluß dieſer Unregelmäßigkeit an den genannten

Punkten sich zwischen diesen Punkten noch fühlen läßt, in ihrer Nähe am meisten. De Luc hat diesen Satz durch Versuche auſſer allem Zweifel gesetzt, indem er durch Rinaldini's Methode die Grade seiner Thermometer prüfte. Aus diesen Versuchen ergab es sich, daß das Queckſilber zwar nicht einen ganz harmoniſchen Gang mit der Wärme hält, aber daß es sich, wenigſtens in den Temperaturen über den Frierpunkt des Waſſers, näher an den Gang der Wärme hält, als viele andre Flüſſigkeiten, namentlich als der Weingeiſt, und zwar aus dem Grunde, weil sein Siedpunkt viel weniger Wärme erfordert, als der des Queckſilbers. Dagegen aber friert das Queckſilber früher, etwa bei — 32° R.; dahingegen man den Frierpunkt des reinen Weingeiſtes noch nicht kennt, d. h. tiefer steht, als alle uns bekannte natürliche und künſtliche Kälte. Mithin muß für eine große Kälte der Weingeiſt sich wiederum mehr dem Gange der wirklichen Wärme nähern, als das Queckſilber. Dem obigen Satze zufolge müßte jede Flüſſigkeit in der Mitte zwiſchen ihrem Siedpunkte und Frierpunkte mit dem Gange der Wärme vollkommen harmoniren, und es wäre der Mühe werth dieſes durch Verſuche zu beſtimmen. *) Die Beobachtungen de Luc's, daß der Gang des Queckſilbers in der von ihm beobachteten Temperatur gegen den Gang der Wärme abnehmend sey, spricht für diesen Satz; denn die Gleichförmigkeit könnte nur in der Nähe von 142⅔ Grad nach der Sotheiligen Scale Statt finden, über welchen Punkt

*) Dabei muß man übrigens die Ausdehnung des Glaſes in Anſchlag nehmen, welche das Steigen der Flüſſigkeit vermindert.

hinauf der Gang des Queckſilbers zunehmend werden müßte. Dieſe Betrachtungen zeigen übrigens, daß Thermometer von verſchiedenen Subſtanzen, obgleich mit gleichnamigten Scalen, nicht gleiche Grade der Wärme anzeigen.

§. 697.

Die Empfindlichkeit eines Thermometers iſt in vielen Fällen nicht minder weſentlich, als die Gleichförmigkeit ſeines Ganges, weil die Körper, deren Wärme geprüft werden ſoll, ſie jeden Augenblick verändern, wenn ſie in einem Mittel ſich befinden, das eine andre Wärme hat. Die Materie, welche die Wärme des zu prüfenden Körpers am leichteſten annimmt, iſt alſo die beſte; in dieſer Rückſicht geht das Queckſilber dem Weingeiſte weit vor. Übrigens muß ein Thermometer deſto empfindlicher ſeyn, je kleiner ſeine Maſſe iſt (die der Glaskugel ſelbſt abgerechnet), weil eine dicke Maſſe langſamer von der Wärme durchdrungen wird, als eine dünnere. Auch in dieſer neuen Rückſicht verdient das Queckſilber den Vorzug, da ſich Thermometer mit kleinen Kugeln beſſer mit Queckſilber, als mit Weingeiſt machen laſſen.

§. 698.

Die Ausdehnung des Gebrauches iſt auch ein weſentlicher Vortheil; ſie wird durch die Grade der Wärme beſtimmt, bei welchen die thermometriſche Flüſſigkeit ſiedet und friert. Das Queckſilber liefert eine größere Ausdehnung, als der Weingeiſt, über den Frierpunkt des Waſſers, umgekehrt aber der Weingeiſt unter dieſem Frierpunkte.

§. 699.

Endlich iſt die abſolute Ausdehnung der thermo-

metrischen Flüssigkeit, in so fern sie größere oder kleinere Grade liefert, mithin die Theile der Grade mit mehr oder weniger Genauigkeit zu beobachten erlaubt, auch von Wichtigkeit. In dieser Rücksicht hat der Weingeist den Vorzug, da seine Ausdehnung zwischen den festen Punkten 0,087, die des Queckſilbers aber nur 0,016 bis 0, 18, ausmacht.

§. 700.

Die genaue Bestimmung der festen Punkte ist wesentlich. Die jetzt allein üblichen sind der Frierpunkt des Wassers und dessen Siedpunkt. Allein die Festigkeit dieser Punkte ist nicht so absolut, daß nicht manche Irrthümer Statt finden könnten. Das Gefrieren des Wassers kann unter gewissen Umständen beträchtlich retradirt werden. Daher wählt man das Schmelzen des Schnees, welches immer unter einerlei Grade der Wärme Statt findet. Das Sieden des Wassers ist vom Barometerstande abhängig; man nimmt einen Barometerstand von 28 Pariser Zoll als Normalstand an; und muß man seine Thermometer unter andern Barometerständen graduiren, so muß man seiner Scale, vor ihrer Eintheilung, eine Correctur anbringen, welche sich darauf gründet, daß bei kleinen Barometerveränderungen die Änderungen des Barometers und des Siedpunkts nahe zu einander proportional sind. Der Fundamentalversuch, nach den Resultaten einer von der Königl. Societät zu London dazu ernannten Commission, zur Berechnung ist, daß in der Gegend von 28″ Par. Z. Barometerhöhe der Siedpunkt sich um $\frac{1}{1000}$ der Länge zwischen den festen Punkten ändert, wenn der Barometerstand sich um 0,107 Par. Z. ändert, welches bei-

nahe $\frac{3}{4}$ Grad der 80theiligen Scale auf 1 Zoll Barometerhöhe ausmacht. *) Dabei muß das Thermometer nicht im siedenden Wasser, welches einigen Unterschieden im Grade der Wärme ausgesetzt ist, sondern ein paar Zolle darüber im Dampfe, in einem verschlossenen Gefäße, welches im Deckel nur eine kleine Öffnung hat, graduirt werden.

Von den nöthigen Vorsichten bey der Construction der Thermometer wird das Vorzüglichste in den Vorlesungen erwähnt.

§. 701.

Man hat es versucht, feste Körper zur thermometrischen Substanz zu nehmen, wozu die Metalle am geschicktesten sind. Allein die weit kleinere Ausdehnung der Metalle und die Unmöglichkeit, den Kunstgriff, den man bei dem Thermometer mit Flüssigkeiten angewandt hat, die Ausdehnung beträchtlicher Massen durch Ergießung der Flüssigkeit in enge Röhren sehr sichtbar zu machen, auf feste Körper anzuwenden, an dessen Stelle man die Vervielfältigung durch Hebel, Räderwerk und Zeiger, ohne denselben Nutzen in Rücksicht auf Regelmäßigkeit und Genauigkeit, gesetzt hat, so wie auch die übermäßige Größe dieser Instrumente, werden immer diese Instrumente mehr zu Gegenständen der Neugierde als des wirklichen Nutzens machen. Zu den vollkommensten Werkzeugen dieser Art gehört das von Fitzgerald mit 4 Zinkstangen von 2 bis 3 Fuß Länge, deren erste auf einem festen Punkte befestigt ist, die andern aber fortlaufend durch ungleichartige Hebel damit in Verbindung stehen, die

*) Die Phänomene, welche auf die Bestimmung der festen Punkte Einfluß haben, werden im dritten Kapitel näher betrachtet werden.

letzte noch überdies, mittelst eines über eine kleine Rolle gespannten Fadens, einen langen Zeiger führt. Der Gang dieses Metallthermometers soll sich zwischen dem der Weingeist- und der Queckſilberthermometer halten. *)

§. 702.

Ungleich wichtiger ist Wedgwood's Pyrometer zur Messung hoher Grade von Hitze, welche Flüssigkeiten und sogar Metalle nicht aushalten können. Dieser Physiker hatte bemerkt, daß eine gewisse Thonmischung die Eigenschaft habe, sich im Feuer zusammen zu ziehen und bei plötzlichem Erkalten sich nicht wieder auszudehnen. Es kam also nur darauf an, bei kleinen Thonkörpern die Zusammenziehung, welche durch verschiedene Grade von Hitze erzeugt worden war, zu messen. Zwei der Länge nach sehr genau abgetheilte messingene Lineale, welche auf eine gleichfalls messingene Platte so befestigt sind, daß sie, wenn sie verlängert wären, an einem Ende zusammen liefen und am andern Ende weit genug abstehen, um den kleinen Thonkörper zwischen

*) Sinnreich, aber deswegen nicht brauchbarer, sind die Metallthermometer in Form einer Taschenuhr, wovon ich ein Exemplar gesehen habe. Die thermometrische Substanz ist eine beinahe kreisförmig gebogene Feder, die aus zwei an einander liegenden Federn, die eine von Stahl, die andere von Messing, besteht, letztere inwendig der Krümmung. Durch die ungleiche Ausdehnung der beiden Metalle muß sich die Feder bei größerer Wärme etwas öffnen, bei geringerer etwas schließen. Das freie Ende der Feder führt ein Stück eines gezahnten Rades, das in einen kleinen Trilling greift. Der Trilling führt einen Zeiger, welcher auf einem auf der Rückseite befindlichen Zifferblatte die Grade anzeigt. Von der Regelmäßigkeit dieses Instruments kann ich nichts sagen, aber es ist sehr träge.

sich aufzunehmen, liefern ein bequemes und sicheres Mittel zu dieser Messung. Der Wärmepunkt, den Wedgwood für seine o nimmt, ist der, da das Eisen bei Tage roth zu glühen anfängt, und correspondirt mit 1000 der Fahrenheitschen Scale. Seine Scale hört auf bei 240, welches mit 32277 der Fahrenheitschen Scale correspondirt; welches also 1° W. = 130$\frac{1}{2}$ F. ausmacht. Das Kupfer schmelzt bei 28, Gold bei 32, Eisen bei 130 bis 150, Platina bei 240.

§. 703.

So wichtig dieses Wedgwoodsche Pyrometer ist, um sehr hohe Grade der Hitze zu messen, so giebt es doch kein Mittel, seinen Gang zu prüfen, den man für harmonirend mit der Wärme keineswegs zu halten berechtigt ist, bis das Instrument sich durch vergleichende Versuche als regelmäßig gezeigt haben wird. Auch ist's nicht zu leugnen, daß die angeführten Grade der Hitze zur Schmelzung der Metalle nicht immer gleich befunden worden sind.

§. 704.

Ausser den Anwendungen des Thermometers im gemeinen Leben zur Bestimmung der Wärme des Medium, in welchem wir und alle organischen Geschöpfe leben, ausser den Anwendungen desselben, welche so oft in den technischen Künsten vorkommen und noch öfters vorkommen sollten, ist der Gebrauch dieses wichtigen Instruments in der Physik und Chemie beinahe allgemein. Wenige Experimente können in dieser Wissenschaft mit gehöriger Genauigkeit ohne Thermometerbeobachtungen Statt finden, welchen wir ausserdem alles verdanken, was wir von den Phäno-

menen der Wärme wissen. Da die Wärme alle Körper ausdehnt, mithin ihr specifisches Gewicht verändert, so können demnach nur Thermometerbeobachtungen uns die wahre Quantität von Materie in einem gemessenen Volum genau bestimmen.

§. 705.

Die tropfbaren Flüssigkeiten dehnen sich, wie oben schon bemerkt worden, nicht um gleiche Theile unter gleichen Graden der Vermehrung ihrer Wärme, und jede derselben hält ihren ihr eigenthümlichen Gang, über welchen aber uns noch hinlängliche Tabellen fehlen. Folgende Flüssigkeiten dehnen sich zwischen den festen Punkten, wenn ihr Raum beim Frierpunkte des Wassers = 1 gesetzt wird:

Queckſilber um	0,01850.	nach de Luc
" "	0,01680	" Roy
Waſſer "	0,04517	" de Luc
Weingeiſt "	0,08700	" " "
Leinöhl "	0,07200	" " "

Als Beispiel von der Wichtigkeit solcher Data dienen die Veränderungen, welche das Barometer durch die Wärme erleidet; nach de Luc macht 1° Fahrenheit eine Änderung von $\frac{1}{30}$ Par. Linien oder 1° der 80theiligen Queckſilberscale $\frac{3}{40}$ Par. Linien am Stande des Barometers, bei einer Höhe von 27 Par. Zoll.

§. 706.

Vergleicht man die Versuche Amontons, Lambert's, Schmidt's, Gay-Luſſac's, Dalton's und Anderer über die Dilatation der elaſtiſchen Flüſſigkeiten durch die Wärme, so ergiebt sich der Satz, daß, so weit diese Versuche reichen, und wofern kein tropfbares Waſſer mit ihnen in Berührung steht (die Gaſe

mögen trocken oder feucht seyn), alle Gase unter gleichem Drucke und Volum sich um gleich viel durch gleiche Erwärmung ausdehnen, oder daß die Dilatationen im Verhältnisse der Erhöhung der Wärme sind. Nach Gay-Lussac's Versuchen, den genauesten von allen, beträgt sie zwischen den festen Punkten 0,375. Fügt man die Gilbertsche Correctur für die Ausdehnung des Gases hinzu, so hat man beiläufig 0,380 oder für jeden Grad der 80theiligen Scale des Quecksilberthermometers 0,0469 und 0,0475. Wenn wir diesen Satz als allgemein durch alle Grade der Erkältung geltend machen wollten, so würde daraus folgen, daß jede Luftart bei der völligen Abwesenheit von Wärme gar kein Volum einnähme, und daß folglich die Grade der Wärme, durch Luftthermometer gemessen, absolute Grade der Wärme seyn würden, welches auch Amontons, Lambert, Dalton und Gilbert annehmen. Allein was berechtigt uns anzunehmen, daß ein gegebenes Luftvolum ganz oder beinahe auf Nichts reducirt werden könne? Müssen wir nicht vielmehr aus dem, was wir von der Unregelmäßigkeit der Ausdehnungsgrade der tropfbaren Flüssigkeiten wissen, eher schließen, daß die beobachtete Regelmäßigkeit in den Gasen nur innerhalb gewisser Gränzen wahr ist, und daß die Gase sich hierin von den tropfbaren Substanzen dadurch nur unterscheiden, daß die Gränzen, wo ihre Unregelmäßigkeit in ihrer Ausdehnung für uns merklich zu werden anfängt, viel weiter zurückstehen, als die der tropfbaren Flüssigkeiten? Wie klein ist die Sphäre unsrer thermometrischen Beobachtungen, besonders unter dem Frierpunkte des Wassers!

Versuche über die Ausdehnung der Gase in einer Barometerröhre, nach Dalton's Methode.

§. 707.

Zur Messung der Ausdehnung der festen Körper durch die Wärme, haben Muschenbrök, Bouguer und Andere Vorrichtungen erfunden, denen man mit Unrecht den Namen Pyrometer gegeben hat. Die beste ist von Smeaton. Die zu prüfende Stange ist bei einem Ende an einem festen Punkte, im Wasserbade, befestigt; am andern aber an einen ungleicharmigten Hebel, dessen längerer Arm an einer Micrometerschraube anliegt, welche vorgeschraubt wird, bis man ihr Anliegen am Ende des Hebels fühlt.*) Setzt man die Länge eines Stabs bei dem Frierpunkte des Wassers = 1, so ist seine Ausdehnung bis zum Siedpunkte:

Glas	0,00083	nach	Smeaton
Gold	0,00094	"	Bouguer
Stahl	0,00122	"	Smeaton
Eisen	0,00125	"	"
Kupfer	0,00170	"	"

*) Folgende Verbesserungen, welche ich an einem solchen Instrumente, welches ich für das hiesige physik. Cabinet verfertigen ließ, angebracht habe, werden nicht unwichtig erscheinen. Anstatt der hölzernen Stange Smeaton's zur Unterlage, habe ich eine eiserne starke Stange, die während des Versuches in einem Bade von schmelzenden Schnee sich befindet. Die Stellung der Schraube wird nicht durch das Gefühl bestimmt, sondern durch den Fall einer stählernen Platte, welche auf dem scharf zugespitzten Ende der Schraube vorher ruhet, und andere mehr. Das Holz dehnt sich zwar nicht merklich durch die Hitze aus, aber krümmt sich gewiß durch die ungleiche Wärme, die von dem Kessel auf seiner obern Fläche strahlt, und die Stellung der Schraube durch das Gefühl ist unsicher und langsamer, als durch den Fall einer Klappe.

Silber	0,00189	nach Herbert
Messing	0,00193	= Smeaton
Zinn	0,00248	= =
Blei	0,00286	= =

Auf dieser Kenntniß der Ausdehnung der Metalle in verschiedenen Graden der Wärme, beruht die richtige Bestimmung des cubischen Inhalts der Gefäße, die Regelmäßigkeit des Gangs der Uhren durch die Compensationspendel und Balanciers, die Genauigkeit der Längenmaße ꝛc. So ist's auch bekannt, daß das Stangenwerk an der hydraulischen Maschine zu Marly nach den Jahrszeiten verlängert oder verkürzt werden muß.

§. 708.

Wenn die Erwärmung oder Erkältung eines Körpers nur partiell geschieht, so entstehen aus den ungleichen Ausdehnungen und Spannungen besondere merkwürdige Phänomene. Die festen Körper werden spröder und die an sich schon spröden werden es auf das Aeusserste, so daß der geringste Eindruck sie zerbrechen kann.

Versuche mit Glastropfen, mit der Bologneserflasche ꝛc.

Hieher gehört das freiwillige Zerspringen von Glasröhren und Glasgefäßen, welche nicht langsam abgekühlt worden sind. Eine bloße Erschütterung, eine sehr schnelle Änderung der Wärme der Luft, kann dieses Phänomen erzeugen. So auch das durch zu schnelle Erhitzung eines gläsernen oder thönernen Gefäßes erfolgende Springen desselben.

§. 709.

In den Flüssigkeiten entstehen Ströhmungen,

wenn sie ungleichen Erwärmungen ausgesetzt sind, und dieses ist eigentlich immer der Fall, da wir keine Masse in allen ihren Theilen gleich und gleichzeitig erwärmen können. Die früher und stärker erwärmten Theile werden specifisch leichter, steigen in die Höhe, und werden durch die kältern ersetzt. In den elastischen Flüssigkeiten sind diese Ströhmungen am merkbarsten, weil die Gase durch die Wärme am ausdehnbarsten sind. Unsre Schornsteine und Zugöfen liefern tägliche Beispiele davon, und ihre Wirkungen erklären sich vollkommen daraus; so wie auch das Paradoxon, daß die äussere Mündung einer Rauchröhre unterhalb der Heitzmündung, welche die frische Luft liefert, wohl seyn kann, ohne daß der natürliche Luftzug aufhöre oder entgegengesetzt wirke.

Versuch mit einem hohlen Cylinder, der von aussen erwärmt wird, und dadurch eine Luftströhmung erzeugt wird, die sich am Windrade zu erkennen giebt.

Sind zwei eingeschlossene Portionen Luft, deren eine wärmer ist als die andere, durch eine beträchtliche Öffnung mit einander in Communication, so entstehen zwei Ströhmungen, der wärmern Luft nach oben zu dem kältern Behältnisse und der kältern umgekehrt. In der Mitte der Öffnung ist keine Ströhmung.

Franklin's Versuch mit dem Lichte in der Thüre zwischen einem geheitzten und ungeheitzten Zimmer.

§. 710.

In den tropfbaren Flüssigkeiten sind die Ströhmungen nicht so merklich, aber nicht desto weniger

vorhanden. Der Graf Rumford hat durch Körperchen, die er von gleichem specifischen Gewichte, als die Flüssigkeit, zu machen sich bemühte, diese Ströhmungen deutlich gezeigt. Am leichtesten und vollkommensten sieht man sie durch folgenden Versuch:

† Man lege zwey Flüssigkeiten von etwas verschiedenem specifischen Gewichte über einander, nachdem man die untere etwas gefärbt hat, und stelle das Gefäß in warmes Wasser, beinahe so tief, als die untere Flüssigkeit reicht. Bald wird man diese gefärbte Flüssigkeit an den Seiten des Glases hinauf, die obere aber gegen die Mitte herab, steigen sehen. Soll dieser Versuch gelingen, so muß der Unterschied an specifischem Gewichte in den übereinander liegenden Flüssigkeiten nicht größer seyn, als dasjenige, was die untere Flüssigkeit durch Erwärmung verliert, welches der Engländer Thompson versehen hatte, um das Nichtdaseyn der Ströhmungen zu beweisen.

Zweites Kapitel.

Von der Mittheilung der Wärme.

§. 711.

Die alltägliche Erfahrung zeigt, daß wenn ein Körper in Berührung oder nur in die Nähe eines wärmern oder eines kältern kommt, er selbst wärmer oder kälter wird. Wenn dieses nicht bloß für beträchtliche Grade der Hitze, sondern auch für die kleinsten Grade der Wärme gilt, so folgt daraus, daß jeder Körper,

welche Wärme er auch haben möge, so viel an den umgebenden abgeben oder von ihnen erhalten muß, bis die Wärme dieses Körpers und die der umgebenden gleich ist. Wir überzeugen uns davon durch das Thermometer, welches den Betrug, den unser Gefühl uns zuweilen spielt, berichtiget. Dieser gemeinschaftliche Grad der Wärme solcher bei einander liegender Körper, welche einander ihre Wärme mittheilen, heißt die Temperatur dieser Körper, die sehr verschieden seyn kann, und von der Temperatur des allgemeinen Mittels, in welchem wir und unsre Körper sich befinden, sehr abhängig ist. Diese gemeinschaftliche Temperatur hat viel Ähnliches mit dem Gleichgewichte der Flüssigkeiten, da man den Grad der Temperatur als das gemeinschaftliche Niveau gern ansieht. Allein man muß aus diesem Phänomene, das auf Gleichgewicht deutet, nicht mehr folgern, als es enthält. Da dieses Gleichgewicht nur durch das Thermometer angezeigt wird, so kann es nur so viel bedeuten, als daß die Wärme in den Körpern von gleicher Temperatur ein gleiches Bestreben sie auszudehnen äussert; und soll das obige Gleichniß durchgeführt werden, so muß man sich erinnern, daß verschiedene Flüssigkeiten auch mit einander im Gleichgewichte stehen können, aber alsdann gerade zu ungleichen Höhen stehen.

§. 712.

Die Temperatur der umgebenden Körper theilt sich nicht allen Körpern, auch wenn sie von gleicher Größe und Figur sind, in gleichen Zeiten, sondern für jede Art von Körpern in eigenthümlichen Zeiten mit.

Versuche mit verschiedenen Flüssigkeiten in siedendem Wasser, unter gleichen Portionen und

in gleichen Gefäßen getaucht und dann in die Luft gehangen. Sowohl für die Erwärmungen, als auch für die Erkältungen, zeigen sich die Zeiten verschieden.

Ein dünner Holzspan kann bis sehr nahe am Finger abbrennen, ein dünnes Stück Glas kann nahe am Finger vor dem Löthrohre schmelzen, ohne daß man sich den Finger verbrenne; dahin hingegen ein Metalldrath noch lange nicht die Glühhitze erhalten hat, da er schon nicht mehr mit den Fingern gehalten werden kann.

§. 713.

Diese schnellere oder langsamere Fortpflanzung der Wärme in und ausser dem Körper bestimmt die Leitungsfähigkeit für die Wärme. Ein gewisser Körper ist demnach ein desto besserer Leiter der Wärme, je schneller er unter gleichen Umständen erwärmt und erkältet wird, und seine Leitungsfähigkeit ist im umgekehrten Verhältnisse der dazu nöthigen Zeit.

§. 714.

Um demnach die Leitungsfähigkeit der Körper zu untersuchen, bedarf es nur eines schicklichen Verfahrens zu ihrer Erwärmung und ihrer Erkältung und einer genauen Beobachtung der Zeiten. Aber dieses schickliche Verfahren ist schwer, wo nicht unmöglich, zu erfinden, wenn man dabei die Entdeckung eines Gesetzes oder genaue Bestimmung von Zahlverhältnissen beabsichtigt. Die Schwierigkeiten liegen vorzüglich darin, daß das umgebende Mittel bei der Erwärmung des Körpers von seiner Wärme verliert und nicht in einer unendlich kurzen Zeit wieder gewinnt, bei der Erkältung aber ge-

winnt und nicht eben so schnell wieder verliert; welcher Umstand durch die Ströhmungen noch viel verwickelter wird. Indeß sind die Versuche Richmann's, Ingenhouß's, Rumford's, Mayer's und Leslie's hinlänglich, um uns das Verhalten verschiedener Körper in dieser Hinsicht anzuzeigen, woraus folgt, daß die Metalle unter allen festen Körpern die besten Leiter sind, und zwar in folgender Ordnung: Platina, Blei, Gold, Silber, Zinn, Eisen, Kupfer, Messing. Dann: Steine, Holz, Seide, Haare, Harz, Glas, Asche, Kohle, Lampenschwarz. Für die Flüssigkeiten ist die Reihe: Queckssilber, Leinöhl, Wasser, atmosphärische Luft. Von der Luft hat Pictet gezeigt, daß trokkene besser leite, als feuchte, und leerer Raum am besten. *)

*) Der Herr Hofrath Meyer zu Göttingen theilt folgende Resultate aus seinen Versuchen über die Leitungsfähigkeit der Körper, in seinen Anfangsgründen der Naturlehre, mit:

Wasser . .	1,00	Queckssilber . .	2,12
Blei . .	2,50	Leinöhl . . .	1,80
Messing .	1,02	Essig	0,99
Kupfer . .	0,97	Ebenholz . . .	2,17
Eisen . .	1,02	Lindenholz . .	3,90
Zinn . .	1,67		

woraus zu folgern wäre, daß die Holzarten im Durchschnitt besser leiten als die Metalle. Allein diese Zahlen sind anders zu verstehen. Der Hr. Verfasser nimmt in seinen zwei gründlichen Abhandlungen über das wärmeleitende Vermögen der Körper, Annal. d. Physik, 3ter und 4ter Bd., an, daß das wärmeleitende Vermögen im umgekehrten Verhältniß der Dichtigkeit (und der specifischen Wärme, wovon nachher die Rede seyn wird) sey. Demnach muß man, wie bei der Elasticität, eine absolute und eine specifische Leitungsfähigkeit statuiren. Die Zahlen der Mayerschen Tabelle müßten also noch mit den specifischen Gewichten multiplicirt werden, um die absolute Leitungsfähigkeit, von welcher in dem obigen §. die Rede ist, auszudrücken, da sie eigentlich die specifische Lei-

In den Vorlesungen wird von den dazu gebrauchten Vorrichtungen das Nöthige beigebracht.

Versuche mit Rumford's Passagethermometer.

§. 715.

Fragt man nach dem Gesetze der Erkältung eines Körpers, so antworten Neuton und Lambert, daß die Wärme in gleichen Zeiten nach einer geometrischen Reihe abnehme, weil sie voraussetzen, daß bei unveränderter Temperatur des Mittels (die man immer $= o$ setzen kann), wenn der warme Körper im ersten Augenblicke $\frac{1}{n}$ seiner Wärme abgiebt, er im zweiten Augenblicke $\frac{1}{n}$ seiner übrigen Wärme abgeben wird; woraus die Reihe für die wirklichen Wärmen des Körpers erfolgt: a, $\frac{n-1}{n}a$, $\frac{(n-1)^2}{n^2}a$, $\frac{(n-1)^3}{n^3}a$, wenn a die Temperatur des Körpers zu Anfange bedeutet. Allein nichts berechtigt uns zur Annahme des letzten Satzes, der im Grunde voraussetzt, daß die Wärme eines Körpers in einer unendlich kleinen Zeit von seiner Mitte nach dem Umfange sich fortpflanze, ganz der Erfahrung zuwider. Vielmehr waltet offenbar hier ein arithmetisches Verhältniß ob. Denn es sey, Fig. IV., A der warme Körper, B der erkaltende; sobald die erste den Körper B berührende Schichte des Körpers A dem B eine gewisse Wärme abgegeben haben wird, so wird dieser Verlust, aber nicht ganz,

tungsfähigkeit liefern, woraus folgende Tabelle, mit den Versuchen anderer Physiker übereinstimmender, entsteht.

Blei . .	28,38	Queckſilber . .	28,76
Meſſing .	8,16	Leinöhl . . .	1,67
Kupfer .	7,55	Eſſig	0,99
Eiſen . .	7,94	Ebenholz . .	2,62
Zinn . .	12,18	Lindenholz . .	2,35

von der nächsten Schichte des Körpers A ersetzt, nach Analogie dessen, was in §. 135. von den verwandten Stoffen gesagt worden ist, mit dem bloßen Unterschiede, daß, da die Schichten das Medium B ihrer Flüssigkeit wegen die Oberfläche des Körpers A verlassen können, die Erkaltung der ersten Schichte von A schneller Statt findet, als wenn diese Ausweichung, wie in den Versuchen von §. 134., nicht möglich wäre. Übrigens können die bisherigen Versuche nichts über dieses Gesetz bestimmen, da man zur Vergleichung der Resultate mit der Theorie annimmt, daß die in B übergegangene Wärme die Temperatur des Medium um nichts erhöhet, welches voraussetzt, entweder, daß diese Wärme sich mit unendlicher Geschwindigkeit in einem unendlichen Raume verbreitet, oder daß die Schichten von B, welche diese Wärme empfangen haben, mit unendlicher Geschwindigkeit ausweichen, welches Beides der Erfahrung zuwider ist.

§. 716.

Obgleich viele alltägliche Phänomene beweisen, daß alle Körper die Wärme zu leiten fähig sind, so hat doch der Graf Rumford durch eine große Anzahl von Versuchen zu beweisen gesucht, daß die Flüssigkeiten keine Leiter, d. h. Nichtleiter, der Wärme sind, und die Erwärmung beträchtlicher Massen derselben durch die bloßen Ströhmungen, §. 679. und 680., erklären wollen. Allein abgerechnet, daß die Ströhmungen in der Hypothese der Nichtleitung unmöglich sind, indem, wenn nur eine physisch-unendlich dünne Schichte der Flüssigkeit an der Wand des Gefäßes sich erwärmte, die durch die Erwärmung entstehende größere Leichtigkeit dieser Schichte die Adhäsion an der

Fläche des Gefäßes nicht zu überwinden im Stande wäre, so beweiset folgender Versuch mit dem Heberthermometer direct die Leitungsfähigkeit des Wassers für die Wärme, indem er beweiset, daß in allerlei Flüssigkeiten die Wärme sich niederwärts fortpflanzt, wobei keine Strömungen möglich sind.

† In einer Glasröhre GF ist der heberförmig gekrümmte Thermometer ABC mit seiner, dessen Durchschnitt beinahe ganz ausfüllenden, Kugel A eingelassen und die Röhre unten mit einem Korke luftdicht geschlossen. Von dem obersten Ende der Thermometerscale hängt an einem Haken ein eiserner Cylinder D, welcher mittelst längerer und kürzerer Dräthe, in verschiedenen bestimmten Distanzen von der Kugel A, aufgehängt werden kann. Wird nun von einer Flüssigkeit, als: Queckſilber, Waſſer, Luft, in die Röhre gegossen, so daß der nachher gesenkte Cylinder die Oberfläche berühre und etwa noch um 1‴ darin tauche, und nun der bis zur Siedhitze des Waſſers erwärmte Cylinder eingehängt, so sieht man das Queckſilber im Thermometer steigen.

In der ersten halben Minute stieg, nach meinen Versuchen, das Heberthermometer in der Luft um 0,4, im Waſſer um 0,45, im Queckſilber um 11,8 Grade der 80theiligen Scale; in der ersten Minute stieg es in der Luft um 0,8°, im Waſſer um 1,75°, im Queckſilber um 14,8°. Die höchsten nach und nach erreichten Erhöhungen waren: für Luft 5,55° in 10 Minuten, für Waſſer 7,05° in 9 Minuten, für Queckſilber 16,5° in 3 Minuten. Diese große Verschiedenheit, in den drei angeführten Resultaten,

zwischen Luft, Wasser und Queckſilber beweiſet, daß die Wärme, welche durch die Glasröhre an die Flüſſigkeit kommt, ſehr unbedeutend ſeyn muß, und alſo nicht Urſache der beobachteten Temperaturerhöhung ſeyn kann. Übrigens bleibt es wahr, daß die Ströhmungen in den Flüſſigkeiten die Fortpflanzung der Wärme ſehr begünſtigen, daß mithin die Flüſſigkeiten an ſich keine ſo gute Wärmeleiter ſind, als man es vor den Rumfordſchen Verſuchen glaubte. Jedoch iſt dieſe Regel für das Queckſilber nicht leicht durch den Augenſchein zu beſtätigen. wegen der Undurchſichtigkeit deſſelben.

§. 717.

Wenn die Wärme aus einer Subſtanz in die andere übergehen ſoll, ſo findet ſie unter ſonſt gleichen Umſtänden mehr Widerſtand, als wenn die Fortpflanzung in einerlei Subſtanz geſchehen ſoll. Oder: die Heterogenäität der Subſtanzen vermindert die Geſchwindigkeit des Durchganges der Wärme. Dieſer wichtige Satz wird durch folgende Verſuche bewieſen:

† 1) Mitten in einem kleinen cylindriſchen blechernen Keſſel, von etwa 3″ 7‴ Durchmeſſer und 4″ Höhe, ſetze man eine andere von ſehr dünnem gerollten Blei von 1″ 9‴ Durchmeſſer und 3″ Höhe, ſo daß der Boden des kleinen um 1″ von dem Boden des großen abſtehe, und fülle beide mit Waſſer an, ſo daß in beiden das Niveau gleich ſey. In dieſem Zuſtande wird der Apparat erwärmt, durch eine Lampe, und es zeigt ſich, daß die Temperatur des innern Gefäßes immer um 4 bis 6 Grad der 80theiligen Scale

gegen das des äussern Gefäßes zurückbleibt. Als dieses 80° erhält, steht jenes auf etwa 75 und erhält bei beständigem anhaltenden Kochen des äussern Wassers erst nach 8 Minuten 77° und nachher nie mehr.

† 2) Setzt man in dem größern Kessel ein gläsernes Gefäß, zuerst mit Wasser, so aber, daß es im gläsernen Gefäße um 15‴ höher stehe als im Kessel, dann aber dasselbe gläserne Gefäß mit Queckſilber gefüllt, so hoch, als das Wasser im Kessel reicht, und dann über das Queckſilber 15‴ hoch Wasser, und beide Male den äussern Kessel mit derselben Lampe gleich erwärmt, so bleibt die Erwärmung der 15‴ Wasser über dem Queckſilber gegen dieselben 15‴ Wasser über Wasser stets zurück. Als das Wasser im äussern Gefäße 80° erhielt, betrug der Unterschied 6,5°.

§. 718.

Im ersten der Versuche des vorigen §. sehen wir den besten der Leiter unter den festen Körpern, der die Wärme 28mal stärker leiten sollte, als das Wasser sie um 5 Grade bis zum Siedpunkte zurückhalte. Im zweiten Versuche thut das Queckſilber, der beste Leiter aller Flüſſigkeiten, welches ebenfalls 28mal schneller leiten sollte, dieselbe Wirkung. Da nun die Umstände der Erwärmung durchaus gleich waren, so kann diese große Wirkung nur der Heterogenäität der Substanzen zugeschrieben werden, und wir sehen hier ein Naturgesetz wiederholt, das wir schon in §. 642. an dem Schalle beobachtet haben. Dieser Satz erklärt vollkommen gut, warum Pelzwerke, Wolle, Seide,

Strohdächer, gepulverte Körper, die Wärme so schlecht leiten, da die Wärme bei ihrem Durchgange abwechselnde Schichten von diesen Materien und Luft durchdringen muß. Er erklärt ferner die ausserordentlichen Phänomene der sogenannten Wärmesammler.

Versuche mit dem Wärmesammler Ducarla's oder Sauſſure's in der Sonne.

§. 719.

In den bisher angeführten Erscheinungen pflanzt sich die Wärme von einem Körper in einen andern durch die Berührung dieser Körper fort. Allein sie pflanzt sich noch auf eine sehr merkwürdige Art fort, ohne unmittelbare Berührung. Man sieht nämlich einen Körper in einer beträchtlichen Distanz eines heißen Körpers warm werden, ohne daß die dazwischen befindliche Luft diesen Grad der Wärme angenommen hätte. Ein auffallendes Beispiel davon giebt die kleine offene Thüre eines Windofens, gegenüber welcher die Hitze der Hand fast unerträglich ist, indeß die rasch einströhmende Luft sehr kalt ist. Diese Erscheinung heißt, die strahlende Wärme. Dufay und Scheele hatten schon bemerkt, daß die strahlende Wärme sich durch einen Hohlspiegel reflectiren lasse. Am vollkommensten hat Pictet den Versuch mit zwei Hohlspiegeln angestellt, woraus es sich ergab, daß eine eiserne Kugel von 2" Durchmesser bis nahe an dem Punkte der Glühhitze erwärmt, und, in dem Brennpunkte des einen Spiegels gestellt, ein Thermometer, der im Brennpunkte des andern vom ersten um 12 Fuß entfernten Spiegels hing, durch die bloße strahlende Wärme um $8\frac{1}{2}$° R. erwärmt wurde. Nahm er statt der eisernen Kugel einen Kolben mit

siedendem Wasser, so stieg das Thermometer um mehr als 1°.

Versuch mit zwei Hohlspiegeln und einer Portion glühender Kohlen. Legt man eine Glasscheibe zwischen den beiden Spiegeln, so steigt das Thermometer gar nicht, zum Beweise, daß das strahlende Licht nicht die Ursache der Erwärmung ist.

§. 720.

Diese Versuche und Betrachtungen zeigen uns ein neues Schauspiel in den Phänomenen der Wärme. Die Wärme breitet sich demnach nicht mehr bloß mit der der Mittheilung durch Berührung eigenthümlichen Langsamkeit, sondern, wo hinlänglich Poren vorhanden sind, mit einer noch ungemessenen Geschwindigkeit aus, durch Strahlung, wie das Licht. So oft also Temperaturänderung Statt findet, strahlt der Wärmekörper seine Wärme durch die Luft hindurch nach allen Seiten, bis sie andere Körper antrifft, deren Temperatur dadurch erhöhet wird. Die Luft selbst wird in ihrer Temperatur dadurch sehr wenig verändert. Daß sie aber gar keine Änderung erleide, ist sehr unwahrscheinlich, da andere Flüssigkeiten, als: Wasser, Queckſilber ꝛc., durch strahlende Hitze merklich erwärmt werden.

§. 721.

Ob die Wärme auch durch liquide Flüssigkeiten strahlt, ist ungewiß, und durch directe Versuche nicht ausgemacht. Sicher aber muß diese Strahlung sehr schwach seyn, da die liquiden Flüssigkeiten alle bessere Wärmeleiter der Wärme sind, als die Luft, und im Durchschnitt 1000mal specifisch schwerer sind, mit-

hin aus dieser doppelten Ursache mehr Wärme annehmen müssen, also weniger durchstrahlen lassen. Ob die Wärme durch feste Körper strahle, ist noch weniger ausgemacht.

§. 722.

Einige Physiker haben behaupten wollen, daß die Wärmestrahlung beständig Statt finde, auch wenn alle in einer Gegend befindliche Körper einerlei Temperatur haben, daß also ein beständiges Kreutzen der Wärmestrahlen immerfort Statt finde, und daß durch diesen unaufhörlichen Wechsel der Wärme die gleichförmige Temperatur erhalten werde. Allein das heißt mehr aus den Versuchen schließen als erlaubt ist; denn die Versuche über die strahlende Wärme finden nur bei ungleichen Temperaturen Statt. Ausserdem aber würde aus der Annahme dieser Hypothese folgen, daß ein Körper, der sich in der Mitte einer hohlen Kugel befände, immer eine höhere Temperatur haben müßte, als die Kugel selbst, da er offenbar von der Kugel mehr strahlende Wärme erhält, als er ihr abgiebt. Wir können also die Wärmestrahlung nur zwischen ungleich warmen Körpern behaupten.

§. 723.

Endlich muß die Mittheilung der Wärme in Rücksicht auf die Größe derselben betrachtet werden, und es werden sich die wichtigsten Resultate daraus ergeben. Das Erste, was sich gleichsam von selbst aufdringt, ist, daß wenn man zwei Massen von verschiedener Temperatur unter einander mischt, so, daß die Theile der Massen einander ihre Temperatur wechselseitig mittheilen können, eine mittlere Temperatur im Ganzen entstehen müsse. Nennt man A und B

die Massen, m und n ihre Temperaturen, so ist die Temperatur μ der Mischung $= \frac{Am + Bn}{A + B}$.

Dieser Satz, den Richmann zuerst aufgestellt hat, wird durch alle Versuche bestätigt, wenn A und B homogene Körper sind.

Versuche mit Mischungen von verschiedenen Portionen Wasser von ungleichen Temperaturen. Dergleichen mit Queckſilber, mit Weingeist ꝛc.

§. 724.

Macht man aber diese Versuche mit heterogenen Substanzen, mischt man z. B. gleiche Massen Wasser und Queckſilber, so ist die resultirende Temperatur ganz anders, als die oben gefundene mittlere. War die Temperatur des Wassers = 34, die des Queckſilbers = 0, so ist die gemeinschaftliche Temperatur des Queckſilbers und des Wassers = 33.

Versuche mit gemischten heterogenen Substanzen von verschiedener Temperatur.

Es ergiebt sich daraus, daß die Wärme, welche ein Körper verliert, wenn er mit einem kältern, heterogenen gemischt wird, diesem mehr oder weniger Temperatur giebt, als der erste verloren hat. Im angeführten Beispiele hat das Wasser 1° Wärme verloren, dagegen das Queckſilber 33° gewonnen; und da die Massen Wasser und Queckſilber gleich waren, so folgt, daß die Wärme, welche dem Wasser 1° giebt oder nimmt, dem Queckſilber 33° gebe oder nehme; oder daß die Wärme, welche 1 Pfund Wasser um 1° wärmer oder kälter macht, 33 Pfund

Queckſilber um 1° wärmer oder kälter macht. Folgender von dem Hofrath Mayer genau angeſtellter Verſuch zeigt, wie die Sache ſich bei ungleichen Maſſen verhält. In einem zinnernen Gefäße von 51 Loth und + 6° R. goß er 63 Loth Waſſer von + 80° R. Die entſtandene Temperatur war + 76°; folglich hatte die Temperatur des Gefäßes um 70° zugenommen, die des Waſſers um 4° abgenommen. Wären nun die Maſſen des Waſſers und Zinns gleich geweſen, ſo könnte man ſagen, daß die Wärme, welche das Waſſer um 4° erwärmt, das Zinn um 70° erwärme. Da aber die Maſſen des Waſſers und des Zinns = 63 : 51 oder 21 : 17 waren, ſo muß man das Verhältniß 4 : 70 mit 21 : 17 multipliciren, welches 84 : 1190 giebt. Daher man alſo ſagen muß: die Wärme, welche die Temperatur von 84 Loth Waſſer um eine Anzahl Grade erhebt, muß 1190 Loth Zinn um die nämliche Anzahl Grade erheben; in kleinern Zahlen ausgedrückt, iſt's 1 : $14\frac{1}{2}$.

§. 725.

Es folgt aus §. 593., daß wenn gleich zwei Körper eine gleiche Temperatur haben, ſie dennoch eine ſehr ungleiche Wärme enthalten können und wirklich enthalten; denn nach den obigen Verſuchen enthält das Waſſer (wenn anders die Thermometergrade mit der Temperatur wirklich correſpondiren) 33mal ſo viel Wärme als das Queckſilber, und $14\frac{5}{12}$ ſo viel als das Zinn, wenn dieſe drei Subſtanzen gleiche Temperaturen haben; oder gleiche Maſſen von Waſſer, Queckſilber und Zinn enthalten gleich viel Wärme, wenn ihre Temperaturen ſich verhalten wie die Zahlen 1, 33, $14\frac{5}{12}$. Sieht man auf dieſe Quantität

der Wärme, welche nöthig ist, um verschiedene Körper von gleichen Massen auf gleiche Temperatur zu bringen, so nennt man, nach Black und Irwina, diese gefundene Verhältnisse die specifische Wärme. Sieht man aber auf die Fähigkeit, eine gewisse Quantität Wärme zu brauchen, um eine gewisse Temperatur zu erlangen, so nennt man, nach Crawford, die obigen Verhältnisse Capacität für die Wärme *) Setzt man demnach die specifische Wärme oder die Capacität des Wassers = 1, so ist die des Queckſilbers = 0,033 und die des Zinns 0,070.

§. 726.

Allgemein betrachtet sagen uns die obigen Betrachtungen, daß die specifischen Wärmen sich verhalten umgekehrt, wie die Produkte aus den Veränderungen der Temperaturen durch die Massen. Es sey also der Körper A und B Massen P und p, ihre Temperaturänderungen m und n, so werden ihre specifische Wärmen x und y sich verhalten, wie n p : m P, also $x = \frac{n\,p}{m\,P} \cdot y$. Nimmt man nun für die Substanz B Wasser, und setzt die specifische Wärme desselben = 1, so ist die specifische Wärme jeder andern Substanz oder $x = \frac{n\,p}{m\,P}$.

Aus den Versuchen mehrerer Physiker, worunter vorzüglich Crawford, Lavoisier, la Place und Kirwan, hat man Tabellen der specifischen Wärme entworfen, auf welche man sich aber nicht in aller

*) Nach Wilke, der zuerst diese Lehre entwickelt hat, wird auf die Volumina der Körper, nicht auf ihre Massen gesehen, und die darnach gefundenen Verhältnisse nennt Wilke die relative Wärme. Indeß ist dieser Begriff unnütz und verdunkelt nur die Sache für den Anfänger.

Strenge, besonders für die Gase, verlassen kann, weil für jeden solcher Versuche viele Nebenumstände berücksichtigt werden müssen, welche viel Einfluß auf die Resultate haben. Folgender Auszug ist aus Mayers Anfangsgründen der Naturlehre, und richtiger als die Tabelle in Gren's Grundriß der Naturlehre.

Flüssigkeiten.

Wasser . .	1,000	Leinöhl . .	0,570
Essig . . .	0,970	Therpentinöhl	0,472
	Queckſilber	0,033	

Metalle.

Eisen . .	0,126	Zinn . .	0,070
Messing .	0,112	Spiesglas .	0,064
Kupfer . .	0,111	Gold . .	0,050
Zink . .	0,094	Wismuth .	0,043
Silber . .	0,082	Blei . .	0,035

Andere feste Körper.

Eis . .	0,900	Birnholz . .	0,500
Lindenholz	0,670	Ulmenholz .	0,450
Förrenholz	0,600	Glas . . .	0,187

Gase.

Wasserstoff .	21,400	atmoſphäriſches	1,796
Sauerstoff .	4,749	Kohlensäure .	1,045
	Stickstoff	0,794.	

§. 727.

Die eben angeführten Veränderungen der Temperatur und der Wärme zweier heterogenen Substanzen liefern ohne Zweifel eine Ursache zu der verschiedenen Leitungsfähigkeit der Körper für die Wärme,

indem natürlich ein Körper von einer größern Capacität mehr Wärme annehmen muß, um eine gewisse Temperatur zu erlangen, als wenn er eine geringere Capacität hätte. In der That finden wir meistens, daß Körper von kleiner Capacität gute Wärmeleiter sind; daher behauptet Hr. Hofrath Mayer, die Leitungsfähigkeit sey im umgekehrten Verhältnisse der Capacität. Indeß frägt sich noch immer, ob es nicht einen Unterschied in der Zeit giebt, in welcher die Körper die Wärme eines andern annehmen, welcher von der Capacität unabhängig ist.

§ 728.

Die Phänomene von §. 593. setzen Unterschiede der Temperaturen in den gemischten Substanzen voraus, denn von den in §. 593. angeführten Substanzen läßt sich unter gleichen Temperaturen keine Temperatur- und Wärmeänderung erwarten. Allein es giebt unzählige Phänomene, welche uns zeigen, daß aus Mischungen von Substanzen, welche gleiche Temperaturen haben, die größten Temperaturänderungen entstehen.

Versuche mit Schnee und Säuren, mit Weingeist und Wasser, mit Säuren und Metallen. Entzündungen von ätherischen Ehlen, durch salpetrichte Säure ꝛc.

In diesen Phänomenen sehen wir Temperaturänderungen von ganz anderer Art, als die vorhergehenden. Die Wärme, welche in diesen Substanzen vor der Mischung war, zeigte sich nicht am Thermometer, und eben so wenig, wenn man diese Substanzen auf die vorige Art behandelte. Läßt man z. B. erwärmte

Schwefelsäure ein Glas erwärmen, so zeigt sich allerdings eine neue Temperatur, welche von der Capacität der beiden Substanzen abhängt, die aber nie die der wärmern übersteigt, und auch nicht unter der der kälteren Substanz ist. Zwischen diesen Phänomenen, und den der specifischen Wärme, findet der wesentliche Unterschied Statt, daß in jenen (der specifischen Wärme) die gemischten Substanzen keine Affinität zu einander äußern, in diesen aber die Stoffe sich durch Affinität verbinden. Diese zwei Gattungen von Phänomenen müssen sehr sorgfältig von einander unterschieden werden, und man muß also bei der Erforschung der specifischen Wärme den Einfluß der Affinität sehr streng entfernen.

Drittes Kapitel.

Gränzen der Erhöhung und Erniedrigung der Temperatur.

§. 729.

Solche Gränzen können, nach §. 683., im absoluten Sinne nicht Statt finden, wohl aber finden sie im relativen Sinne Statt. Über gewisse Gränzen der Erwärmung und Erkältung hinaus gehen Formänderungen vor, welche die Wärme in ihren Phänomenen sehr beträchtlich modificiren. Durch fortgesetzte Erwärmung der Körper geht die concrete Form in die tropfbare flüssige, und diese in die dampfförmige über; durch fortgesetzte Erkältung geht die Dampfform in die tropfbarflüssige und diese in die

concrete über. Nur sehr wenige Körper machen bis jetzt noch eine Ausnahme von dieser Regel, weil unsre Mittel der Erwärmung und Erkältung nicht hinreichen. Die Gasform aber hat sich in allen Substanzen bis jetzt dieser Regel entzogen. Sie allein entzieht sich in ihrer Entstehung und Verwandlung der Herrschaft der bloßen Wärme.*) Die Formänderungen, welche die Wärme erzeugt, sind also Dampfbildung und Dampfzersetzung, Schmelzen und Gefrieren.

A. Von der Dampfbildung und der Dampfzersetzung.

§. 730.

Wir nehmen zum Typus der tropfbaren Flüssigkeiten das gemeine Wasser, um die Phänomene der Dampferzeugung zu beobachten. Wird eine Portion Wasser in einem gläsernen Gefäße unausgesetzt erwärmt, so bemerkt man Folgendes: zuerst entstehen Ströhmungen, die man nicht nur indirecte, durch zufällige Körperchen, sondern directe, durch die Bewegung der Flüssigkeiten selbst, beobachten kann. Diese Ströhmungen währen so lange, als der Versuch, und werden immer merklicher. Dann fängt die atmosphärische Luft an zu entweichen, welche dem gemeinen Wasser immer beigemischt ist. Hat die Temperatur des Wassers etwa 53° R. erreicht, so hört man

*) Dieser für die Physik der Stoffe so äusserst wichtige Satz wird paradox noch erscheinen. Die Folge wird ihn aber vollkommen rechtfertigen. Hier sey es genug, beiläufig anzuführen, daß wir nie durch bloße Wärme ein Gas erzeugt haben. Bei jeder Gaserzeugung haben wir immer entweder Affinitätswirkung eines andern Stoffs, oder Glühhitze, oder beides, als Ursache.

ein Sausen, das bestimmt am Boden des Gefäßes entsteht. Dies ist der Anfang der Dampfbildung, der aber dem Auge noch nicht sichtbar ist; denn sehr bald darauf nimmt dieses Geräusch zu, und man sieht nun schon sehr kleine Dampfblasen sich am Boden des Gefäßes bilden, die aber sogleich wieder zersetzt werden. Das Zusammenschlagen der Wassertheile bei dieser Zersetzung verursacht den Schall. Mit der Erwärmung nehmen diese Dampfblasen an Größe zu, und fangen an sich in der Flüssigkeit zu erheben, zerplatzen aber in einer geringen Höhe über den Boden des Gefäßes. Je wärmer die ganze Wassermasse wird, desto höher steigen diese Blasen, bis zuletzt sie die Oberfläche des Wassers erreichen und erst in der Luft zerplatzen, wobei die ganze Wassermasse in eine sehr heftige Ströhmung, durch das Aufsteigen des Dampfes, versetzt wird. Nun siedet (kocht) das Wasser, und die Dampfbildung geht einen raschen Gang fort, so lange hinlängliche Erhitzung Statt findet. Noch ist zu bemerken, daß die Dampfblasen nicht an jeder stark erhitzten Stelle des Glases entstehen, sondern vorzugsweise an einzelnen Punkten dieser Stellen, und daß sie sich von diesen Punkten, die oft seitwärts sind, wie eine Perlenschnur erheben; welches anzeigt, daß an diesen Stellen das Glas eine stärkere Leitungsfähigkeit hat.

§. 731.

Ganz ähnliche Phänomene finden beim Sieden anderer tropfbarer Flüssigkeiten Statt, als z. B. Weingeist, Öhle, Queckſilber ꝛc. *) In allen diesen

*) Carradori wollte behaupten, daß die Öhle nicht sieden, sondern nur unmerklich verdampfen. Ich mache alle

Fällen vertreibt der sich entwickelnde Dampf die atmosphärische Luft, welche über der tropfbaren Flüssigkeit lag, aus dem Gefäße, welches nun ausser der tropfbaren Flüssigkeit nur noch mit Dampf erfüllt ist.

Bringt man einen brennenden Holzspan in diesen dampfvollen Raum, so erlischt er augenblicklich, mit dem Unterschiede, daß der Dampf vom Weingeiste, vom Öhle und andern entzündlichen Flüssigkeiten, an der Mündung des Gefäßes, aber nicht im Gefäße selbst, sich entzündet.

Das Auslöschen des Spans beweiset offenbar, daß der Dampf keine atmosphärische Luft ist, weder diejenige, welche vorher da war, noch diejenige, welche sich aus der Flüssigkeit entwickelt.

§. 732.

Die Dämpfe bilden eine eigene Gattung von Flüssigkeiten, deren Hauptcharacter die Elasticität ist, und zwar eine solche, welche große Ausdehnungen und Zusammenziehungen zuläßt, im Gegensatz der tropfbaren Flüssigkeiten, welche zwar auch sich elastisch zeigen (ob durch sich oder durch die enthaltene Luft, ist nicht ganz entschieden), aber nur um ein Unbedeutendes sich comprimiren und dilatiren lassen.

1) Versuch mit dem Aolipil.

2) Versuch mit einem Detonnationsinstrument, in welchem man Wasser mit einem Pfropfen sperrt und kochen läßt.

Fahre den Versuch mit Leinöhl oder Baumöhl in meinen Vorlesungen, und habe jederzeit ein förmliches Sieden wahrgenommen, nämlich Bildung von Dampfblasen am Boden, die sich bis zur Oberfläche des Öhls erheben, wie es bei dem Wasser geschieht.

3) Versuch mit einer an einer umgebogenen Thermometerröhre angeblasenen Kugel, welche man mit Wasser, Weingeist ꝛc. und Queckſilber erhitzt. Sobald das Wasser oder der Weingeist kochen, entwickeln ſich die Dämpfe, und treiben das Queckſilber in die Röhre hinauf.

§. 733.

Wenn man dem Dampfe die Temperatur entzieht, unter welcher er gebildet worden iſt, ſo verwandelt er ſich ſogleich in die tropfbare Flüſſigkeit, aus der er entſtanden iſt, d. h. er zerſetzt ſich. Davon liefert die tägliche Erfahrung ſo viel Beweiſe, daß beſondere Verſuche darüber überflüſſig ſind. Aber auch ohne ſeine Temperatur zu verändern, wird der Dampf zerſetzt, wenn er nur einem äuſſern größern Drucke ausgeſetzt wird, als der, unter welchem er entſtanden iſt.

† Man gieße in's Inſtrument Fig. VI. etwas Weingeiſt, etwa zur Hälfte der Kugel A, welche ungefähr 4 Zoll Durchmeſſer hat, und ſo viel Queckſilber, daß der Reſt der Kugel und die gekrümmte Röhre D voll werden. Nun ſenke man das ganze Inſtrument in einen Keſſel voll recht klaren Salzwaſſers, und erwärme das Waſſer im Keſſel, bis der Weingeiſt in A ſiedet, welches an der Entſtehung des Dampfes und Zurücktreten des Queckſilbers, in die kleinere Kugel B, bemerkt wird. Enthält nun die Kugel A nur noch Dampf und Weingeiſt, ſo gieße man durch die Röhre CB erwärmtes Queckſilber, ſo daß es in der Röhre um einige Zoll hoch ſtehe, ſo wird der Dampf ſich zer-

setzen und die innere Oberfläche beschlagen; das Queckſilber aber wird wieder in die Kugel A ſteigen.

Dieſe Zerſetzbarkeit der Dämpfe unterſcheidet ſie von den ſogenannten beſtändig elaſtiſchen Flüſſigkeiten, welche weder durch Erkältung, noch durch Druck ſich zerſetzen laſſen. Ob dieſer Widerſtand, gegen die Zerſetzung bei den Gaſen, abſolut oder nur relativ für unſre möglichen Verſuche, und alſo auch der Unterſchied zwiſchen Dämpfen und Gaſen abſolut oder relativ, ſey, iſt noch ungewiß.

§. 734.

Wenn man in den Verſuchen, von §. 730. und §. 731., die Flüſſigkeiten länger kochen läßt, ſo bemerkt man keine weitere Erhöhung der Temperatur, weder in der Flüſſigkeit ſelbſt, noch in dem daraus entſtehenden Dampfe, und jede Flüſſigkeit hat ihren eigenen Siedpunkt. Wenn das reine

Waſſer bei . . .	80°	ſiedet, ſo ſieden
Alkohol . . .	64	
Kuhmilch . . .	$80\frac{1}{2}$	
Terpentinöhl . . .	213	
Leinöhl . . .	$252\frac{4}{9}$	
Queckſilber . . .	$252\frac{4}{9}$.	

Miſcht man zu dem gemeinen Waſſer andere darin auflösliche Subſtanzen, als: Säuren, Salze, Alkalien ꝛc., ſo wird der Siedpunkt verändert. So z. B. ſiedet Meerwaſſer aus der Nordſee bey 83°, gemeiner Spiritus etwa bei 66°.

§. 735.

So verhält es ſich, wenn die Flüſſigkeiten in offenen Gefäßen ſieden; geſchieht es aber in verſchloſ-

senen Gefäßen, so verändert sich der Siedpunkt beträchtlich, oder vielmehr, man hat da keinen Siedpunkt mehr, sondern die Hitze der Flüssigkeit nimmt mit jedem Augenblicke der Erwärmung von aussen zu; es entwickelt sich immer mehr Dampf, dessen Elasticität durch die Erhitzung zunimmt und endlich das Gefäß, es mag noch so stark seyn, zersprengt.

Versuch mit einem papinianischen Topfe, in welchem ein Thermometer luftdicht versenkt ist. Die Temperatur nimmt nach und nach zu, bis endlich die, mit willkührlichen Gewichten beschwerte, Sicherheitsklappe durch die Elasticität des Dampfes gehoben wird, da dann das Thermometer augenblicklich sinkt.

Die Hitze, welche das Wasser unter diesen Umständen erhält, ist so groß, daß im Augenblicke, da der Dampf sich expandiren kann, eine große Quantität Wasser sogleich verdampft. Dieses beweiset der zweite Versuch von §. 732; denn wenn man in dem Detonnationsinstrumente, welches etwa 6 Unzen Wasser hält, nur eine Unze Wasser ladet, und den Pfropf sehr stark einstampft, so findet man nach der Explosion keinen Tropfen Wasser mehr im Instrumente, dessen innere Wände ganz trocken sind; alles Wasser ist in einem dicken Dampfstrahl davon gegangen. *).

*) Diesen Versuch habe ich einst wider meinen Willen recht im Großen angestellt. Ich machte Versuche über die Destillation in völlig verschlossenen Gefäßen und wurde abgerufen. Ich blieb länger vom Versuche weg, als ich wollte. Bei meiner Zurückkunft in's Experimentirzimzimmer nahm ich zwar sogleich die Lampe weg. Als ich aber, eben so eilig, die Öffnung der Vorlage losschraubte, stürzte der nun befreite Dampf wüthend in die Vorlage,

§. 736.

Vermag ein mechanischer Druck die Siedhitze der Flüssigkeiten zu erhöhen, so muß auch der Druck der Atmosphäre es vermögen, und so muß der Siedpunkt der Flüssigkeiten von diesem veränderlichen Drucke abhängen; daher die Nothwendigkeit, den Siedpunkt des Wassers bei gleichem Barometerstande zu nehmen, um die Thermometer zu graduiren.

Läßt man Wasser unter der Glocke der Luftpumpe sieden, so findet man, daß nach möglichster Verdünnung der Luft, das Wasser schon bei + 30° R. siedet.

† Man nehme eine Barometerröhre wie Fig. I., von etwa 36 Zoll Länge, an welcher eine Kugel von etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll angeblasen ist, und fülle die Kugel mit Alkohol, dann die Röhre mit Quecksilber. Kehrt man nun die Röhre in einem Queckſilberbecken um, nachdem man den Apparat in einer Temperatur von — 5°,2 einige Stunden hat stehen lassen, so zeigt sich beim Umkehren der Röhre und Herabfließen des Queckſilbers, daß der Alkohol bei dieser niedrigen Temperatur in dem entstandenen torricellischen Vacuo stark siedet.

In der Natur sind die Wirkungen des Drucks der Luft ganz analog, so daß sich eine Höhenmessung

welche in wenigen Augenblicken voll wurde, und nun einen 9 Fuß hohen und $\frac{1}{2}$ Zoll dicken Strahl von siedendem Wasser bildete; das Kühlungswasser wurde siedend, und es waren nach geschehener Operation, welche in allem etwa $\frac{1}{2}$ Minute gedauert hatte, gegen 30 Pfund Wasser übergangen. In der Eile hatte ich vergessen das Thermometer zu beobachten, welches mir nachher leid that.

auch auf die Temperatur des Siedpunkts des Wassers gründen ließ. Lemonnier beobachtete zuerst, daß das Wasser früher auf Bergen siedet, als im Thale. De Luc und Saussüre stellten nachher sehr genaue Versuche darüber an. So fand der Letztere, daß das Wasser auf dem Montblanc bei 68,99° siedet, in einer Höhe von 2450 Toisen über der Meeresfläche bei 16" Barometerhöhe. Sein Thermometer war für eine Barometerhöhe von 27" graduirt.

§. 737.

Die tropfbaren Flüssigkeiten verdampfen auch unter niedrigern Temperaturen, als die ihres Siedpunkts, und das Phänomen wird gewöhnlich Verdünstung, die entweichenden Theile Dünste genannt. Wenigstens weiß man es von den spirituösen Substanzen, von den Öhlen, vom Queckssilber und von dem Wasser. Diese letztere Flüssigkeit verdient die höchste Aufmerksamkeit in dieser Hinsicht, da das Phänomen der Ausdünstung des Wassers eins der ausgebreitetsten in der Natur ist, und auf alles, was uns umgiebt, beständig wirkt, und die wichtigsten Naturbegebenheiten erzeugt.

§. 738.

Setzt man eine Portion Wasser auf eine Wage im Gleichgewichte, und der freien aber stillen Luft ausgesetzt, so bemerkt man eine fortdauernde Abnahme derselben, ohne daß man den Abgang anders, als durch die Gewichtsverminderung, bemerken könnte. Diese Abnahme ist um so größer, je größer die Temperatur des Wassers und auch der Luft ist. Stürzt man ein wohlverschlossenes gläsernes Gefäß darauf, und sorgt man für durchaus gleiche Temperatur der

Luft, so hört diese Abnahme auf. Aber die geringste Erniedrigung der Temperatur bewirkt einen merklichen Niederschlag an den Glaswänden, und die Ausdünstung fährt wieder fort. Die Luft ist übrigens zu diesem Prozesse nicht nöthig, da dasselbe Phänomen in der torricellischen Röhre Statt findet.

Man fülle zwei Barometerröhren auf die gewöhnliche Art, und lasse in die eine einen Tropfen Wasser hinaufsteigen. Das Wasser wird ausdünsten, und das Queckfilber in dieser Röhre sinken. Erwärmt man die beiden Röhren, so wird der Unterschied des Standes des Queckfilbers größer; erkaltet man sie, so wird er kleiner, aber noch immer Statt finden, bis das Wasser in der einen Röhre friert.

Dieser Versuch zeigt, daß die Ausdünstung des Wassers eine elastische Flüssigkeit liefert, wie die Verdampfung, und daß die Elasticitätsgrade nur durch die Unterschiede der Temperatur verschieden sind. Dalton, der diese Versuche auf diese Art zuerst anstellte, fand, daß wenn die Temperatur des eingeschlossenen Dampfs arithmetisch zunimmt, die Elasticität der entstehenden Dämpfe, nahezu nach der geometrischen Progression, zunehme. Übrigens muß man dieses Phänomen nicht mit der Elasticität des einmal gebildeten Dampfes oder Dunstes, welche das allgemeine Gesetz, §. 706., der elastischen Flüssigkeiten befolgt, verwechseln, da hier und überall, wo noch tropfbares Wasser vorhanden ist, sich mit jeder Erhöhung der Temperatur neuer Dampf bildet. Übrigens glaubte Dalton, aus der Reihe seiner Beobachtungen schließen zu müssen, daß das Wasser noch einige Grade unter

dessen Frierpunkte, schon als Eis, im luftleeren Raume ausdünste. Allein seine Versuche sind für die Aufstellung dieses Satzes nicht rein genug. Der Hr. Prof. Schmid in Giessen hat auf einem andern Wege das Gegentheil gefunden, und meine nach Daltons Art, aber gewiß viel genauer, angestellten Versuche beweisen gleichfalls, daß Dalton's Angabe unrichtig sey, zugleich aber auch, daß es beinahe unmöglich ist, auf diesem Wege zu ganz reinen Resultaten zu gelangen. Nach Watt's Versuchen ist die Dichtigkeit der Dämpfe des bei 80° R. kochenden Wassers $\frac{1}{1600}$ der des Wassers. Wodurch nun, durch die Tabelle Dalton's, die Dichtigkeit derselben unter andern Temperaturen beiläufig berechnet werden kann.

§. 736.

Die Dünste sind, wie die Dämpfe, durch Erkältung und Druck zersetzbar.

Hat man Wasser in einem verschlossenen Gefäße verdunsten lassen, so schlägt sich der Dunst an der Stelle, die man erkältet, nieder.

Läßt man Wasser unter der Glocke der Luftpumpe verdunsten, unterdeß man die Luft auspumpt, und läßt dann, nach ziemlich langer Einwirkung der Pumpe, die Luft plötzlich herein, so condensiren sich die Dünste an den innern Wänden der Glocke an.

§. 737.

Diesen Betrachtungen zufolge ist es klar, daß Dämpfe und Dünste zu einerlei Gattung gehören, und daß sie sich nur in ihrer Entstehung von einander unterscheiden. Die Dämpfe entstehen erst bei der

Temperatur von 80°, unter einem Luftdrucke von 28" Queckſilber, und ſind alſo vermögend, bei einer etwas höhern Temperatur, am Boden eines Gefäßes, den Druck des enthaltenen Waſſers zu überwinden, da zu entſtehen und empor zu ſteigen. Die Dünſte aber entſtehen unter einer kleinern Temperatur, haben eine geringere Elaſticität als die atmoſphäriſche Luft, können demnach unter einem größern Drucke ſich nicht bilden, entſtehen alſo nur an der Oberfläche des Waſſers.

§. 738.

Die Verdampfung und Verdünſtung ſind alſo ein Proceß, der von zwei entgegengeſetzten Functionen, der Expenſivkraft der Wärme, und dem Drucke der Luft, abhängt. In Ermangelung der Luft, tritt die Elaſticität des erzeugten Dampfes an die Stelle. Würde man beides, Luft und Dampf, durch fortgeſetzte Einwirkung der Luftpumpe entziehen, ſo müßte alles vorräthige Waſſer, unter jeder Temperatur, über deſſen Gefrierpunkte in Dampf ſich verwandeln.

Verſuch mit Verdampfung des Weingeiſtes oder des Äthers unter der Glocke der Luftpumpe. Mit dem Waſſer geht es nur langſamer.

Die Wärme, wenn ſie nur über dem Frierpunkte der Flüſſigkeit iſt, trachtet alſo unaufhörlich dahin, die Flüſſigkeit zu expandiren und wird in dieſem Geſchäfte nur durch einen äuſſern Druck verhindert. Dem Drucke der Luft alſo haben wir es zu verdanken, wenn auf unſerm Planeten Waſſer und überhaupt tropfbare Flüſſigkeiten vorhanden ſind.

§. 739.

Wenn man die Oberfläche einer ſchwarzgefärbten,

sehr heißen, aber nicht völlig kochenden Flüssigkeit genau betrachtet, so bemerkt man einen feinen grauen Nebel, der, nach Saussüre's Beobachtungen, aus unzähligen kleinen Bläschen, wie Seifenblasen, besteht. Sie sind von verschiedenem Durchmesser; ihr mittlerer beträgt etwa $\frac{1}{300}$ einer Pariser Linie. Sie schweben über der Oberfläche der schwarzen Flüssigkeit, können hin und her geblasen werden, steigen etwas auf und ab, die kleinern etwas höher als die größern, und verschwinden. Man hat diese Erscheinung als ein Räthsel betrachtet und auf mehrere seltsame Arten zu erklären gesucht. *) Allein es läßt sich auf folgende ganz einfache Art erklären. Die Dünste von jeder Temperatur entstehen ursprünglich als eine völlig durchsichtige, farbenlose, elastische Flüssigkeit, an welcher das Microscop keine Theile wahrnehmen kann. Indem nun jener Dampf aus der heißen Flüssigkeit in die etwas kältere Luft kommt, condensirt er sich; die einzelnen zersetzten Theilchen fließen zusammen, durch Adhäsion, und würden bloß einen Wassertropfen bilden, wenn nicht durch diesen Niederschlag (wie im nächsten §. gezeigt werden wird) eine weit größere Menge Wärme in diesem Tröpfchen entstände, als das Wasser im tropfbar-flüssigen Zustande fassen kann. Innerhalb, wo diese Wärme durch das umgebende Mittel am schwersten entzogen werden kann, bildet sich wieder ein Theil des Wassers zu Dampf. Völlig so geht es in der Atmosphäre, bei der Bildung der Nebel und Wolken, welche Saussüre als ungeheure Massen solcher Bläschen erkannt hat. Diese Bläs-

*) Man nahm zur Electricität, zu besondern Atmosphären um jedes Bläschen herum ꝛc. seine Zuflucht.

chen sind also Dampfblasen, wie die Seifenblasen Luftblasen sind, die durch eine fortgesetzte Erkältung sich wieder condensiren, bei dieser Condensation aber gewiß wieder neue Blasen von geringerem Durchmesser bilden. Solcher Verwandlungen gehen vielleicht mehrere vor, wodurch das verschiedene Ansehen der Wolken sich leicht erklärt. Daß diese Bläschen auf der Oberfläche der schwarzen Flüssigkeit schweben, steigen und fallen ꝛc., rührt von der beständig fortgesetzten Dampfbildung an der Oberfläche der Flüssigkeit her. Daß sie sich mit dem aufsteigenden Dampfe nicht vermischen, nämlich nicht zusammen fließen, und durch diesen mit der Flüssigkeit, erklärt sich dadurch, daß der Dampf höchst wahrscheinlich viel weniger Adhäsion zum tropfbaren Wasser hat, als das Wasser selbst; da die zahlreichen Versuche des Hrn. Prof. Gerstner zeigen, daß erwärmtes Wasser flüssiger ist, das heißt weniger Adhäsion in seinen Theilen zeigt, als kälteres.

§. 740.

Die Phänomene der Dampfbildung werden stets von einem sehr wichtigen Phänomene begleitet, nämlich von einer sehr beträchtlichen Verschluckung der Wärme; die der Dampfzersetzung, von einer eben so beträchtlichen Wärmeerzeugung.

Es ist §. 734. gezeigt worden, daß, wenn die Flüssigkeiten einmal in's Sieden gekommen sind, man durch fortgesetzte Erhitzung die Wärme der Flüssigkeit nicht erhöhet; es wird nur die Verdampfung rascher. Alle hinzugesetzte Wärme wird also zur Dampfbildung verwandt. Im §. 735. sah man das Thermometer plötzlich sinken, sobald das verschlossene

Gefäß, welches Wasser und Dampf in einer höhern Temperatur enthielt, etwas geöffnet, und eine rasche Dampfbildung zugelassen wurde.

1) Man setze eine Retorte mit Wasser auf eine Lampe, ihre Mündung in eine Vorlage, welche 10- bis 20mal so viel Wasser von mittlerer Temperatur enthält. Der vom kochenden Wasser übergehende Dampf wird das Wasser in der Vorlage beträchtlich erwärmen. Hat man nun vor der Erhitzung das Wasser in der Retorte gewogen, und auch nach dem Versuche, so giebt der Unterschied der Gewichte die Menge des übergegangenen Wassers an. Vergleicht man nun diese Quantität Dampf mit der Menge des durch ihn erwärmten Wassers, nach dem Richmannschen Gesetze, so zeigt es sich, daß 1 Gran Dampf so viel Wärme abgegeben hat, als nöthig wäre, um 419 Gran Wasser auf die Temperatur von 1° R. zu erheben. Da aber der Dampf vorher 80° Temperatur hatte, so enthielt er also 339° Wärme über seiner Temperatur.

Demnach verhält sich die Capacität oder die specifische Wärme des Dampfes des kochenden Wassers, in seiner Entstehung, zu der des tropfbaren Wassers selbst = 339 : 1. Diesen wichtigen Versuch hat Watt zuerst angestellt, und ihn auf die Ausdünstung in mittlerer Temperatur ausgedehnt. Er ließ nämlich in völlig gleichen Gefäßen gleiche Portionen gleichwarmen Wassers erkalten, legte aber auf dem einen Wasser ein geöhltes Papier, um dessen Ausdünstung zu verhindern. Durch Vergleichung der Temperaturen fand er, daß die kleine Portion entstande-

nen Dunstes das Wasser so erkältet hatte, daß zur Bildung desselben eben so viel Wärme verwandt worden war, als wenn dieselbe Portion Dunstes unter der Siedhitze entstanden wäre. Noch in die Augen fallendere Beispiele von Erkältungen durch Verdünstung liefern folgende Versuche.

2) Man tauche eine mit Baumwolle umwickelte Thermometerkugel in Vitriolåther, und lasse den mit herauskommenden Åther ausdünsten; sogleich sinkt das Thermometer, und befördert man diese Ausdünstung mit einem Blasebalg, so sinkt das Thermometer sehr schnell um 20 bis 30 Grade R.; mit gemeinem Wasser findet eine ähnliche, aber viel kleinere Wirkung Statt, weil das Wasser langsam verdunstet.

3) Eine mit Åther umgebene kleine Portion Wasser kann mitten im Sommer, unter der Luftpumpe, zum Frieren gebracht werden, durch die schnelle Verdampfung des Åthers.

Mittelst dieses Satzes erklären sich manche wichtige und unwichtige Phänomene, als z. B. warum die Entstehung eines Nebels die Lufttemperatur erhöhet, warum ein mit Dampf bedeckter Acker oder Weinberg vor einem leichten Froste gesichert ist, warum ein vom Feuer genommener metallener Kessel auf die Hand gelegt werden kann, so lange das Wasser noch darinnen kocht, warum die Ostindier ihre Getränke in der Erde eingraben und Feuer darüber anzünden, um sie abzukühlen ꝛc. Ausserdem ziehen die Wissenschaft, die Kunst und das gemeine Leben sehr wichtige Vortheile aus der Lehre der Dampfbildung

und Zersetzung. Folgende Paragraphen enthalten einige der vorzüglichsten.

§. 741.

Die Dampfmaschinen, deren Erfindung und Vervollkommnung England beinahe ausschließlich angehört, das Meisterwerk der Mechanik, das mit der Organisation eines lebendigen Thieres in so vielen Rücksichten verglichen werden kann, welches die größte mechanische Kraft liefert, welche der Mensch sich unterwerfen kann, beruht auf die genaue Kenntniß der Dampfbildung und der Dampfzersetzung. Jene liefert eine Flüssigkeit, deren große Elasticität ungeheure Lasten zu heben vermag; diese zernichtet die Elasticität, reducirt das Volum auf $\frac{1}{1000}$, um einer neuen Erzeugung und Expansion derselben elastischen Flüssigkeit Raum zu machen, und so einen mächtigen Rollhebel in beständig abwechselnden Bewegungen zu erhalten.

In den Vorlesungen wird das Vorzüglichste von der Erfindung durch Worsheter, Savary, Papin und Newcomen, dann von den wichtigen Verbesserungen durch Watt, das Vorzüglichste angeführt.

§. 742.

Papin's Digestor zeigt die Wirkungen der größern Wärme und Elasticität des Dampfes, zur Erweichung harter Körper, zur schnellen Auflösung animalischer und vegetabilischer Substanzen in Wasser. Van Marum hat eine sehr vortheilhafte Einrichtung desselben für Armenanstalten vorgeschlagen und ausgeführt, durch welche man die sonst weggeworfenen Knochen zwingt, eine reichliche und gesunde Gallerte zu liefern.

§. 743.

Das ganze Geschäft der Destillation, im Großen und im Kleinen, beruht auf der Kenntniß der verschiedenen Siedhitzen verschiedener Substanzen, die man durch Erhitzung von einander trennt. Eine bessere Einsicht in das Wesen der Dampferzeugung und Dampfzersetzung würde schon längst den Schaden der sogenannten Helme gezeigt, so wie auf zweckmäßigere Kühlapparate geführt haben. *)

§. 744.

Die Bindung der Wärme, durch Dampfbildung, ist das wahre und einzige Princip des Feuerlöschens durch Wasser und andere tropfbare Flüssigkeiten. Zur Verwandlung des Wassers von 10° Temperatur in Dampf werden 409° Wärme erfordert. Diese ungeheure Wärmeverschluckung geschieht auf Kosten der Hitze des brennenden Materials und erkältet solches so sehr, daß es die Temperatur, die es zum Glühen nöthig hat, nicht behalten kann, wodurch der Verbrennungsproceß aufhören muß. Nur muß das Wasser schicklich angewandt werden, wenn es in geringer Menge diesen Dienst leisten soll. Nach meinen Versuchen gehören nicht mehr als 30 Pfund Wasser, um eine brennende, halb verkohlte, Holzfläche von 500 Quadratfuß zu löschen.

In den Vorlesungen wird etwas von den sogenannten künstlichen Löschmitteln, von den Verdiensten Van

*) Vor etwa 12 Jahren ließ ich schon in Liefland die Helme in einer großen Branntweinbrennerei, mit dem Vortheil von $\frac{1}{3}$ auf das nöthige Brennmaterial, abschaffen. Aber erst seit einem Jahre macht unser hiesiger Kupferschmidt Destillirkessel ohne Helme, obgleich ich in meinen Vorlesungen und im Privatumgange diese Maßregel seit 7 Jahren empfehle.

Marum's zur Aufdeckung ihrer Blößen, von dessen kleinen Spritzen und von dem von mir im Voigtschen Magazin beschriebenen Löschinstrumente das Wichtigste angeführt.

§. 745.

Endlich erhellt die große Wichtigkeit der Lehre der Verdampfung daraus, daß alle meteorologischen Phänomene aus ihr, und aus ihr allein, sich erklären lassen.

B. Von dem Gefrieren und Schmelzen.

§. 746.

Wir nehmen wieder, wie bei der Lehre der Dampfbildung und der Dampfzersetzung, das Wasser zum Typus der tropfbaren Flüssigkeiten.

a) Wenn flüssiges reines Wasser von einer mittleren Temperatur erkältet wird, so zieht es sich zusammen, wird specifisch schwerer, bis zu einer Temperatur von + 3,55° R. Hier ist das Maximum der Dichtigkeit; dann dehnt es sich wieder aus, bis zum Frierpunkte, oder 0° R., nach Rumford um $\frac{1}{3\,2\,2\,6}$. De Luc hat uns zuerst auf dieses wichtige, aber in der That noch einigermaßen räthselhafte, Phänomen aufmerksam gemacht.

b) Hat das Wasser die Temperatur 0 erreicht, so bilden sich Anfangs an der Oberfläche einzelne feine länglichte Crystalle, welche vom Rande ausgehen, aber selten in senkrechter, vielmehr fast immer in schiefen Richtungen gegen den Rand. Diese Crystalle vermehren sich bald zu einer förmlichen dünnen Eisrinde; dann sieht man die nämliche Operation in den tiefern Schichten vor sich gehen, bis endlich diese einzelnen Eiskrusten oder Eisblättchen sich conglomeriren, und nun zusam-

men eine einzige feste Eismasse bilden, welches in der Mitte am spätesten geschieht.

c) Während dieser Operation entstehen im Innern einzelne Blasen, welche, wenn das Gefrieren bei strenger Kälte sehr schnell geschieht, so zahlreich sind, daß sie die Eismasse undurchsichtig machen.

d) Während dem Gefrieren dehnt sich die frierende Masse beträchtlich aus, desto stärker, je schneller das Gefrieren vor sich geht. Dieses geschieht mit einer ausserordentlichen Gewalt. Hr. Wahl, zu Michelstadt im Odenwalde, hat, bei — 17° R., eine mit Wasser gefüllte Bombe, von Gußeisen, von 19″ Durchmesser und 15‴ Dicke, durch Gefrieren so gesprengt, daß Stücke von 150 Pfund 10 Schritte weit geschleudert wurden. Major William, in Quebeck, trieb durch Gefrierung, unter — 17° R., einen 39½ Unze schweren Stöpsel auf 62 Fuß weit, und, unter — 23° R., einen 41¾ Unzen schweren Stöpsel auf eine Weite von 415 Fuß. Dabei kam noch ein Eiscylinder, von 4 Zoll Länge, aus der Bombe. Die florentinische Academie ließ eine messingene Kugel, von 29⅓‴ äussern und 13‴ innern Durchmesser, mit Wasser füllen und einfrieren. Sie platzte entzwei. Muschenbroek berechnet die dazu nöthige Kraft auf 27720 Pfund. Da aber der Cubicinhalt derselben $(\frac{1}{1}\frac{3}{2})^3$ sphärische Zoll enthielt, so würde, nach dieser Berechnung, ein sphärischer Zoll frierenden Wassers eine Expansionskraft von etwa 21800 Pfund ausüben. Das Verhältniß des specifischen Gewichts, welches das Wasser beim Frieren erhält, zu dem des noch

flüssigen, ist nicht immer gleich. Die äussersten Gränzen der Beobachtungen sind 9 : 8 und 18 : 17.

e) Im Augenblicke des Frierens ist die Temperatur des Eises immer beständig, nämlich die 0 der gewöhnlichen 80theiligen Thermometerscale.

f) Im Augenblicke des Frierens dünstet das Wasser beträchtlich aus, mehr als im flüssigen Zustande bei niedriger Temperatur. Indeß hat man keine ganz reine Versuche darüber.

g) Fordyce hatte geglaubt, bei dem in verschlossenen Gefäßen frierenden Wasser eine Gewichtszunahme von $\frac{3}{16}$ Gran auf 1700 Gran zu finden. Ein Satz, der eine große Revolution in unsern Begriffen von der Wärme hervorgebracht haben würde. Aber Rumford's Versuche, welche mit aller nur ersinnlichen Genauigkeit angestellt sind, beweisen, daß keine Gewichtszu- oder Abnahme Statt findet.

Diese zahlreichen Phänomene, deren einige in der That noch ziemlich räthselhaft sind, werden weiterhin noch genauer geprüft.

§. 747.

Jeder Übergang einer Flüssigkeit in den concreten Zustand, ohne Mischung einer andern, ist ein wahres Gefrieren, welches durch Entziehung der Wärme geschieht, so wie jeder Übergang eines festen Körpers in den tropfbar-flüssigen Zustand eine Schmelzung ist. Bei allem ist die zu einem dieser Übergänge erforderliche Temperatur eine bestimmte für jede Substanz. So frieren

Wasser, ganz reines, unter = = 0° R.
Milch = = = = = 1 —
Weinessig = = = = = $1\frac{3}{4}$ —
Urin = = = = = $1\frac{3}{4}$ —
Weine, einige, = = = = 5 —
Alkohol und Wasser, zu gleichen Theilen, gemischt = = = = = $17\frac{1}{4}$ —
Queckſilber = = = = $32\frac{1}{2}$ —
Schwefeläther = = = = 35 —
Ammonium, reines, = = = $32\frac{4}{5}$ —
Oxygenirte Salzsäure = = = 39 —
Reines Alkohol ist noch nicht zum Gefrieren gebracht worden.

So schmelzen
Baumöhl = = = = ✢ 3
Butter = = = = ✢ 20 = 25
Phosphor = = = = ✢ 32
Talg = = = = = ✢ 32 = 37
Wachs = = = = ✢ 48
Colophonium = = = ✢ 86
Schwefel = = = = ✢ 92
Eine Mischung von Blei, Zinn und Wismuth, zu gleichen Theilen, = ✢ 80
Wismuth und Zinn, zu gl. Th., = ✢ 112
Wismuth und Blei, zu gl. Th., = ✢ 134
Zinn = = = = = ✢ 167
Wismuth = = = = ✢ 190
Blei = = = = = ✢ 228
Kupfer = = = = = ✢ 1621$\frac{3}{4}$
Gold = = = = = ✢ 1853
Eisen = = = = = ✢ 7527
Platina = = = = = ✢ 13896

§. 748.

Bei dem Übergange der Flüssigkeiten in die concrete Gestalt crystallisiren sich einige, andere nicht. Von der letztern Art sind die Öhle, Butter, Talg, Wachs ꝛc. Von der erstern sind das Wasser und dessen Mischungen mit Salzen, Säuren, Alkalien, Alkohol, der Schwefel, die Metalle. Vorzüglich deutlich ist die Crystallisation am Wismuth, Arsenik, Spießglanz, Zink und Queckſilber. Nur zwei Metalle, Gußeisen und Wismuth, werden bei dem Gefrieren specifisch leichter, die übrigen schwerer, vorzüglich das Queckſilber, welches etwa $\frac{1}{27}$ seines Volums verliert.

§. 749.

Bei dem Schmelzen des gefrornen Wassers, und bei dem Gefrieren des flüssigen Wassers, gehen sehr merkwürdige Temperaturänderungen vor.

Man mische, gleich viel nach Gewicht, Schnee von der Temperatur 0° R., und Wasser von + 60° R., schnell unter einander, so schmilzt der Schnee vollkommen und das Ganze erhält die Temperatur 0.

Nach dem richmannschen Gesetze sollte die mittlere Temperatur 30° seyn. Da aber die Mischung die Temperatur des Schnees angenommen hat und sonst nichts vorgegangen ist, als die Schmelzung des Schnees, so hat diese Schmelzung 60° Wärme verschluckt; das heißt, daß um 1 Pfund festes Wasser zu schmelzen und auf seiner Temperatur 0° zu erhalten, so viel Wärme erfordert wird, als um 1 Pfund flüssiges Wasser von 0° auf 60° zu erwärmen. Nach

Wilke sind es 58; nach Black $62\frac{2}{9}$; nach Lavoisier 60 Grad.

§. 750.

Vermischt man 1 Pfund Schnee, zu — 10° R., mit $\frac{1}{6}$ Pfund Wasser, zu 0° R., so friert die ganze Masse und erhält die Temperatur 0°. Und allgemein sey — n die Temperatur von 1 Pfund Schnee, so wird $\frac{n}{6n}$ Pfund Wasser, dazu gegossen, gefrieren und das Ganze die Temperatur 0 erhalten.

In diesem Versuche wird die Temperatur des Wassers nicht erniedrigt, obgleich 6mal so viel Schnee von — 10° dazu gemischt worden ist; vielmehr steigt die Temperatur des Schnees auf 0, oder um 10°. Folglich muß das Gefrieren des Wassers eine Wärme hergegeben haben, welche fähig war, 6mal so viel Schnee um 10° zu erwärmen; also liefert das Gefrieren des Wassers so viel Wärme, als nöthig ist, um eben so viel Schnee um 60° zu erwärmen.

§. 751.

Aus den Versuchen §. 749. und 750. folgt, daß die Formänderung des Wassers, aus der concreten in die flüssige Gestalt, 60° R. Wärme verschlucke und die entgegengesetzte Formänderung eben so viel Wärme erzeuge. Bei andern Substanzen gehen ähnliche Änderungen in der Wärme vor, aber sie sind nicht mit derselben Genauigkeit beobachtet worden. Dasselbe Wärmephänomen findet Statt, wenn man Substanzen, welche Affinität zu einander haben, mit einander vermischt. So wird Wärme erzeugt, wenn man Wasser und Gyps, Metalle und Säuren, Säuren und Alkalien, reine, nicht crystallisirte, Alkalien

und Salze und Wasser mit einander vermischt ꝛc., weil einer der beiden Stoffe, oder gar beide, aus der flüssigen Form in die concrete übergehen. Gleichfalls wird Wärme verschluckt, wenn man Salze in Wasser, Metalle in Queckſilber auflöſet, weil eine der beiden Subſtanzen aus der concreten Geſtalt in die feſte übergeht.

§. 752.

Betrachten wir nun, von dieſem Standpunkte aus, die Phänomene der Gefrierung des Waſſers, §. 746., ſo laſſen ſich viele derſelben erklären. Das Gefrieren in offenen Gefäßen geſchieht allmählig; man ſieht Anfangs nur ſehr feine nadelförmige Cryſtalle entſtehen. Vor der Erſcheinung derſelben müſſen alſo noch viel feinere ſich gebildet haben, die ſich dem Auge entziehen, welche in dem Waſſer ſich ſchwebend erhalten; bei ihrer Bildung muß einige Wärme erzeugt worden ſeyn, daher auch Soyecourt bemerkt hat, daß unmittelbar vor dem Gefrieren, das heißt vor der Bildung der ſichtbaren Cryſtalle, das Thermometer um $\frac{1}{8}$° R. ſteigt,*) und dieſe Beobachtung beweiſet umgekehrt, die unſichtbare Cryſtallenbildung. Von dieſem Augenblicke an, bis zum ſichtbaren Frieren, iſt alſo die Flüſſigkeit ein Gemiſch von Waſſer und Cryſtallen, und alſo iſt's begreiflich, daß, da das Eis ſpecifiſch leichter iſt, als frierendes Waſſer, dieſes Gemiſch ein größeres Volum einnehme, als das Waſſer, oder daß das Waſſer in der Nähe des ſichtlichen

*) Daß nach Fourcroi und Soyecourt, bei der gänzlichen und ſchnellen Cryſtalliſation des Waſſers, das Thermometer um 2° bis 3° R. über die 0 ſteigen könne, ſogleich aber wieder ſinke, iſt aus §. 750. begreiflich.

Gefrierens sich ausdehne. Es folgt aber auch daraus, daß der absolute Frierpunkt nicht bei 0° R., sondern bei + 3,55° R. ist. Es ist indeß leicht einzusehen, daß wir doch den gewöhnlichen Frierpunkt zur Graduirung der Thermometer beibehalten müssen.

§. 753.

Die Blasen, welche während dem Gefrieren entstehen, erklären sich gleichfalls aus der Temperaturerhöhung, welche das Gefrieren selbst erzeugt. Die Luft, welche das Wasser enthält, ist mit dem Wasser durch die Affinitätswirkung erster Art gebunden. Dieser Bindung der Luft widersteht ihre Elasticität; wird diese durch Wärme erhöhet, welches durch das Gefrieren einiger Theile geschieht, so ist's begreiflich, daß sie nun die Oberhand über die Affinität erhalte, und also die Luft aus ihrer Verbindung mit dem Wasser trete. Humbold fand durch seine Versuche, daß die durch das Gefrieren entwickelte Luft so viel (und von gleicher Art) ist, als diejenige, welche durch eine Temperatur von 32° R. entwickelt wird. Da nun jedes Eistheilchen durch seine Bildung eine gleiche Quantität Wasser um 60° erwärmen kann, so folgt daraus, daß die durch partielle Gefrierung entstehende Wärme sich beinahe einer doppelten Portion ungefrornen Wassers mittheile.

§. 754.

Allein die bei dem Gefrieren entstehenden Blasen sind nicht immer Luftblasen.

Man lasse gut ausgekochtes Wasser, das also seine Luft so viel als möglich verloren hat, im

guerikeschen Vacuo gefrieren, so erhält man eine blasigte Eismasse, die ganz undurchsichtig ist, und wie gefrorner Schaum aussieht. So auch in der torricellischen Leere.

† Man nehme gleichfalls ausgekochtes Wasser, und verkorke es in einer kleinen gläsernen Flasche, und Wasser, das mit Kohlensäure sehr stark imprägnirt ist, in einer gleich großen Flasche, und lasse beide, bei einer Temperatur von etwa — 18° R., frieren; beide werden eine gleich undurchsichtige blasigte Masse liefern.

Die ausserordentliche Menge von Blasen, welche im ausgekochten Wasser entstanden sind, können nicht bloß Luftblasen seyn. Denn wenn es gleich bekannt ist, daß das Kochen in der guerikeschen Leere etwas mehr Luft entwickelt, als das gewöhnliche Kochen, so ist's doch nicht eine solche (wirklich ungeheure) Menge. Diese Blasen müssen also größtentheils Dampfblasen seyn; und der §. 751. erklärt sie. Denn das Wasser kocht in der guerikeschen Leere schon bei + 30° R. vollkommen, §. 736; da aber die Wasserschichte um den sich bildenden Eiscrystall in ihrer mittleren Entfernung noch + 32° R. haben muß, die näheren Theile aber eine noch größere, wegen der schlechten Leitungsfähigkeit des Wassers, so müssen wir annehmen, daß jedes Wasserhäutchen um den Crystall herum bei weitem mehr als die Siedhitze haben, folglich sich in einen elastischen Dampf verwandeln muß.

§. 755.

Die Ausdehnung des Wassers im Augenblicke des Frierens, und die ungeheure Kraft, womit dieses

geschieht, erklärt sich aus der Entstehung der Luftblasen vollkommen gut. Denn daraus, daß die Luft im flüssigen Wasser dessen specifisches Gewicht gar nicht ändert, müssen wir schließen, daß diese Luft die Dichtigkeit des Wassers angenommen habe, folglich eine ungefähr 800fache Elasticität haben müsse als vor ihrer Verbindung, welcher die Affinität das Gleichgewicht hält. Wird nun durch die beim Gefrieren entstehende Wärme eine neue Expansivkraft der Affinität entgegen gesetzt, die die Luft frei macht, so muß diese Luft sich mit einer Kraft auszudehnen trachten, welche dem 800fachen Drucke der Atmosphäre gleich ist, welches eine Kraft von 35168 Pfund auf der Oberfläche eines sphärischen Zolls ausmacht.*) Zwar scheinen die Versuche mit ausgekochtem Wasser, wobei die Flaschen auch zerspringen, dieser Erklärung entgegen zu seyn. Allein wir können nicht annehmen, daß Wasser, unter dem Luftdrucke gekocht, völlig von Luft entblößt sey, wie schon bemerkt worden. Diese nun zurückgebliebene Luft entwickelt sich bei dem abermaligen Kochen im Augenblicke des Frierens im verschlossenen Gefäße, muß sich also wie im ungekochten Wasser verhalten, mit dem Unterschiede, daß dem

*) Hier können wir einen Rückblick auf §. 465. machen, und das Sprengen der Felsen durch benetzte Holzkeile erklären. Das trockene Holz enthält, wie das Wasser, viel Luft in einem ähnlichen Zustande der Compression durch ihre Affinität zum Holze. Durch das Eindringen des Wassers in's Holz (sey es durch bloße Capillarität oder durch Affinität) wird diese so zusammengedrängte Luft befreit. Sie muß also sich mit einer ähnlichen Kraft, als bey dem Gefrieren, auszudehnen trachten. An der Oberfläche des Holzes entweicht sie auch; aber im Innern kann sie nicht ausweichen, und übt also ihre ganze Elasticität aus.

Zersprengen des Gefäßes der 1malige Druck der Atmosphäre sich entgegensetzt, mithin die Sprengungskraft nur einem 799- statt 800maligen Drucke der Atmosphäre gleich ist.

§. 756.

Gegen die obige Erklärung, der Ausdehnung des Wassers durch das Gefrieren, könnte man noch einwenden, daß es Eisstücke giebt, in welchen man keine Blasen wahrnimmt; und nirgends könnte diese Einwendung mehr Gewicht haben, als hier im Norden; wo die Düna und Newa, selbst der Embach, Massen von bläulichtem Eise liefern, von 3 bis 4 Fuß im Cubus, worin selten eine einzige merkliche Blase anzutreffen ist, so homogen, als das reinste Crystallglas. Solche Massen entstehen unterhalb der obern Eisrinde der Flüsse, durch ein langsames Gefrieren, wobei die, in jeder unendlich dünnen neuen Eisschichte, in sichtbaren Blasen entwickelte Luft von dem unterhalb fließenden Wasser verschluckt und abgeführt wird, und die Dampfblasen Zeit haben, sich zu zersetzen; ein solches Eis ist auch das specifisch schwerste. Bei der Entstehung eines solchen Eises sieht man freilich keine gewaltsame Ausdehnung, da kein Widerstand da ist. Die Volumvermehrung kann aber dennoch von der nämlichen Ursache herrühren, da diese Ursache in den Fällen, wo sie sichtbar wirkt, diese Ausdehnung bewirkt. Das ganz durchsichtig und homogen scheinende Eis ist nicht völlig homogen; es enthält noch Luft, aber in so feinen Blasen zertheilt, daß wir sie nicht bemerken können; die Schmelzung aber zeigt deren Daseyn.

§. 757.

Nachdem gezeigt worden, daß bei dem Frieren 60° R. Wärme entwickelt werden, ist es begreiflich, daß das Wasser im Augenblicke des Gefrierens ausdünste. Übrigens geschieht diese Ausdünstung nur an der freien Oberfläche, daher die Resultate der Abwägungen so verschieden ausfallen, nachdem diese freie Oberfläche nach Verhältniß der ganzen Wassermasse größer oder kleiner ist. Ließ man eine sehr dünne Wasserschichte frieren, so würde man eine im Verhältniß der Masse weit größere Ausdünstung bemerken.

§. 758.

Die §. 746. d angeführten Versuche des Majors William, in Quebeck, beweisen, daß das eingeschlossene Wasser plötzlich gefriere, nicht, wie das offene Wasser, allmählig. Der weitgeschleuderte Stöpsel und der herausgetretene Eiscylinder deuten, jener nur auf eine plötzliche Expansion, dieser auf die Flüssigkeit des ganzen Wassers im Augenblicke dieser Expansion.

§. 759.

Das Wasser, wenn es völlig stille ist, kann tief unter dem Frierpunkte erkältet werden, ohne zu frieren. Fahrenheit, de Luc, Blagden, Wilke, Brugmanns, brachten es bis — 7°, bis — 11 sogar, unter dem 0° R. Gewöhnliche Bewegungen, zum Beispiele mit einem Federkiele, erzeugen das Frieren nicht, wohl aber Erschütterungen. Am auffallendsten geschieht das Crystallisiren, und zwar plötzlich, wenn man mit einem Stückchen Eis die Oberfläche

berührt. Diese Versuche glücken am besten mit destillirtem und gekochtem Wasser, mit trübem Wasser gar nicht; dieses gefriert gleich bei der reaum. 0. So bald jenes unter der 0 erkältete Wasser gefriert, steigt plötzlich das Thermometer auf den Frierpunkt.

Versuch mit ausgekochtem reinen Wasser in einer großen Thermometerröhre, die man unter dem Frierpunkte erkälten läßt. Zerschlägt man sie, so fließt das Wasser aus derselben, und friert augenblicklich.

Dieses plötzliche Frieren der ganzen Masse deutet auf vorhergegangene Bildung unzählig vieler unsichtbaren Crystalle, die nur einer äussern Einwirkung bedürfen, um sich unter einander und mit dem übrigen Wasser zu conglomeriren. Wie es aber hiemit zugeht, ist noch ein Geheimniß, welches nur durch die Entdeckung der Gesetze der Crystallisation aufgedeckt werden kann.

§. 760.

Wenn man zu dem reinen Wasser irgend ein Salz zumischt, so friert es später, nur bei größerer Kälte; so daß dieses ein Mittel ist, das Wasser im Frieren aufzuhalten, der einzige Nutzen des Salzes im Wasser bei dem Feuerlöschen. Die gewöhnliche Meinung ist, daß wenn Salzwasser friert, das Salz sich niederschlägt und das Eis kein Salz enthalte. Ich habe gegen 30 Versuche hierüber angestellt, unter Temperaturen von — 3° R. bis — 24° R., mit Wasser, deren Gehalt an Kochsalz von $1\frac{1}{2}$ p. C. bis 100 p. C. ging, und durchaus gefunden, daß ein Theil des Salzes mit gefriert, am meisten bei sehr großer Kälte und bei

großem Salzgehalte. *) Ein anderer Theil des Salzes geht allerdings in die nicht gefrorne Flüssigkeit über, und wenn diese gesättigt ist, sieht man einen Salzniederschlag. Auch ist die Crystallisation des Salzwassers von der des ungesalzenen verschieden. Es zeigen sich, nach Maßgabe der Kälte und des Salzgehaltes, spießige, blätterichte, rhomboidalische, gezackte, und cubische Crystalle.

§. 761.

Legt man ein Stück Eis von reinem Wasser und von der Temperatur o oder — 1 in Salzwasser von der Temperatur o, so schmilzt das Eis nach und nach.

Dieses Resultat ist um so auffallender, da, nach §. 749., 60° Wärme erfordert werden, um jeden Theil gefrornen Wassers bloß zu schmelzen. In der That sieht man auch die Temperatur des Gemisches sinken. Dieses Sinken der Temperatur kann aber nur so lange Statt haben, als die gemischte Flüssigkeit noch nicht bis zu ihrem Frierpunkte erkältet ist, da denn jede Entziehung der Wärme, mithin jedes Schmelzen des Eises unmöglich wird, weil das Gefrieren neue Wärme entbinden würde. Dieser Versuch führt auf den Weg, eine beträchtliche künstliche Kälte zu erzeugen; dazu braucht man nur gestoßenes Eis oder Schnee in eine Flüssigkeit zu werfen, welche nur unter sehr hohen Graden von Kälte frieren kann, und die sich mit dem Wasser zu verbinden im Stande

*) Wenn also die Seefahrer, in der Nähe des Pols, ungesalzenes Eis finden, so ist solches gewiß nicht gefrorenes Meerwasser, welches bei solcher Kälte alles Salz beibehalten würde, sondern ist geschmolzenes und dann gefrornes Schneewasser.

ist. Dahin gehören alle Säuren, die Salze, die Alkalien, der Weingeist ꝛc. *) Allein die künstliche Kälte wird nicht bis zu dem Grade getrieben werden, wo die reine Säure oder der reine Weingeist erst gefriert, sondern bis dahin, wo die Mischung aus dieser Substanz und dem geschmolzenen Schnee friert.

§. 762.

Die Salze werden in concreter Form dem Schnee beigemischt, damit sie desto mehr Schnee schmelzen können, ehe sie beträchtlich mit Wasser diluirt werden, weil von der Quantität des geschmolzenen Schnees die Erzeugung der Kälte abhängt. Allein sie würden sich mit dem Schnee nicht verbinden, wenn sie nicht mit etwas Feuchtigkeit in Verbindung kämen. Um diesen geringsten Grad von Feuchtigkeit zu verschaffen, nimmt man das Salz zu einer Temperatur, welche ihn fähig mache, einen kleinen Anfang von Schmelzung hervorzubringen; dann setzt sich die Schmelzung von selbst fort. Aus diesem Grunde muß jedes Salz und jedes Alkali zu diesen Versuchen hinlängliches Crystallisationswasser haben, welches man an der Crystallisation selbst erkennt; sonst erzeugt die Verbindung der ersten Wassertheile eine beträchtliche Wärme durch die Concretwerdung (§. 751.) des Wassers. Daher bewirkt man meistens weniger Kälte mit den flüssigen Säuren und dem reinen Weingeiste, als mit den crystallisirten Salzen, und um diese Erhitzung zu verhindern, muß man Säuren und Weingeist nehmen, welche schon mit etwas Wasser vermischt sind.

*) Mit dem Weingeist habe ich, glaube ich, die ersten Proben, durch die Theorie geleitet, angestellt.

§. 763.

Folgende Resultate geben einen Begriff der Grade von künstlicher Kälte, die man erhalten kann.

1 Theil Kochsalz mit 5 Theilen Schnee, von der Temperatur o, giebt — 17° R.

† Schnee von — 2° R. mit gemeinem Spiritus (Weingeist mit $\frac{1}{4}$ Wasser verdünnt) gemischt, bis die Mischung zu einem dünnen Brei wird, giebt — $24\frac{1}{2}$° R.

3 Theile Schnee, 1 Theil verdünnte Schwefelsäure (Schwefels. 4, Wasser 1), liefern — $26\frac{1}{2}$° R.

1 Theil salzsaure, gut crystallisirte und trokkene Kalkerde, mit 2 Theilen Schnee, giebt — 34. Im Verhältniß von 4 : 3 des Salzes zum Schnee hat man — 39 erhalten. Durch Zulegung von caustischen Natron hat van Mons — 53° erhalten.

Mit Weingeist und Säuren kann man höhere Grade der Kälte erhalten, wenn man die Materialien vorher in einer ähnlichen Mischung beträchtlich erkältet.

§. 764.

Feste Körper, welche man solchen hohen Graden der Kälte aussetzt, werden beträchtlich spröder; van Mons fand, daß Gold, Silber, Blei und Zinn nicht mehr malleabel sind, und daß Federn wie Glas zerbrechen. Sehr merkwürdig ist diese auffallende Verminderung der Cohäsionsweite durch die Kälte, da doch unter diesen Umständen das Volum vermindert wird, mithin ein allgemeines Anrücken der Theile an

einander Statt findet. Dieselbe Wirkung erfolgt durch mechanische Zusammentreibung derselben.

Viertes Kapitel.

Von dem Wärmestoffe.

§. 765.

Nachdem wir in den vorigen Kapiteln die Phänomene der Wärme gehörig kennen gelernt haben, können wir nun in das Wesen der Wärme tiefer eindringen, und die Frage aufwerfen: Welche Ursache können wir für diese Phänomene aufstellen? Ein weites Feld für die Einbildungskraft des Physikers! Könnten wir irgend eine Materie rein darstellen, wie wir etwa feste Körper, Liquoren, Gase darstellen, welcher wir die Phänomene der Wärme zuschreiben könnten, so dürften wir nur diese Materie nennen und die Aufgabe wäre aufgelöset. Allein wir können keine solche Wärmematerie rein darstellen, wir können nirgends ihre Quantität, weder nach Gewicht, noch nach Volum, angeben; wir finden überall Wärme, und können sie nirgends angreifen, nirgends festhalten, nirgends in Gefäßen oder Räumen coerciren. Daher muß die Einbildungskraft des Physikers, diese Gabe in dem Gesehenen das Nichtgesehene zu erkennen, hier aushelfen; aber sollen wir nicht im Felde phantastischer Ideen irren, so muß eine strenge Logik und der Geist der Mathematik ihr immer zur Seite seyn und ihre Schritte leiten. Bei den Alten können wir keine Auflösung dieser wichtigen Frage

finden, und wenn wir ja hie und da, z. B. bei Aristoteles, eine der Wahrheit sich nähernde Behauptung antreffen, so ist sie da mehr als Werk des Zufalls, als der Wissenschaft, weil damals die Phänomene der Wärme noch bei weitem nicht hinlänglich erforscht waren, um eine wissenschaftliche Beantwortung dieser Frage zuzulassen.

§. 766.

Zu Anfange des Wiederauflebens der Wissenschaften in Europa, haben Baco und Descartes, und nach ihnen mehrere Naturforscher, durch das Phänomen der Wärmeerzeugung durch Reibung geleitet, die Wärme bloß als einen Zustand der Körper angesehen und diesen Zustand für den der Vibration erklärt. Sie nehmen keine eigene Wärmematerie an, sondern daß jede Materie für sich ohne Zuthun anderer warm werden könne, wenn nur die gehörigen Vibrationen der feinsten Theile derselben Statt finden. Allein diese Vorstellungsart ist aus folgenden Gründen unhaltbar:

1) Das allgemeinste Phänomen der Wärme, ist die Ausdehnung der Körper; die Vibrationen hingegen erzeugen abwechselnde Zusammenziehungen und Dilatationen der Massen, mithin keine bleibende Dilatation.

2) Die Vibrationen sind mechanische Bewegungen, theilen sich, nach den Gesetzen der elastischen Körper, im Verhältniß der Massen und Geschwindigkeiten mit; die Quantität der Bewegung wird nie vergrößert; dagegen vermehrt sich die Wärme im Phänomene der Entzündungen ohne Gränzen.

3) Der zweite Widerspruch, in der Hypothese der

Vibrationen, findet auch bei den Phänomenen der specifischen Wärme, ohne Feuer oder Entzündung, Statt; denn hier müßten die Vibrationen im Wasser 33mal so viel Queckſilber nach Gewicht in denſelben Vibrationszuſtand verſetzen, und auch 1 Theil Queckſilber nur $\frac{1}{33}$ Waſſer in dieſelbe Vibration verſetzen können.

Dieſe Einwendungen gelten mehr oder weniger gegen die Hypotheſe, nach welcher man eine eigene Wärmematerie annimmt, die überall gleichförmig verbreitet iſt, und durch ihre Vibrationen die Wärmephänomene erzeugt.

§. 767.

Die Annahme einer eigenthümlichen Wärmematerie, eines Wärmeſtoffs, der allgemein verbreitet iſt, ſich aber mit den verſchiedenen Körpern in verſchiedenen quantitativen Verhältniſſen verbindet, paßt nicht nur zur Erklärung aller Phänomene der Wärme, ſondern wird auch ſtreng logiſch durch folgende Gründe gerechtfertigt.

1) Jedes materielle Phänomen muß eine materielle Urſache haben. Das characteriſche Kennzeichen der Materie iſt die Impenetrabilität, und der Wärmeſtoff zeigt dieſe Eigenſchaft durch die Ausdehnung aller Körper.

2) Nur Materie kann ſich durch Affinität mit der Materie verbinden, und das charakteriſche Kennzeichen der Affinität iſt freiwilliger Übergang aus einer Materie in die andere. Dieſen Übergang zeigt jedes Wärmephänomen in den eminenteſten Graden, und zwar in verſchiedenen für verſchiedene Materien.

Die Formänderung, im engern oder weitern Sinne, welche alle Affinitätsphänomene stets begleitet, begleitet auch stets die Wärmephänomene, welche also, von der mechanischen und von der chemischen Seite betrachtet, das Daseyn eines Wärmestoffs beweisen. Wir schließen also auf dieses Daseyn von den mechanischen und chemischen Wirkungen. Ob der Wärmestoff schwer sey oder nicht, kann nicht durch directe Erfahrungen ausgemittelt werden, weil unsre Wagen zu unvollkommen sind; daher man ihn imponderabel nennt, um ihn von den übrigen Substanzen, die unsre Wagen erreichen können und daher ponderabel, wägbar, genannt werden, zu unterscheiden. Und wenn die Wage auch zeigte, daß er nicht schwer sey, so wäre das keine Einwendung gegen dessen Daseyn als Materie; denn die Gravitation ist keine absolute Eigenschaft der Materie. Ob die Flächenanziehung eine Eigenschaft des Wärmestoffs sey, wissen wir gleichfalls nicht; denn die Flächenanziehung bildet nur einfache Aggregate, deren Massenveränderungen sich nur durch das Gewicht und das Volum bezeichnen lassen.

Der Physiker muß also den Wärmestoff decretiren. Es ist keine willkührliche Vorstellungsart, die nur als Hypothese zu dulden wäre, sondern man ist dazu durch die Phänomene gezwungen, eben so streng als zur Statuirung des Drucks der Luft auf dem Barometer gegen den Horror vacui, der ganz das Analogon der Vibrationshypothese in der Lehre der Wärme ist. Das nun noch übrige Geschäft des Physikers ist, diesen Stoff in seinen Wirkungen genau zu betrachten, um von der Art seiner Wirkungen deutliche

Begriffe zu bekommen. Hier aber finden wir fast bei jedem vorzüglichen Physiker eigene Vorstellungsarten, die also nicht alle die richtigen seyn können. Um die richtige nicht zu verfehlen, muß man nur von dem factischen schließen und richtig schließen, d. h. nicht mehr als die reinen Facta enthalten. So wenigstens kommt nichts Unwahres in die Vorstellungsart, wenn auch sie nicht alles Wahre enthalten sollte. Diesen logischen Bedingungen Genüge zu leisten, müssen zuerst einige Fragen aufgeworfen und beantwortet werden.

§. 768.

Giebt es einen Kältestoff? Einmal an der Stelle des Wärmestoffs, dann auch neben dem Wärmestoffe? In letzter Beziehung können wir einen solchen Stoff, der sich in seinen Wirkungen zum Wärmestoff in den seinigen, wie eine negative Größe zu einer positiven verhielt, gar nicht statuiren; denn diese beiden Stoffe müßten sich überall, wo sie einander antreffen, wechselseitig binden, und es würde höchstens nur ein Theil eines von beiden als Überschuß noch bleiben. In ersterer Hinsicht aber läßt sich beim ersten Anblicke die Hypothese eines allgemein verbreiteten Kältestoffs aufstellen, nach welcher wir nicht wärmere, sondern nur minder kalte Körper hätten. Man würde also sagen müssen: die Körper werden durch Entziehung des Kältestoffs ausgedehnt; das Queckſilber hat eine 33mal größere Capacität für den Kältestoff, als das Wasser ꝛc. Nach dieser Ansicht wäre der Kältestoff ein coercirender Stoff für alle Körper, und diese hätten für sich ein unendliches Dilatationsvermögen; das heißt, es gäbe in der Natur

nur Repulsionen anstatt Attractionen, und der Kälteſtoff wäre das Band, welches die Theile der Materie an einander festknüpfte, und die Himmelskörper in ihrer Bahn erhielt. Können wir aber einem nicht wägbaren Stoffe solche mechanische Kräfte, welche von aussen nach innen wirken, zuschreiben? Nach Erschöpfung aller möglichen Begriffe hierüber, blieb nichts übrig, als anzunehmen, daß der Kälteſtoff eine große Anziehung zu sich selbst hat und zu der übrigen Materie, und daß er diese vermöge dieser doppelten Attraction an einander treibt. Allein, sobald wir Attraction überhaupt statuiren, so kommen wir bei der Erklärung der Phänomene auf dem andern bisherigen Wege viel wohlfeiler ab, und es bleibt noch auf der andern Seite die nicht zu beantwortende Frage übrig, wie ein überall verbreiteter Stoff die Materie nach irgend einer Seite treiben kann?

Der einzige Versuch, der überhaupt für das Daseyn eines Kälteſtoffs spricht, ist folgender von Pictet.

> Setzt man im Spiegelversuch von §. 719. ein Stück Eis anstatt des erhitzten Körpers im Focus des einen Spiegels, so fällt der Thermometer im andern Focus um ein paar Grade. Nimmt man eine künstlich erkältete Materie, so ist der Fall des Thermometers beträchtlicher, und war bei Pictet 5 bis 6° R.

Dieser Versuch scheint eine strahlende Kälte zu erweisen, wie der §. 719. eine strahlende Wärme erweiset. Allein dieser Versuch erklärt sich eben so gut durch die Strahlung des Wärmeſtoffs auf folgende Art: Sobald Fig. VII. der kalte Körper C im Brennpunkte des Spiegels A sich befindet, erkältet er

die ihn umgebende Luft, welche also von allen Seiten ihren Wärmestoff dahin strahlen läßt; der Spiegel A muß demnach auch den seinigen dahin strahlen lassen, und also von der Luftsäule zwischen ihm und dem Spiegel B ihn wieder erhalten, diese Luftsäule aber vom Spiegel B selbst, und dieser von der Luft, welche im Sector zwischen ihm und seinen Brennpunkt liegt, erkältet werden. Wird nun der Thermometer D in diesen Brennpunkt gesetzt, so strahlt er seinen Wärmestoff aus; alles, was er von der Spiegelseite ausstrahlt, wird vom Spiegel B aufgefangen, und durch den Spiegel A nach C zurückgeworfen; es muß also, so lange der Körper C sich dort befindet, eine beständige Strahlung des Wärmestoffs des Thermometers Statt finden, weil dieser Wärmestoff durch C mittelst der Spiegel aufgenommen, und zur Temperaturerhöhung von C verwandt wird.

§. 769.

Ist der Wärmestoff eine Flüssigkeit? Diese Frage wird von den Physikern, die einen Wärmestoff statuiren, wenigstens stillschweigend, allgemein bejaht. Allein wir haben kein Recht dazu. So lange die Schwere oder die Flächenanziehung des Wärmestoffs nicht factisch erwiesen ist, können wir die Idee einer Flüssigkeit nicht mit ihm verbinden. Dasjenige, was zu dieser Vorstellung des Wärmestoffs, als einer Flüssigkeit, Anlaß gab, ist die Art von Gleichgewicht der Wärme, die wir im §. 711. Temperatur genannt haben, welche aber kein Gleichgewicht des Wärmestoffs, in keinem mechanischen Sinne, ist, sondern nur eine specifische Vertheilung desselben zwi-

schen den verschiedenen Körpern, die nahe beisammen sind; eine Vertheilung, welche durch die Affinität bestimmt wird. Wir haben also in der Temperatur nur ein chemisches Gleichgewicht, keineswegs aber ein mechanisches, welches sich nur auf Schwere oder Elasticität beziehen kann, mithin nirgends die Wirkungen einer Flüssigkeit.

§. 770.

Ist der Wärmestoff elastisch? Auch diese Frage ist mit eben so wenigem Rechte, als die vorige, bejaht worden. Um sie überhaupt beantworten zu können, müßte man irgend einen Aggregatzustand des Wärmestoffs mit sich selbst kennen. Wir kennen aber einen solchen nicht; vielmehr sehen wir den Wärmestoff überall, wo er nicht mit andern Körpern verbunden ist, im Zustande der Strahlung, das heißt, der höchst möglichen Ausbreitung. Der Grund, den man für die Elasticität des Wärmestoffs zu haben glaubt, ist, daß er die ponderablen Substanzen elastisch macht; allein dieses ist nur von den tropfbaren Flüssigkeiten und sehr wenigen Gasen wahr; von den andern Gasen wissen wir nur, daß er ihre schon vorhandene Elasticität erhöhet; bei den festen Körpern aber vermindert er die Elasticität, wie aus §. 764. erhellt. Und wenn es auch wahr wäre, daß er alle Körper elastisch machte, so folgte noch nicht daraus, daß er selbst elastisch sey, so wenig, als daß der Sauerstoff eine Säure ist, weil er den Phosphor, den Schwefel ꝛc. zu Säuren macht.

§. 771.

So lange wir also den Wärmestoff nicht für sich

in bestimmten Massen dargestellt haben werden, dürfen wir gar nicht fragen, wie der Wärmestoff für sich besteht, sondern wir können ihn nur in seinen Verbindungen mit andern Stoffen betrachten. Für uns ist er nur ein chemischer Stoff, d. h., der sich mit andern Stoffen durch Affinität verbindet, und diese Verbindungen und die daraus entstehenden Erscheinungen sind der einzige Gegenstand der Betrachtungen des Physikers. In diesen Verbindungen erscheint der Wärmestoff in verschiedenen Zuständen.

§. 772.

Der Wärmestoff erscheint als freier Wärmestoff nur im strahlenden Zustande, das heißt, wenn er mit keinem andern Körper in Verbindung getreten ist. So müssen wir wenigstens sprechen, wenn wir mit den Worten einen bestimmten Sinn verbinden wollen. In diesem Zustande wissen wir von ihm nichts, als daß er sich stark und schnell, geradlinicht ausbreitet, und dann mit andern Körpern verbindet, wenn er welche auf seinem Wege antrifft. Über die Geschwindigkeit dieser Ausbreitung wissen wir nichts, als daß sie sehr groß sey, da die dazu nöthige Zeit in bestimmten Räumen nicht wahrnehmbar ist.

§. 773.

Der Wärmestoff erscheint im latenten Zustande, wenn er sich mit Körpern verbunden hat, ohne ihre innere Eigenschaften zu zerstören. Seine Hauptwirkung auf sie ist ihre Dilatation, welche unzählige Grade, nach der Natur und der Form der Körper, hat.

In diesem Zustande ist er temperaturerzeugend, durch das Thermometer angezeigt. Wird also ein warmer Körper in ein kälteres Medium versetzt und dadurch erkältet, so giebt dieser Körper dem Medium, nach Verhältniß seiner und des Mediums Capacität, so viel Wärmestoff, als nöthig ist, damit Körper und Medium in gleichem verhältnißmäßigen Grade mit Wärmestoff geschwängert werden; ganz so, wie Wasser und eine säurehaltige Flüssigkeit sich in die Säure theilen, bis sie in gleichem Grade damit geschwängert sind. Ist diese Gleichheit, dieses chemische Gleichgewicht erreicht, so hört alle Mittheilung auf. Hat aber dieses Medium nicht Dichtigkeit und Capacität genug, um den Wärmestoff aufzunehmen, den der Körper zu viel hat, so entweicht der Wärmestoff als strahlender Stoff, vermöge seines (uns freilich unerklärbaren, aber durch die Facta bewährten) Ausbreitungsvermögens, welches nur durch die Affinität anderer Stoffe zum Wärmestoff eingeschränkt ist. Die Temperatur ist also das Resultat des Verbreitungsvermögens des Wärmestoffs, und seiner speziellen Affinität zu den andern Körpern.

§. 774.

Warum aber ein warmer Körper in einer kalten Luft, d. h., in einem Mittel, das nicht fähig ist, ihm seinem ganzen überschüssigen Wärmestoff durch Affinität zu entziehen, seinen überschüssigen Wärmestoff ausstrahlen läßt, hingegen das Strahlen aufhört, sobald (§. 722.) die Temperatur des Körpers und des Mittels gleich sind — das wissen wir nicht. Viel-

leicht hat die Luft und jedes andere Mittel auch eine von der Temperatur abhängende Capacität für den strahlenden Wärmestoff. Wenigstens läßt sich nicht leicht die Erwärmung und Erhitzung eines Körpers in der Luft anders erklären.

§. 775.

Der latente Wärmestoff ist dasselbe, als das, was (§. 725.) spezifische Wärme genannt wurde. Er giebt sich durch die aus der Mischung heterogener, nicht Affinität auf einander äussernder, und mit ungleichen Temperaturen begabter, ponderabler Substanzen entstehende Vermehrung oder Verminderung der Temperatur zu erkennen. Seine Vermehrung oder Verminderung steht, für jeden einzelnen Körper, in einem genauen und bestimmten Verhältnisse mit der Temperatur dieses Körpers. Die Verbreitung des latenten Wärmestoffs in einen Körper, das heißt, die Erwärmung des Körpers, geschieht also durch die Affinität des Wärmestoffs mit dem Körper, und muß also geschehen nach den (§. 135.) angezeigten Affinitätsgesetzen. Daher die Langsamkeit seiner Verbreitung, wenn keine mechanische Bewegung Statt findet. Daß der Übergang des Wärmestoffs desto schneller seyn müsse, je größer seine Affinität zu dem Körper ist, folgt ganz natürlich aus dem gegebenen Begriffe von Affinität, also auch, daß die Leitungsfähigkeit der Körper für die Wärme nicht bloß aus ihrer Capacität und Dichtigkeit herzuleiten sey.

§. 776.

Auſſer dieſer chemiſchen Verbindung des Wärme-

stoffs, welche die Temperatur erzeugt, geht der Wärmestoff noch eine andere Verbindung durch Affinität ein, die inniger ist, als die des latenten Wärmestoffs, und die keine Temperatur erzeugt, so lange sie so besteht. Wir nennen den Wärmestoff in dieser Verbindung mit den Ponderabilien gebundenen Wärmestoff. Er giebt sich durch eine stets stattfindende Temperaturerhöhung bei der Mischung zweier mit einander Affinität habenden ponderablen Substanzen zu erkennen, nie aber durch die Mischung zweier nicht Affinität zu einander habenden Substanzen. Er ist von der Temperatur unabhängig und erzeugt auch keine Temperaturänderung, so lange er in diesem Zustande ist. Sobald er aber durch Mischungen wägbarer Stoffe diesen Zustand verläßt, wird er latenter Wärmestoff, und dann strahlend oder freier Wärmestoff, wenn die erzeugte höhere Temperatur größer ist, als die des Mittels. Alle chemischen Processe geben uns Beispiele solcher Veränderungen des Zustands des gebundenen Wärmestoffs. *)

*) Gegen den Satz, daß durch jede Affinitätsverbindung gebundener Wärmestoff latent und frei werde, streiten die Versuche, wo man entweder keine oder eine negative Temperaturänderung erhält, gar nicht. In diesen Fällen verschwindet die Temperaturerhöhung dadurch, daß eine Formänderung geschieht, welche der Mischung eine größere Capacität ertheilt. Das auffallendste hieher gehörige Beispiel ist die Erzeugung der künstlichen Kälte durch Säuren und Schnee. Zum Beispiele für solche Fälle diene die Berechnung der dritten Mischung von § 763. Die Mischung der Schwefelsäure mit Wasser bringt bekanntlich eine große Erhitzung hervor. Dem größten Theile dieser Erhitzung weicht man in diesem Versuche dadurch aus, daß man die Säure vorher mit 1 Theil Wasser auf 4 Theile Säure verdünnt. Gießt man

§. 777.

Lavoisier's Calorimeter, wenn es gehörig gebraucht wird, dient vortrefflich dazu, die Menge des latenten und des gebundenen Wärmestoffs zu erforschen. Für den latenten Wärmestoff erwärmt man

nun von dieser verdünnten Säure, nach dem dort angezeigten Verhältnisse, $2^{\frac{1}{2}}$ Unzen in $7\frac{1}{2}$ Unzen flüssigen Wassers, nachdem man das Gefäß ungefähr bis zur entstehenden Temperatur vorher erwärmt hat, so zeigt sich eine Temperaturerhöhung von 18° R. Mithin muß bei der Mischung derselben Quantität von Säure und Schnee dasselbe geschehen. Aber der Schnee tritt aus dem concreten Zustand in den tropfbar-flüssigen über; folglich werden 60° Wärme in dieser Masse gebunden; also behalten wir einen Temperaturverlust von 42°. Dieser Verlust theilt sich gleichfalls der Säure mit, folglich müßte er im Verhältniß der Massen kleiner ausfallen, wenn die Säure gleiche Capacität als das Wasser hätte; sie hat aber nur $\frac{1}{3}$ nach Lavoisier. Es sey 1 die Menge Wasser, welche vor der Mischung mit Schnee zur Säure gekommen ist, so ist die der Säure = 4, die des Schnees = 15. Die 4 Theile Säure gelten also für den Wärmeverlust nur so viel, als $\frac{1}{3}$ Wasser; folglich muß dieser Wärmeverlust sich so vertheilen, als wie zwischen 15 Theilen Wasser und $\frac{1}{3} + 1 = \frac{4}{3}$ Wasser, oder wie zwischen 45 und 4 Theilen. Folglich müßte die Temperatur der 52 Theile oder des wirklichen Gemisches = — 36,3° R. seyn. Allein ich stellte diesen Versuch in einem Glasgefäße, welches 16 Unzen wog, das, bei der Temperatur 0, also von dem Wärmeverlust noch etwas entziehen mußte, an. Das Gewicht der ganzen Flüssigkeit war $10\frac{1}{2}$ Unzen, welches, da 2 Unzen Säure dabei waren, in Rücksicht auf Capacität nur wie $9\frac{1}{10}$ Unzen Wasser wirkte. Die Capacität des Glases ist 0,187, folglich ist die Capacität der 16 Unzen Glas der von 3 Unzen Wasser gleich. Demnach muß die resultirende Temperatur dieser fictiven Masse von $9\frac{1}{10} + 3$ Unzen Wasser oder der Mischung und des Glases seyn = — 28,7. Die wirklich gefundene Temperatur war — $26\frac{1}{2}$° R., folglich nur um 2,1° höher, als sie seyn sollte, welches der Erwärmung des Gemisches in der wärmern Luft während der Mischung und Umrührung wohl zugeschrieben werden kann.

jeden einzelnen Körper bis zu einer gewissen Temperatur, und senkt ihn dann in den mit gestoßenem Eise umgebenen Raum und wägt die Quantität des geschmolzenen Eises ab. Das Verhältniß dieser Quantitäten giebt das des latenten Wärmestoffs. Für den gebundenen Wärmestoff mischt man die beiden Substanzen, und beobachtet gleichfalls die Mengen des geschmolzenen Eises. Dahin gehört auch der Proceß der Verbrennung. Aber es ist wohl zu bemerken, daß man dadurch den gebundenen Wärmestoff, der in beiden Substanzen war und der sich zu latenten Wärmestoff entwickelt hat, erhält. Wie beide von einander abzusondern sind, ist eine schwierige Aufgabe, welche Lavoisier oft falsch aufgelöset hat.

Beschreibung und Theorie des Calorimeters mündlich.

§. 778.

Die Processe des Wärmestoffs werden stets von Formänderung begleitet, welche bald als Ursache, bald als Wirkung erscheint. Der Wärmestoff selbst ist der Formänderung unterworfen, welches, obgleich wir seine natürliche, d. h. freie, Form nicht kennen, dennoch behauptet werden kann. Als latenter Wärmestoff muß er seine freie Form verändert haben, wie die Gase sie in ihrer Verbindung mit den Flüssigkeiten und festen Körpern verloren haben, das heißt im allgemeinen Sinne, indem sie eine größere Densität erhalten haben. Aber er hat sein Ausbreitungsvermögen nicht verloren, eben so wenig, als die Gase im Wasser; er zeigt dieses Vermögen nicht nur durch die Dilatation der Körper, sondern durch eine wirkliche Ausbreitung,

sobald die Temperatur des Mittels geringer wird, als die des Körpers, mit welchem er sich in dieser Art verbunden hat. Demnach ist die latente Verbindung des Wärmestoffs eine Affinitätsverbindung der ersten Art; weder er, noch die ponderablen Substanzen, haben ihre characterischen Eigenschaften verloren. Im gebundenen Zustande hat aber der Wärmestoff seine characterische Eigenschaft, das Ausbreitungsvermögen, verloren. Gleiche Theile (nach Maß) von concentrirter Schwefelsäure und Wasser unter einander gemischt, erhalten zusammen eine Temperaturerhöhung von 90° R., und es entwickeln sich noch während der Mischung viele Dämpfe, so daß man annehmen kann, daß in einer Portion Schwefelsäure so viel gebundener Wärmestoff enthalten war, als nöthig, um als latenter Wärmestoff die Temperatur einer gleichen Portion Wassers um 100° zu erhöhen. Dieser Wärmestoff erscheint nicht frei durch Erkältung, auch wenn diese noch so weit getrieben wird; folglich hatte er sein Expansionsvermögen in dieser Verbindung verloren. Folglich ist der gebundene Wärmestoff durch die Affinitätswirkung der zweiten Art mit den wägbaren Körpern verbunden. Diese Verbindung wird auch nie durch die zur Temperaturerhöhung dienlichen Mittel erzeugt, wofern nicht ein dritter Stoff hinzukommt. So z. B. wird weder Schwefel, noch Phosphor, noch Kohle, noch Wasserstoff, gebundenen Wärmestoff erhalten, wenn nicht eine dritte Substanz, der Sauerstoff, hinzukommt, die Erhitzung mag einen Grad erhalten, welchen man will.

§. 779.

Von dem gebundenen Wärmestoff können wir

nicht behaupten, daß er Formänderungen in den ponderablen Substanzen erzeuge, da er nur unter Einfluß zweier wägbaren Substanzen in diesen Zustand tritt.*) Dagegen wissen wir desto gewisser, daß der latente Wärmestoff Formänderungen in den wägbaren Substanzen erzeugt. Durch Vermehrung desselben werden alle Körper ausgedehnt (Formänderung im weitern Sinne;) die concreten werden flüssig, die flüssigen werden dampfförmig (Formänderung im engern Sinne); durch Verminderung desselben umgekehrt. Wir müssen also annehmen, daß ein Körper von einer gewissen Form nur einer gewissen Dilatation fähig ist, über welche hinaus er seinen Aggregatzustand verliert, und daß eine dampfförmige oder tropfbare Flüssigkeit diese Form verliert, sobald sie die gehörige Menge latenten Wärmestoffs nicht mehr hat. Mehr läßt sich hierüber nicht sagen, weil wir keine anschauliche Kenntniß weder des Aggregatzustandes, noch des reinen Wärmestoffs, haben. Ob der latente Wärmestoff die Gasform zu erzeugen im Stande sey, ist leichter angenommen, als bewiesen. Ein einziges Beispiel scheint dafür zu sprechen, nämlich die Bildung des Sauerstoffgases aus den Metalloxyden durch Erhitzung; allein hier ist nicht bloß Erhitzung, sondern Glühen, das heißt, beständi-

*) Ich habe ehemals (ich war jünger!) einen Aufsatz, in Voigts Magazin, drucken lassen, in welchem ich zu zeigen suchte, daß sich alle Affinität von den Imponderabilien herleiten läßt. Allein diese Hypothese ist in meinen jetzigen Augen nichts weiter, als ein Spiel meiner damals minder gezügelten Phantasie. Nach der Schöpfung des Chaos muß die Anordnung folgen.

ger Zufluß von Wärme und Licht, folglich der Versuch nicht rein.*)

§. 780.

Umgekehrt erzeugt die Formänderung jederzeit eine Temperaturänderung, folglich Veränderung des Zustandes des Wärmestoffs, Vermehrung oder Verminderung des latenten Wärmestoffs in den wägbaren Körpern. Die Versuche über die Schmelzung und Verdampfung, die über die Reduction des Dampfes und das Gefrieren, überhaupt alle Formänderungversuche, wobei eine einzige wägbare Substanz gebraucht wird, beweisen diesen Satz.

Wenn man die Luft unter der Glocke der Luftpumpe verdünnt, so sinkt das Thermometer um etwa 3° R.; gleichfalls, wenn man die Luft durch einen sehr engen Canal, während dem Pumpen, unmittelbar an der Thermometerkugel einströhmen läßt**). Läßt man in beiden Fällen die Luft, nachdem man zu pumpen aufgehört hat, hinein fließen, so steigt das Thermometer nicht nur auf seinen ersten Stand, sondern gewöhnlich um 1° und mehr höher.

*) Die Lehre der Electricität wird uns darüber Aufschluß geben.

**) Ich habe dazu einen eigenen Apparat gemacht, in der Hoffnung, eine größere Temperaturerniedrigung zu erhalten; allein ich bekam immer nur die obigen 3°, ich mochte eine Glocke oder nur eine Röhre von ¼ Zoll Durchmesser nehmen.

Dieser kleine Unterschied, im Stande des Thermometers, giebt die Größe der durch die Dilatation und nachherigen Verdichtung der Luft bei weitem nicht an, weil die Langsamkeit der Verdünnung Zeit läßt, daß die Glocke und der Teller ihren Wärmestoff strahlen lassen. Wie groß die veränderte Menge des latenten Wärmestoffs seyn müsse, zeigt folgender berühmt gewordener Compressionsversuch:

> Man schließe in einer Compressionspumpe, wie man sie zu Windbüchsen hat, ein kleines Stück Phosphor oder Schwamm, und comprimire die eingeschlossene Luft. Mit einem einzigen Stoße wird der Phosphor sich entzünden; der Schwamm mit dem zweiten oder dritten Stoße.

Biot entzündete auf die nämliche Art eine Portion von Knallluft, die auf eine für ihn gefährliche Art explodirte.

Auch bei den festen Körpern bewirkt die Verdichtung eine merkliche Erwärmung.

> Man hämmere ein Stück Blei, Gold, Eisen, weichen Stahl ꝛc., so zeigt sich eine dem gröbsten Gefühle merkliche Wärme. Das Eisen kann bis zur Glühhitze kommen. Harte und elastische Körper zeigen diese Temperaturerhöhung nicht in diesem Grade.

Wedgwood's Pyrometerthon, bis zu 120 Pyr. Grade erhitzt, verliert etwa die Hälfte seines Volums, und $\frac{1}{5}$ seiner Capacität für die Wärme, welches den deutlichsten Beweis der genauen Relation zwischen

Formänderung und Temperaturänderung auch in festen Körpern giebt.

§. 781.

Es giebt zwar Fälle, da bei einer augenscheinlichen Formänderung keine Temperaturänderung, wenigstens nur eine kleine, unverhältnißmäßige, Statt findet. Dieses aber findet nur Statt, wenn man zwei wägbare Substanzen chemisch auf einander einwirken läßt, wobei zwei Formänderungen Statt finden, die sich in Ansehung ihrer Wirkung auf den latenten Wärmestoff aufheben. Ob bei der Verschluckung der Gase durch tropfbare Flüssigkeiten die Temperatur vermehrt, bei ihrer Entbindung vermindert wird, ist noch nicht durch Versuche ausgemittelt.

§. 782.

Durch diese Betrachtungen über den Wärmestoff, befinden wir uns nun auf einem ganz neuen Standpunkte versetzt, dem Standpunkte der Formänderung, von welchem aus wir unzählige Phänomene überschauen und ordnen können. Indessen liefert diese Lehre des Wärmestoffs nur einen Theil des großen Feldes; die Lehre des Lichts wird den andern Theil aufdecken. Welche wichtige Rolle der Wärmestoff in der Natur spiele, ist aus den angeführten Phänomenen anschaulich. Zur vollständigen Erklärung dieser Erscheinungen bedürfte der Physiker die Kenntniß des quantitativen Verhältnisses der Mischung des Wärmestoffs mit den wägbaren Körpern, um nach den reinen Gesetzen der Affinität zu verfahren. Allein dieses Mittel der strengen Forschung ist ihm nicht zu Theil geworden. Das allgemeine Phänomen der

Formänderung ersetzt zum Theil diesen Mangel, indem es ihm mit Bestimmtheit anzeigt, ob quantitative Veränderungen in der Mischung des Wärmestoffs mit den ponderablen Substanzen vorgegangen sind; wovon die Note des §. 776. ein Beispiel liefert; und es liegt nur daran, daß wir noch nicht von jeder Substanz untersucht haben, welche Veränderungen des Wärmestoffs ihren Formänderungen entsprechen, wenn wir noch viele Phänomene unerklärt lassen müssen. Diese Lehre der Formänderung greift durch alle Affinitätsphänomene hindurch, und giebt den Schlüssel zur Lösung unzähliger Räthsel, welche die neuere Chemie, gerade weil sie mathematischer als die ältere, mit der Wage in der Hand, zu Werke ging, um so greller und unauflöslicher aufstellte. Bei diesen Abwägungen trat der Wärmestoff nicht in die Rechnung mit ein; und doch ist seine Einwirkung nicht nur nach den angeführten Erscheinungen, sondern nach allen Principien der Affinität so groß! Indem wir uns nun auf den Standpunkt der Formänderung versetzen, füllen wir die Lücke aus, welche die Wage ließ. Dadurch erklären wir, warum gemischte Substanzen, welche aus gleichem oder beinahe gleichem quantitativen Verhältnisse gleicher einfachen Stoffe bestehen, nicht nur einander so unähnlich in Rücksicht auf äussere Merkmahle sind, sondern auch so ausserordentlich verschiedene Wirkungen äussern. *)

*) Ich hoffe, daß man mir hier den Vorwurf nicht machen wird, daß ich, durch die Einführung dieses höchstwichtigen Standpunkts in der Physik, die Form der Körper als ein Ens sui generis einführe. Sie ist nur das Symptom vom Daseyn des Wärmestoffs in einem gewissen Zustande, das Maß für seine relative Menge.

§. 783.

Die Quellen der fühlbaren Wärme sind die Entzündungen, die Einwirkung des Lichts auf die Körper und die Reibung fester Körper an einander. Die beiden ersten werden in den zwei nächstfolgenden Abschnitten betrachtet werden; von der letztern können wir jetzt schon Rechenschaft geben. Die Reibung geschieht nie ohne Druck; sie ist also ein oft wiederholter Druck, welcher die Oberfläche des Körpers verdichtet, und folglich nach §. 780. fühlbare Wärme erzeugen muß. Eine schnelle Wiederholung derselben, oder die Verwendung derselben auf sehr kleine Massen, kann Glühhitze hervorbringen, wie die Erfahrung mit dem Anschlagen des Stahls an den Feuerstein zeigt. Die losgerissenen glühenden Stahlspäne entzünden sich dann an der Luft und erscheinen unter dem Microscope als verbranntes Eisen oder Stahl. Ihre Hitze, die sie als glühende Körper haben, theilen sie dann auch andern mit, welche aber einzeln an Masse ebenfalls sehr klein und noch kleiner als die Eisenkügelchen selbst seyn müssen. Daher die verschiedenen Arten von Zunder, die sich alle darauf reduciren, daß sie entzündliche Körper seyn müssen, deren Zusammenhang ein lockeres Gewebe ausmacht.

§. 784.

Diese Betrachtung der Art, wie die Glühhitze eines kleinen Körpers sich nur einem noch kleinern mittheilen kann, gilt von jeder Temperatur, von jedem Grade. Haben wir ein Thermometer von einer beträchtlichen Masse, mit welchem wir die Temperatur

eines kleinen Körpers untersuchen wollen, so werden wir sie nicht erfahren, wenigstens wird das Thermometer sie nicht unmittelbar anzeigen; sondern es zeigt sich nur die mittlere Temperatur des Körpers und des Thermometers selbst. Es sey z. B. der Körper eine Queckſilbermasse von 1000 Gran, die Masse des Thermometers, das Glas abgerechnet, sey 200 Gran, so wird das Thermometer, als bloße Queckſilbermasse betrachtet, nur $\frac{5}{6}$ der Temperatur der zu untersuchenden Masse anzeigen; als Glas- und Queckſilbermasse betrachtet noch viel weniger, besonders da das Glas eine viel größere Capacität für die Wärme hat, als das Queckſilber. Übrigens zeigt das einen neuen Vortheil des Queckſilbers als thermometrische Subſtanz. Die Flamme eines Lichts hat eine Wärme, die auf einer Distanz von 3 Zoll kaum merklich ist. Auch werden Metalldräthe und Glasstäbe von einer Linie Durchmesser in dieser Flamme nicht glühend. Nimmt man aber sehr dünnes Glas, so schmelzt es in Tropfen und der Goldüberzug eines feinen Silberdraths verflüchtigt sich, da doch bekanntlich die höchsten Grade von Hitze, welche Brenngläser erzeugen können, erforderlich sind, um Gold in etwas beträchtlichen Massen zu verflüchtigen. Unsre gemeine Lichtflamme liefert also alle, auch die höchsten Grade von Hitze, welche aber nur an sehr kleinen Massen wahrgenommen werden können. Dieser Umstand des Verhältnisses der Massen zweier ungleich heißer Körper muß oft bei der Erklärung mancher Phänomene in Anschlag genommen werden, und beweiset, zum Beispiel, wie unbestimmt die Sprache des Wedgwoodschen Pyrometers ist, wenn sie die Glühhitze oder die

Schmelzhitze der Körper anzeigen soll. Sie könnte nur dann bestimmt seyn, wenn man den Körper erst glühen oder schmelzen ließ, gleichviel bei welcher Hitze, und dann den Ofen erkalten ließ, bis der Körper zu glühen oder zu schmelzen aufhörte, und erst jetzt den Thonkörper in dieser Hitze aussetzte. Durch das entgegengesetzte, gewöhnliche, Verfahren erhält man immer mehr Grade, als man sollte.

Vierter Abschnitt.

Phänomene des Lichts.

Einleitung.

§. 784.

Die Phänomene des Lichts sind nicht weniger wichtig, als die der Wärme, indem sie sich eben so allgemein verbreitet zeigen, als diese. Ausserdem empfehlen sie sich durch etwas Angenehmes und Glänzendes in den Resultaten, das auch den Unkundigen anlockt. Dem Physiker bieten sie ein noch weiteres Feld von Schwierigkeiten dar, als die Phänomene der Wärme. Denn das Licht läßt sich, wie die Wärme, weder greifen, noch abwägen, noch einschließen. Zwar können wir das Licht aus gegebenen Räumen entfernen, aber das vorher da vorhandene verschwindet auch augenblicklich, so daß wenn wir an die tägliche Erscheinung der Abwechselung von Licht und Finsterniß nicht von Kindheit an gewohnt wären, und überdieß gewohnt, nicht darüber nachzudenken, wir diese wirklich ungeheure Erscheinung entweder als

das größte Wunder, als den Untergang der Natur, oder als ein Gaukelspiel unsrer Phantasie ansehen würden. Erscheint uns das Licht in diesen seinen einfachen Phänomenen als ein Räthsel, wie vielmehr in seinen zusammengesetzteren, in den Farben! In seinen chemischen Wirkungen bietet es neue Ansichten dar und verbindet sich in denselben mit der Wärme, gleichsam um den Naturforscher, der sie betrachtet, zur Verzweiflung zu bringen. Um so mehr muß er gegen seine Phantasie, die gerne nichts unerklärt lassen möchte, auf der Huth seyn. Das sicherste Mittel dazu ist, denselben Weg einzuschlagen, als bei der Betrachtung der Wärme, die Phänomene gut zu beobachten, und zwar die einfachesten zuerst, und dann nicht mehr in die Schlüsse zu legen, als in den Prämissen liegt. Demnach fangen wir diese Lehre mit den geometrischen Eigenschaften des Lichts an, welche unter dem allgemeinen Namen von Optik gefaßt werden. Allein es ist nöthig, vorher einige allgemeine Relationen der Körper zu dem Lichte zu betrachten.

§. 785.

Wenn in der geraden Linie zwischen einem Gegenstande und dem Auge kein anderer Gegenstand dazwischen liegt, so wird der Gegenstand gesehen. Dasjenige, von welchem man sich vorstellt, daß das Sehen davon bewirkt wird, nennt man das Licht. Man statuirt also gleichsam unwillkührlich eine besondere materielle Ursache des Sehens. Ob dieses mit der Natur des Sehens und allen dahin gehörigen Phänomenen übereinstimmt, wird die Folge lehren. Einstweilen pflichtet der Physiker hypothetisch dieser ange-

nommenen Meinung bei, um eine Vorstellungsart zu haben, an welcher er die geometrischen Phänomene des Sehens anschließen könne. Dieser Vorstellung gemäß geht von jedem sichtbaren Körper das Licht nach allen Seiten geradlinicht strahlend aus, und dasjenige, was das Auge von diesen Lichtstrahlen empfängt, bewirkt in uns die Empfindung des Sehens. Das Erste, was aus dieser Vorstellungsart folgt, ist, daß die Lichtstrahlen unendlich fein seyn müssen, da wir durch das kleinste Loch, als von einer Nadel in einer dünnen Platte, unzählige Punkte sehen, welche also unzählige Strahlen durch dieses feine Loch in unser Auge schicken.

§. 786.

Es giebt Körper, welche gesehen werden, auch wenn alle übrigen nicht gesehen werden, und man heißt sie leuchtende Körper; man nimmt von ihnen an, daß sie ihr eigenes Licht aussenden. Dahin gehören die Sonne, die Fixsterne, jede Flamme, Phosphor und die sogenannten phosphorescirende Körper, zu welchen viele vegetabilische und animalische Substanzen, jene nur im Zustande der Fäulniß, diese auch im lebenden Zustande, gehören. Andere aber können nur dann gesehen werden, wenn von jenen Einer sein Licht auf sie strahlen läßt, und heißen dunkle Körper. Dahin gehören die meisten Körper.

§. 787.

Die meisten dunkeln Körper haben die Eigenschaft, noch eine zeitlang im Dunkeln zu leuchten, wenn sie unmittelbar vorher dem Sonnenlichte (auch dem Kerzenlichte, aber viel schwächer) ausgesetzt waren. Ehemals kannte man nur wenige, worunter

der bononische Stein (ein Schwerspath) der erste und berühmteste ist. Er leuchtet mehrere Minuten lang, nachdem er nur 1 oder 2 Secunden dem Sonnenlichte ausgesetzt war. Dann fand man, daß alle Kalkerden, mit irgend einer brennbaren Substanz, als: Öhl, Kohle, Schwefel ꝛc., oder auch mit Säuren, geglüht, diese Eigenschaften besitzen. Man nannte diese Körper Phosphore, auch Lichtsauger. Du Fay entdeckte diese Eigenschaft am Diamant und Smaragd ohne Zubereitung. Beccari fand endlich, daß fast alle Substanzen aus dem Pflanzen- und Thierreiche gleichfalls diese Eigenschaft zeigen, das Papier am meisten. Er glaubte zu finden, daß sie das Licht von eben der Farbe zurückgeben, welche sie erhalten haben. Aber Wilson fand, daß das Licht der Körper zwar zuweilen einige Farben zeigt, aber daß diese Farben nicht von der Farbe des Lichts, das sie vorher beschien, abhängen.

Versuche über diese Art von Phosphorescirung der Körper. *)

§. 788.

Auch durch Erwärmung und Reibung geben die meisten Körper Licht von sich. Thomas Wedgwood hat die meisten Versuche hierüber angestellt. Er legte diese Körper auf eine heiße Platte, und fand, daß eine große Verschiedenheit, sowohl in der Stärke als in der Dauer des Lichts, sich zeigte. Öhle und andere fette Substanzen leuchten beim Sieden und kurz vorher.

*) Dahin gehört auch folgender Versuch von Lichtenberg. Man gießt etwas Milch in Wasser und drückt ein Pistolenfeuerzeug in dieser Flüssigkeit ab; die Flüssigkeit wird davon leuchtend — und zwar vom Lichte, das das Feuerzeug gab, wie die andern Körper vom Sonnenlichte.

Und zwar ist dieses Leuchten aller dieser Körper von der Luft unabhängig; denn es geschieht in der verdünntesten atmosphärischen Luft und in allen Gasarten. Völlig dasselbe geschieht beim Reiben harter Körper aneinander, in jeder Luftart und unter dem Wasser.

Einige phosphorische Versuche durch Erhizzung und Reibung.

Das förmliche Glühen der Körper gehört hieher, und ist nur ein erhöhetes Phosphoresciren. Der jüngere Wedgwood glühete einen Streifen Goldes durch die bloße Hitze eines durch ein glühendes Rohr getriebenen Luftzugs, der selbst kein Licht zeigte, welches beweiset, daß das Licht der glühenden Körper aus ihnen kommt, nicht aber vom Glühfeuer.

§. 789.

Die Körper theilen sich, in Absicht auf das Licht, noch in zwei Hauptclassen ein, in die durchsichtigen und die undurchsichtigen. Jene haben die Eigenschaft, daß wenn sie zwischen einem Gegenstande und dem Auge sich befinden, das Object dennoch gesehen wird. Auch das Licht der selbstleuchtenden Körper wird von ihnen nur zum Theil aufgehalten und erscheint auf der andern Seite. In der Hypothese des §. 785. sind also durchsichtige Körper Leiter des Lichts, die undurchsichtigen aber Nichtleiter. Auch hier giebt's, wie für die Wärme, unzählige Abstufungen. So z. B. können die meisten Körper bis auf einen gewissen Grad durchsichtig werden, wenn sie in sehr dünne Lamellen verarbeitet werden. Das Blattgold ist ein auffallendes hieher gehöriges Beispiel. Viele Körper, die gar nicht oder nur sehr wenig durch-

sichtig waren, werden es, wenn sie mit einer Flüssigkeit getränkt werden; als z. B. Papier mit Wasser oder Öhl, das Hydrophan (eine Art Opal) mit Wasser oder mit heißem Wachse, in welchem letztern Falle die Durchsichtigkeit beim Erkalten verschwindet, beim Erwärmen wieder erscheint. Bei allen diesen Phänomenen bemerkt man nicht, daß die Durchsichtigkeit von der Dichtigkeit der Körper abhänge, welches leicht vermuthet werden könnte, wenn man die Hypothese des Durchganges des Lichts gar zu grob anwenden wollte.

§. 790.

Man theilt gewöhnlich die Bewegungsphänomene des Lichts in 4 Classen ein. Man betrachtet nämlich zuerst die ununterbrochne geradlinichte Bewegung des Lichts (Optik im engern Sinne); dann die Zurückwerfung des Lichts durch die Körper (Catoptrik); dann den Durchgang des Lichts durch die durchsichtigen Körper, wobei es von seinem vorigen Wege abgelenkt wird (Dioptrik); dann endlich den Lauf des Lichts sehr nahe an feste scharfe Körper, wobei das Licht eine Beugung erhält.

Erstes Kapitel.

Von der Bewegung des Lichts.

A. Geradlinichte Bewegung.

§ 791.

Das Erste, was man hier zu wissen wünschen muß, ist, mit welcher Geschwindigkeit das Licht sich be-

wegt. Galilai wollte umsonst diese Geschwindigkeit durch Distanzen auf der Erde messen. Nur die Astronomie liefert hinlängliche Entfernungen zu diesem wichtigen Problem. Römer und Cassini in Paris, im Jahr 1675, löseten es auf. Nach den spätern genauern Angaben Bradley's braucht das Licht 16″ 13‴, um den Durchmesser der Erdbahn durchzulaufen, welches die fast unbegreifliche Geschwindigkeit von mehr als 40,000 Meilen in 1 Secunde liefert. Allein bei dieser ungeheuern Schnelligkeit hat man doch noch keine mechanische Wirkung des Stoßes des Lichts mit Bestimmtheit beobachten können, welches wiederum beweiset, daß das Licht eine über alle Vorstellung gehende Feinheit haben müsse.*)

§. 792.

Ein jeder überhaupt noch sichtbarer Punkt ist von allen Seiten sichtbar. Wir müssen ihn also als einen Mittelpunkt ansehen, von welchem aus unzählige Strahlen nach allen Seiten ausgehen, oder vielmehr (in Rücksicht auf die Feinheit des Lichts) als eine unzählbare Menge solcher Mittelpunkte. Steht nun ein Auge einem solchen leuchtenden oder sichtbaren

*) Wenn man die deutsche Meile zu etwa 3800 franz. Toisen nimmt, so ist die Geschwindigkeit des Lichts etwa von 152'000000 Toisen in einer Secunde. Aber ein Wind von 16 Toisen in einer Secunde ist ein Orkan, der Bäume und Häuser niederwirft. Vergleicht man diese beiden Geschwindigkeiten mit einander, so ist jene 9'500000mal größer als diese; und da der Stoß sich verhält, wie die Masse und das Quadrat der Geschwindigkeit, so folgt daraus, daß wenn die Dichtigkeit des Lichts nur der 90billionenste Theil der Dichtigkeit der Luft an der Oberfläche der Erde wäre, jeder Sonnenschein die Wirkung des furchtbarsten Orkans auf der Hälfte der Erdkugel erzeugen müßte.

Punkte gegenüber, so bilden die Strahlen, welche in die Pupille oder auf jede kreisrunde Fläche fallen, einen Strahlenkegel, eigentlich unzählige Strahlenkegel, die aber ihre Spitze so nahe an einander haben, daß unser Auge den Eindruck als von einem Kegel erhält. Es geht mit einem solchen Punkte in kleinen Distanzen für das Auge, wie mit großen Flächen, die weit genug entfernt sind, um beinahe zu verschwinden. Ist das Object sehr weit entfernt, so wird der Winkel dieses Kegels sehr klein, und wenn diese Entfernung etwa 206264mal größer ist, als der Durchmesser des Objects, sieht man den Kegel als einen Cylinder, oder die Strahlen als parallel an.

§. 793.

Denkt man sich einen Strahlenkegel eines leuchtenden Punktes und mehrere Kreisflächen in verschiedenen Entfernungen dieses Punktes, welche gleichsam die Grundflächen dieses Kegels ausmachen, so fallen immer gleichviel Strahlen auf diese Flächen von verschiedenen Durchmessern. Folglich sind die Beleuchtungen dieser Flächen im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats ihrer Durchmesser; da aber diese im Verhältniß der Entfernungen sind, so ist die Stärke der Beleuchtung eines Objects im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats seines Abstandes von dem leuchtenden Punkte. Dieser wichtige Satz liefert die Möglichkeit, die Stärke der Beleuchtung, mithin das Verhältniß der Intensität des Lichts zweier leuchtenden Körper, mit Genauigkeit zu messen. Man nimmt zwei gleiche Stücke von einem und demselben weißen Papier, läßt

beide durch die leuchtende Körper so beleuchten, daß sie, nach Lambert, von vorne gesehen, nach Bouguer von hinten (als durchsichtige Körper) gleich stark erleuchtet erscheinen, und berechnet die Stärke des Lichts nach dem obigen Satze; oder man läßt, nach Rumford, den Schatten eines dünnen undurchsichtigen Cylinders, der durch beide leuchtende Körper beschienen wird, auf ein weißes Blatt Papier fallen, und entfernt die leuchtenden Körper, bis beide Schatten gleich sind. Darauf hat Rumford sein vortreffliches Photometer gegründet. Durch solche Mittel fand Bouguer die Helligkeit der Sonne 300000mal, Lambert 277000mal größer, als die des Monds; und Rumford stellte sehr nützliche Versuche über die Intensität des Lichts verschiedener Flammen zum ökonomischen Gebrauche an. So fand er auch, daß die Beleuchtung mehrerer dicht hinter einander stehender Kerzen oder Lampen eben so groß ist, als wenn die Lampen dicht neben einander waren, woraus er ganz richtig auf die Durchsichtigkeit der Flamme schließt.

§. 794.

Wenn eine schiefe Fläche die Lichtstrahlen auffängt, so faßt sie deren weniger auf, als wenn sie ihnen senkrecht entgegengestellt wäre, und die Menge der aufgefaßten Lichtstrahlen, das heißt, die Erleuchtung, ist im Verhältniß des Sinus des Neigungswinkels der Fläche gegen die Lichtstrahlen. Durch diesen Satz, der theoretisch aus dem Begriffe von Lichtstrahlen von selbst fließt, und durch photometrische Versuche leicht zu erweisen ist, erklärt sich die verminderte Helligkeit des Tages, wenn die Sonne sich dem Horizonte nähert, so wie der

allmählig zunehmende Schatten aller beleuchteten runden Körper.

§. 795.

Kommen die Strahlen nicht von einem Punkte, wie bis jetzt angenommen wurde, sondern von einer Fläche, oder betrachtet man eine erleuchtete oder leuchtende Fläche, von verschiedenen Punkten aus, so erscheint sie desto weniger hell, je kleiner der Winkel ist, den die Strahlen, welche in's Auge kommen, mit der Fläche machen. So erscheint ein Punkt an einer beleuchteten Kugel, eine Linie an einem beleuchteten Cylinder, allein vollkommen hell, alle übrigen Punkte und Linien aber minder. So fand Bouguer den Rand der Sonne weniger hell, als die Mitte, welches auch immer und leicht bemerkt wird, wenn man die Sonne durch ein verdunkelndes Glas betrachtet oder die Atmosphäre ihren Strahlen einen dicken Nebel entgegenstellt, wodurch das Auge nicht mehr von der großen Lichtmenge geblendet wird und die Unterschiede wahrzunehmen im Stande ist.

§. 796.

Stellt man mehreren erleuchteten Objecten eine Wand mit einem kleinen Loche entgegen, so fallen von allen Punkten dieser Objecte Strahlen auf das Loch, gehen durch, und werden sie durch eine Wand aufgefangen, so erscheint diese von denselben Strahlen erleuchtet, und liefert ein umgekehrtes Bild der äussern Gegenstände, welches desto größer wird, je weiter die Wand vom Loche entfernt ist.

Versuch mit einem verfinsterten Zimmer.

Warum eine große Öffnung, etwa ein Fenster, kein solches Bild liefert.

Betrachtet man ein einziges Object in diesem Versuche, so muß man annehmen, daß alle von diesem Gegenstande auf das kleine Loch sich vereinigende Strahlen einen Kegel oder Pyramide bilden.

§. 797.

Unser Auge ist eine Art von verfinstertem Zimmer, an welchem die Pupille die Oeffnung vorstellt. *) Jedes Object sendet also einen Strahlenkegel in unser Auge, der der Strahlenkegel des Auges heißt. Denken wir uns also ein Object in verschiedenen Entfernungen des Auges, so muß der Winkel des Strahlenkegels desto kleiner seyn, je größer die Entfernung ist. Dieser Winkel des Strahlenkegels des Auges heißt der Sehwinkel.

§. 798.

Wie beurtheilen die Größe eines Gegenstandes nach der Größe des Sehwinkels desselben. Diese Beurtheilung ist eine reine Operation unsrer Seele, unabhängig von der Größe des Bildes des Objects auf der Netzhaut. **) Wir beurtheilen ursprünglich die Größe eines Gegenstandes nach dem umgekehrten Verhältniß der Menge der Gegenstände, die wir auf

*) Zwar ist diese Öffnung nach Verhältniß der Größe des verfinsterten Raums viel zu groß; aber die übrige Construction des Auges macht, daß diese Öffnung nur als eine äusserst kleine Öffnung wirkt.

**) Wenn man diese Beurtheilung von der Größe des Bildes auf der Netzhaut abhängen läßt, wie es noch gar zu oft geschieht, so nimmt man stillschweigend an, daß die Seele vor oder vielmehr hinter der Netzhaut und auf dem Kopfe stehend steckt, und diese Netzhaut mit einem andern Auge ansieht.

einmal sehen. Daher erscheint uns, des Bildes auf der Netzhaut ungeachtet, eine sehr große Distanz sehr klein, wenn keine Zwischenobjecte unsre Seele veranlassen, ihre Länge zu beurtheilen; daher erscheinen uns bei Nacht einzelne zufällig beleuchtete Gegenstände, deren Größe wir nicht kennen, immer sehr groß; und wer mit dem Gebrauche der Microscope und Telescope vertraut ist, hat oft die Erfahrung gemacht, daß wenn das Gesichtsfeld größer ist, die Größe der Objecte uns kleiner vorkommt, als sie nach dem Vergrößerungsvermögen des Instruments uns vorkommen sollte. Auf dieses ursprüngliche Urtheil unsrer Seele, über die Größe der Objecte, haben noch mehrere Umstände Einfluß; aber die Größe des Sehwinkels giebt uns ursprünglich das Maß für die scheinbare Größe des Objects deswegen, weil das Object, nachdem es näher oder entfernter ist, mehr oder weniger andere sichtbare Objecte deckt.

Der Begriff des Sehwinkels erklärt manche hieher gehörige Phänomene, als z. B. warum eine lange Allee oder Straße sich zuzuspitzen scheint, warum ein hoher Thurm, wenn man ihn liegend betrachtet, im Falle begriffen zu seyn scheint ꝛc.

§. 799.

Der Sehwinkel hilft uns gleichfalls die Entfernungen der Gegenstände zu schätzen. Wenn wir ein Objekt in einer gewissen Entfernung erkennen, und wissen, wie groß es seyn mag, so urtheilen wir aus seiner scheinbaren Größe auf seine Entfernung; und umgekehrt, wissen wir seine Entfernung ohne seine Größe zu kennen, so beurtheilen wir diese nach jener: lauter Urtheile unsrer Seele. Durch Übung in sol-

chen Urtheilen bildet sich das Augenmaß, und analysiren wir diese Operation unsrer Seele, so finden wir stets, daß wir jede Distanz nur durch die Betrachtung der Zwischenobjecte beurtheilen. Diese Theorie des Sehens, in Absicht auf die scheinbare Größe der Objecte, wird sich durch die Catoptrik und Dioptrik bestätigt finden und den Schlüssel zur Lösung mancher Räthsel liefern, welche die Geometrie allein unmöglich aufklären kann.

Mangel des Augenmaßes bei Blindgebornen, welche ihr Gesicht erhalten.

§. 800.

Der Grad der Beleuchtung des Objects hat auf unser Urtheil über seine Größe einen wichtigen Einfluß. Je größer er ist, desto näher und größer erscheint der Gegenstand, und umgekehrt. Gegenstände, die bei einer starken Beleuchtung noch sehr sichtbar wären, verschwinden bei einer schwachen Beleuchtung. Die atmosphärische Luft, in sofern sie nicht völlig durchsichtig ist, und also das Licht der Gegenstände schwächt und bläulich färbt, trägt bei großer Entfernung der Gegenstände sehr dazu bei, unser Urtheil über die Form der Objecte zu bestimmen.

§. 801.

Die von §. 791. an vorgetragenen Sätze machen die Grundlage der Photometrie, Perspective und Perspectivzeichnung aus.

§. 802.

Wenn das Object einen gar zu kleinen Sehwinkel macht, so verschwindet es dem Auge. Nach D. Hook ist der kleinste Sehwinkel für noch sichtbare Gegenstände = 40 Sec.; dabei ist die Entfernung des

Objects 5156mal größer als die Breite desselben; nach T. Mayer ist er etwa 34 Sec., d. h. die Distanz zur Größe = 6000 : 1. Allein die Beleuchtung, der Contrast der Farbe des Objects mit der des Hintergrundes, und die Länge des Objects, haben auf diese Größe des kleinsten Sehwinkels viel Einfluß. Ich sehe z. B. eine graue Fensterleiste von $\frac{1}{3}$ Zoll Breite in einer 5760fachen Distanz, das heißt unter einem Sehwinkel von etwa 36″, und bei ziemlich schwacher Beleuchtung, am Abend kurz vor Sonnenuntergang und ohne Sonnenschein, noch vollkommen deutlich. Jürin sah einen Silberdrath unter $3\frac{1}{2}$″, einen seidenen Faden unter $2\frac{1}{2}$″. Wir sehen endlich die Fixsterne sehr deutlich, obgleich ihr Sehwinkel nicht eine Secunde ausmacht.

§. 803.

Der Sehwinkel dient uns nicht nur im gemeinen Leben, um die Größe der Gegenstände zu schätzen, sondern auch, vorzüglich in der Astronomie, um die Größe sehr entfernter Gegenstände, deren Entfernung uns bekannt ist, zu messen. Die wahre Größe eines Objects ist dem Producte der Tangente seines Sehwinkels durch die Entfernung gleich: ein Satz, der aus den ersten Elementen der Trigonometrie fließt. So z. B. sey der Sehwinkel des Sonnenhalbmessers = 16′. Die Tangente dieses Winkels ist 0,0046542. Ist nun die Entfernung der Sonne = 24200 Erdhalbmesser, so ist die wahre Größe des Sonnenhalbmessers = 24200 × 0,0046542 = 112,7 Erdhalbmesser.

§. 804.

So wie der Sehwinkel uns die Entfernungen

schätzen und messen lehrt, hat er auch auf unser Urtheil über die Geschwindigkeit der Bewegung Einfluß. Ist ein Objekt sehr weit von uns entfernt, so scheint uns eine große Geschwindigkeit desselben nur klein zu seyn; so der Lauf der Planeten und des Monds, der Zug der Wolken ꝛc. Umgekehrt, ist das Object auf einer ungewöhnlichen Nähe, so ist dessen geringste Bewegung scheinbar sehr groß. Dieses ist vorzüglich bei kleinen Gegenständen, die man durch ein Microscop betrachtet, da das Microscop den Sehwinkel, unter welchen wir das Object sehen, beträchtlich vergrößert, mithin die scheinbare Weite, um welche er sich bewegt.

Betrachtungen über die langsamste Bewegung, der man nachsehen kann, mündlich.

§. 805.

Ein schnell gedrehetes Kutschenrad scheint eine volle Scheibe zu seyn; eine glühende Kohle, die man schnell im Kreise schwingt, erregt in uns das Bild eines kreisförmigen feurigen Bandes.

Wir wähnen also, einen solchen schnell bewegten Körper in verschiedenen Punkten zugleich zu sehen. Es muß also der Eindruck desselben auf unser Auge einige Zeit fortdauern, nachdem der Körper seine Stelle schon verlassen hat. Dauert z. B. dieser Eindruck, nach Segner, $\frac{1}{2}$ Sec., so muß der Körper in jedem Punkte des Wegs, den er in $\frac{1}{2}$ Secunde zurücklegt, zu gleicher Zeit zu seyn scheinen. Übrigens ist die Dauer des Eindrucks nach der Lebhaftigkeit desselben und auch nach der Empfindlichkeit des Organs sehr verschieden.

B. Zurückwerfung des Lichts.

§. 806.

Lichtstrahlen, welche auf undurchsichtige Körper fallen, werden zurückgeworfen, und diese zurückgeworfenen Strahlen erzeugen zweierlei Phänomene: Entweder entwerfen sie in unserm Auge ein Bild des Körpers, der die Lichtstrahlen ursprünglich ausgesandt hat, oder sie liefern das Bild des zurückwerfenden Körpers. Soll das Erstere Statt finden, so muß die Oberfläche des zurückwerfenden Körpers glatt seyn; je mehr sie es ist, desto lebhafter ist das Bild des andern Körpers, und der zurückwerfende Körper (eigentlich seine Oberfläche) heißt ein Spiegel.

§. 807.

Der Winkel, welchen ein Lichtstrahl, der auf einen ebenen Spiegel fällt, mit der Verticallinie auf dieser Ebene macht, heißt der Einfallswinkel; der, welchen der zurückgeworfene Strahl mit demselben Perpendikel macht, heißt der Reflexionswinkel *) Es sey AB, Fig. VIII., der ebene Spiegel, DC der einfallende Strahl, CE der zurückgeworfene, CF das Perpendikel auf AB, so ist DCF der Einfallswinkel, ECF der Reflexionswinkel. Diese beiden Winkel sind jederzeit einander gleich.

Versuch mit dem dazu gehörigen Apparate.

*) Es wäre allerdings für die Vorstellungsart bequemer und natürlicher, ACD und BCE für die Einfalls- und Reflexionswinkel zu nehmen. Allein ich wollte den angenommenen Sinn der eingeführten Worte nicht ändern. ACD heißt der Neigungswinkel.

§. 808.

Wir sehen also das Bild der Gegenstände, welche ihre Strahlen auf einer ebenen Spiegelfläche werfen, deswegen, weil diese Strahlen in derselben Ordnung vom Spiegel ausgehen, als sie auf dasselbe gekommen sind. Ist die Fläche eines platten Spiegels nicht glatt, sondern rauh, so sehen wir das Bild des Objects nicht mehr oder nur sehr schwach, weil nur wenige Strahlen in derselben Ordnung zurückgeworfen werden, als sie aufgefallen sind. Bei weitem die meisten werden in andern Richtungen zurückgeworfen. Ein Körper mit rauher Oberfläche muß also als eine Zusammensetzung unzähliger kleiner Spiegel angesehen werden, die alle verschiedene Lagen haben. Ein solcher Körper wirkt also, als ein Aggregat von unzähligen leuchtenden Punkten, von welchen Strahlen nach allen Richtungen ausgehen, welche also Strahlenkegel in unser Auge werfen, und den Körper selbst sichtbar machen, dahingegen die durch den Spiegel regulär zurückgeworfenen Strahlen den Spiegel selbst nicht sichtbar machen, sondern nur die Gegenstände, von welchen die Strahlen auf dasselbe gefallen sind. Die Lehre der Porosität beweiset, daß die glätteste Oberfläche eines Spiegels nie eine vollkommene Ebene bilden kann. Folglich muß ein Spiegel noch unzählig viel Strahlen nach andern Richtungen zurückwerfen, zerstreuen. Diese Strahlen müssen den Spiegel, nach Art der rauhen Oberflächen, sichtbar machen, thun es auch. Aber das Bild der Objecte, welche die Fläche als Spiegel liefert, ist gewöhnlich viel lebhafter, und macht das des Spiegels selbst unmerklich, so wie die Sonne die Sterne unsichtbar macht.

§. 809.

Die Richtigkeit dieser Ansicht bestätigt sich durch die photometrischen Versuche Bouguer's und Lambert's, nach welchen ein Spiegel bei weitem nicht alles aufgefallene Licht zurückwirft. So wirft von 1000 aufgefallenen Strahlen ein gewöhnlicher Glasspiegel unter einem Neigungswinkel von 15° nur 628, ein Metallspiegel 561 zurück; Quecksilber, unter 11½°, 750. Die Größe des Neigungswinkels hat einen großen Einfluß auf die Menge der zurückgeworfenen Strahlen, welches aus folgender Tafel von Bouguer deutlich hervorgeht: Wasser, unfolirtes Spiegelglas, schwarzer, nicht sehr vollkommen polirter Marmor, werfen von 1000 empfangenen Strahlen:

Winkel	Wasser	Glas	Marmor	Winkel	Wasser	Glas	Marmor
1°	692	—	—	30°	65	112	51
3°35′	—	—	600	40°	34	57	—
5°	501	543	—	50°	22	34	—
10°	333	412	—	60°	19	27	—
15°	211	299	156	70°	18	25	—
20°	145	222	—	80°	18	25	23
25°	97	157	—	90°	18	25	—

§. 810.

Der aus dieser Tabelle abzunehmende Verlust an reflectirten Strahlen kommt aber bei weitem nicht ganz auf Rechnung der Zerstreuung, sondern der Durchgang der Lichtstrahlen bei durchsichtigen Körpern, und die Verschluckung bei undurchsichtigen, macht einen großen Theil dieses Verlusts aus; bei großen Neigungswinkeln den größten. Von allen

Lichtstrahlen, welche auf einen Körper fallen, wird also ein Theil als von einer völlig glatten Oberfläche reflectirt, ein Theil wird durch die Unebenheiten der Fläche zerstreut und ein anderer Theil wird durch den Körper selbst verschluckt. Die Auseinandersetzung dieser Umstände, die Bestimmung der stattfindenden Verhältnisse, ist eine mühsame und schwierige Arbeit, die Lambert mit seinem bekannten Scharfsinne in seiner Photometrie durchgeführt hat.

§. 811.

Die durchsichtigen Körper strahlen das Licht nicht bloß mit ihrer Vorderfläche, sondern auch durch ihre Hinterfläche, wenn der Lichtstrahl unter kleinen Winkeln auffällt.

Man lasse einen Lichtstrahl auf eine Glasplatte sehr schief auffallen, so erhält man eine doppelte Reflexion; sind die beiden Flächen nicht ganz parallel, so stehen die Bilder des reflectirten Lichts um so mehr auseinander.

Bouguer und Lambert haben gezeigt, daß diese Reflexion der hintern Fläche größer ist, nach Verhältniß der dahin kommenden Strahlen, als die der vordern. Dieses wichtige Phänomen wird dadurch noch auffallender, daß diese Reflexion nicht von dem Medium, welches an der Hinterfläche seyn mag, abhängt, sondern vielmehr davon geschwächt wird. Newton hatte dieses schon beobachtet, und gefunden, daß diese Schwächung desto größer ist, je dichter das Mittel ist. Im luftleeren Raume ist die Reflexion der hintern Fläche am größten. Sie findet gar nicht Statt, wenn das hintere Mittel von derselben Art ist, als das, durch welches das Licht durchgeht, als zum

Beispiele, wenn 2 Glasplatten sich vollkommen berühren.

§. 812.

Wenn der Strahl von der hintern Fläche zurückstrahlt, so geht an der vordern Fläche eine neue Reflexion von einem Theile desselben, indeß der übrige Theil aus dem Glase gehet; und so wird also jeder sehr schief auf eine Glastafel fallende Strahl unzähligemale getheilt und einer von beiden Theilen reflectirt.

§. 813.

Die Spiegel sind von mannichfaltiger Art; entweder sind sie eben oder ihre Oberfläche ist krumm. Sie liefern alle Bilder, das heißt, reflectirte Strahlen von allen Punkten eines Objects, welche sich in der Pupille durchkreuzen und auf der Netzhaut eine Figur des Objects aufzeichnen. Diese Figur ist mehr oder minder dem Object ähnlich, und so auch die Bilder nach der Gestalt der gebrauchten Spiegel. Die Nichtspiegel entwerfen auch Figuren der Objecte auf der Netzhaut, aber die Anzahl der dahin gelangenden Strahlen ist wegen der Unebenheit der Oberfläche zu gering, um das Bild empfindbar zu machen, besonders da der Nichtspiegel selbst sein viel lebhafteres Bild dort entwirft. Ob eine Oberfläche Spiegel genannt werden könne oder nicht, liegt also in unsrer Empfindung. So ist ein lackirtes Gemälde, ein Kupferstich unter Glas, bald Spiegel, bald Nichtspiegel, nachdem das Licht, welches von den äussern Gegenständen darauf fällt, unter kleinern oder größern Winkeln für die Reflexion in's Auge fällt. Im erstern Falle spiegelt das Gemälde dieses Licht stark genug,

um das Bild des Gemäldes zu verdunkeln; im zweiten Falle wird dieses reflectirte Bild von dem directen Bilde des Gemäldes verdunkelt. Ein Pastelgemälde und ein Kupferstich ohne Glas haben nie falsche Lichter.

§. 814.

Der ebene Spiegel liefert auf der Netzhaut völlig ähnliche und gleiche Figuren, als das Object für sich allein liefern würde, wenn es vom Auge so weit abstände, als das Object vom Auge und das Auge vom Spiegel. Ein solches Bild ist ein vollkommenes Bild; alle übrigen Spiegel liefern unvollkommene Bilder. Das Bild des Objects im Planspiegel scheint uns hinter dem Spiegel und in gleicher Entfernung davon als das Object selbst. Es sey FF ein Planspiegel (Fig. IX.), AB ein Object, O das Auge, so schickt jeder Punkt des Objects Strahlen in allen Richtungen nach dem Spiegel; Einer derselben, AC für A, BD für B, muß ins Auge reflectirt werden. *) Der Punkt A wird also in der Richtung OC und der Punkt B in der Richtung OD gesehen; sie müssen also hinter dem Spiegel zu liegen scheinen; aber in welcher Entfernung? darin lag bis jetzt die Schwierigkeit der Erklärung. Die Alten fällten aus A oder B ein Perpendikel auf den Spiegel, verlängerten es um gleich viel hinter dem Spiegel, und erklärten den Durchschnitt a und b dieser Perpendikel, mit der

*) Wir betrachten nämlich für jetzt die Pupille als einen bloßen Punkt. Da sie aber eine meßbare Öffnung ist, so kommen mehrere Strahlen von jedem Punkte des Objects in's Auge, wie Fig. X. zeigt; und von dieser Menge von Strahlen hängt die Lebhaftigkeit, aber nicht der Ort des Bildes ab.

Verlängerung der reflectirten Strahlen, für den Ort des Bildes. Kepler und Barrow erklärten diese Ansicht für eine bloße geometrische Construction und setzten an ihre Stelle — wieder eine geometrische Construction. Nach ihnen ist der Ort des Bildes a (Fig. X.) eines Punkts A eines Objects da, wo der reflectirte Strahlenkegel BDDO, der von dem Punkte des Objects durch den Spiegel auf die Pupille fällt, und sich hinter dem Spiegel bei b zuspitzt, wenn man die reflectirten Strahlen DO, DO geradlinicht hinter dem Spiegel fortführt. Ohne noch zu untersuchen, ob diese Ansicht sich durch die Phänomene der krummen Spiegel und Linsen durchführen ließ, ist es klar, daß sie unmöglich als eine Erklärung gelten könne. Denn es würde daraus folgen, daß wir den Ort des Bildes eines einzigen Punkts bestimmen könnten, welches offenbar gegen die Erfahrung und gegen den Begriff des Orts überhaupt streitet. Auch müßte die Seele den Strahlenkegel obO eines einzigen physischen Punkts wahrnehmen, wenn der Winkel dieses Kegels ihr Urtheil über die Distanz des Punkts b des Bildes bestimmte; die Seele nimmt einen solchen Strahlenkegel oder Winkel nicht wahr, sondern jeder physische Punkt erscheint ihr, als sendete er nur einen Lichtstrahl aus. Die Beurtheilung der Distanz des Bildes eines Objects hinter dem Spiegel geschieht, nach §. 798., wie die Beurtheilung der Distanz der Objecte, durch Vergleichung mit den Bildern anderer Objecte im Spiegel. Es ist gar kein Grund da, warum die Seele in einem Falle anders urtheilen sollte, als im andern. Daß es so geschehe, beweisen die Urtheile der Seele über die Distanzen

der Bilder in nicht ebenen Spiegeln, welche alle falsch ausfallen, weil die Bilder verschiedener Gegenstände nicht im nämlichen Verhältnisse der Distanzen erscheinen, in welchem die Objecte selbst sind. Auch die sorgfältige Beobachtung einiger Erscheinungen der ebenen Spiegel, wo die Seele Trugschlüsse macht, aus Mangel an dem Maßstabe für die Distanzen, den sie von andern Objecten oder Bildern nimmt, beweisen die Richtigkeit dieser Erklärung. *)

§. 815.

Die Bestimmung der Lage des Bildes jedes Punkts eines Objects, hinter dem Planspiegel, erklärt manche Bilderphänomene, die nur deswegen auffallend scheinen, weil wir nicht daran gewöhnt sind; z. B., daß ein unter 45° geneigter Spiegel die stehenden Objecte liegend, die liegenden stehend darstellt; daß ein horizontaler Spiegel stehende Gegenstände umgekehrt darstelle; daß zwei parallele Spiegel die

*) Folgendes Beispiel mag zeigen, wie man dergleichen Fälle finden kann. Ich fuhr in einem festen Wagen einst Nachmittags nahe an der hohen Hofsmauer DF des Michailowschen Palais in Petersburg. Sowohl diese Mauer, als auch die Querstraße vor mir, waren im Schatten. Das Vorderfenster AB des Wagens reflectirte mir in O das Bild des wohlbeleuchteten Thurmknopfs P dieses Palais, sonst keine andern Gegenstände, da keine sichtbar waren, als die beschattete Mauer DF. Dieser Thurmknopf P, der wenigstens 500 Schritte von meinem Kutschenfenster entfernt war, erschien im Bilde p nicht in dieser Distanz, sondern in der Entfernung von höchstens $1\frac{1}{2}$ Fuß hinter dem spiegelnden Fenster. Ich strengte meine Einbildungskraft umsonst an, um dieses Bild in seine gehörige Entfernung zu versetzen; aber es blieb immer in der Entfernung von $1\frac{1}{2}$ Fuß; denn ich hatte keine Zwischenbilder um seine wahre Distanz zu schätzen. Nach Barrow's Erklärung hätte das Bild in der Entfernung von 500 Schritten erscheinen müssen.

Bilder eines Objects in's Unendliche vervielfältigen; daß zwei Spiegel, unter einem rechten Winkel aufgestellt, ein in diesem Winkel gestelltes Object vervierfachen ꝛc. ꝛc. *)

§. 816.

Wenn man durch einen Planspiegel das Bild der Sonne auf ein Object reflectirt, so wird das Object erwärmt; eine gemeine Erfahrung. Vervielfältigt man dieses Bild auf demselben Objecte durch mehrere Spiegel, so entsteht eine sehr beträchtliche Hitze. Büffon baute einen solchen zusammengesetzten Spiegel, der aus 128 ebenen Spiegeln von 6 Zoll ins Quadrat, welche alle sich beliebig stellen ließen, und entzündete damit ein getheertes Brett in der Entfernung von 150 Fuß, bloßes Holz auf 200 Fuß; Silber schmolz er in einer Entfernung von 20 Fuß. Damit bewies er, daß man ein Schiff, wie jedes andere getheerte Holz durch Spiegel entzünden könne, wenn das Schiff hübsch Stand dazu halten wollte, nicht aber die historische Wahrheit des Mährchen, daß Archimedes die römische Flotte durch Spiegel verbrannte.

§. 817.

Die nichtebenen Spiegel liefern ganz andere Bilder der Objecte als die ebenen. Von den unzähligen Krümmungen, die ein Spiegel haben könnte, wäre die paraboliſche dem Optiker die wichtigste, weil sie alle mit der Axe parallel auffallenden Strahlen in

*) Den eleganten Damen und Herren zu Ehren mag noch demonstrirt werden, daß ein Spiegel von ihrer halben Höhe alle ihre Reize, von der obersten flatternden Locke bis zu der äussersten Spitze ihres niedlichen Fußes, ihnen treulich darstellt.

einem einzigen Punkte (focus, Brennpunkt) vereinigen würde. Da aber die mechanische Construction dieser Krümmung sehr großen Schwierigkeiten ausgesetzt ist, so braucht man an ihrer Stelle die sphärische Krümmung, welche, wenn man nur kleine Segmente braucht, beinahe dieselben Dienste leistet, als die paraboliſche. Es ist daher wichtig, den Weg der Lichtstrahlen nach dem Anstoße auf sphärische Spiegel genau kennen zu lernen. Man braucht sowohl die hohle als auch die erhabene Oberfläche der Kugel zu Spiegeln; daher giebt es concave oder hohle Spiegel, und convexe oder erhabene Spiegel.

§. 818.

Im sphärischen Hohlspiegel kreuzen sich die mit der Axe parallel auffallenden Strahlen, nach der Zurückwerfung, auf der Axe nahe an der Mitte des Radius, aber alle zwischen diesem Punkte und dem Spiegel.

Beweis.

Es sey AEG, Fig. XII., die hohle Kugelfläche, BA ein Strahl mit der Axe CE parallel, C der Mittelpunkt der Kugel, D die Mitte des Radius, AK der reflectirte Strahl, AI die Tangente am Einfallspunkte A; so ist

$$\angle IAK + KAC = \angle AIC + ICA$$
$$\angle ICA \text{ oder } KCA = \angle KAC$$
$$\angle IAK = \angle AIC$$
$$AK = IK$$
$$AK = KC$$
$$IK = KC$$

Also KC größer als KE; folglich fällt der Punkt K näher an E als an C, und demnach nicht in der

Mitte D. *) Je weiter A von E entfernt ist, desto weiter ist K von D, und nur der Strahl CE in der Axe geht durch D; alle übrigen parallele Strahlen, die auf AE fallen, schneiden die Axe im Raume KD; KE oder DE ist die Focalweite; für AE = 6° ist IE = 0,0056 und KD = 0,0028, wenn AC = 1. Daraus folgt, daß, wenn man die Strahlen noch näher zusammenrücken will, man die Oberfläche AG etwas flacher machen muß, als die Kugelfläche es erheischt; dadurch wird sie der paraboliſchen mehr genähert.

§. 819.

Ein Hohlspiegel muß also die Sonnenstrahlen (die man als parallel annehmen kann) in einen kleinen Focalraum (dessen Durchmesser, nach §. 619., berechnet werden kann) vereinigen, und, gleich dem Büffonschen Spiegel, dort eine große Hitze erzeugen.

Versuch mit einem Brennspiegel.

Ist der sphärische Spiegel convex, und es fallen Strahlen bA mit der Axe parallel, so werden sie nach Ak zurückgeworfen, in derselben aber entgegengesetzten Richtung als AK; sie werden zerstreut, als

*) Gewöhnlich nimmt man den Focalraum in der Mitte des Radius, in D, an. Allein dieses gründet sich auf die analytische Betrachtung dieser Aufgabe, wobei man annimmt, daß AK = KE, welches aber nur für einen unendlich kleinen Bogen AE angenommen werden kann, wofür allerdings K in D fällt. Auch ist die Größe des Bilds der Sonne auf einer dem Spiegel gegenüber stehenden Ebene (der Focalraum auf dieser Ebene) nicht in seinem Minimo, wenn man die Ebene in D aufstellt, sondern zwischen D und K, an K näher. — Übrigens ist man in der ganzen Optik gezwungen, solche Voraussetzungen zu machen, wenn man brauchbare Formeln haben will.

kämen sie aus dem Focalraume KD. Diese Spiegel wirken also auf eine entgegengesetzte Art von den Hohlspiegeln.

§. 820.

Die sphärischen Hohlspiegel liefern Bilder der Gegenstände, und zwar unvollkommene Bilder, welche ausserdem, daß sie größer oder kleiner sind, als die der Planspiegel, noch etwas irregulär ausfallen. Um den scheinbaren Ort dieser Bilder und ihre Größe zu finden, reicht man mit der Construction für die Planspiegel (§. 814.) vollkommen aus. Folgende Constructionen für verschiedene Lagen des Objects und des Auges zeigen dieses deutlich.

Es sey, Fig. XIII., MN der sphärische Hohlspiegel, C der Mittelpunkt dessen Kugel, F die Mitte des Radius, die wir für den Brennpunkt ansehen wollen.

1) Das Object AB sey im Mittelpunkte, das Auge hinter dem Object in beträchtlicher Entfernung in P, so empfängt das Auge von den unzähligen Strahlen von jedem Punkte des Objects, welche durch die Spiegelfläche reflectirt werden, einen Strahlenkegel, dessen Basis die Öffnung der Pupille ist, den wir aber als einen einfachen Strahl hier ansehen können. Für diesen Fall zeigt die Construction, daß wenn der Einfallswinkel dem Reflexionswinkel gleich seyn soll, der von dem Punkte A (und allen auf dieser Seite der Axe liegenden Punkten) durch den Spiegel in's Auge kommenden Strahle die Axe durchschneiden müsse, ehe er zum Spiegel gelangt. Der Weg des Strahls aus A wird also seyn $A\alpha P$, und der des Strahls aus B, ist $B\beta P$. Folglich erscheint

der Punkt A in der Richtung Pα, und der Punkt B in der Richtung Pβ. Die scheinbare Lage dieser Punkte wird seyn in a und b, nämlich da, wo der auf der Tangente von α und β gezogene Perpendikel Aa und Bb, in seiner Verlängerung, den verlängerten reflectirten Strahl αa und βb durchschneidet. Folglich erscheint das Object hinter dem Spiegel verkehrt und vergrößert.

2) Ist das Auge etwa bis zum Endpunkte des Durchmessers der Kugel in P gerückt, und das Object bleibt wie vorher, so ist, Fig. XIV., das Bild ab noch immer verkehrt und noch mehr vergrößert.

3) Es sey das Auge, Fig. XV., in P, wie in Nr. 2., das Object aber zwischen dem Focus und dem Mittelpunkte, so erscheint das Object immer noch verkehrt, und noch mehr vergrößert, als im vorigen Falle.

4) Das Auge sey an derselben Stelle P, Fig. XVI., das Object sehr nahe am Focus, so wird es noch umgekehrt und in der größten Vergrößerung erscheinen. Kommt das Object in den Focus selbst, so wird das Bild ganz undeutlich, die nahe an den Focus liegenden Punkte ausserordentlich vergrößert. Rückt das Object über den Focus hinaus, wie in A′B′ und A″B″, so kreuzen sich die in's Auge kommenden Strahlen vor dem Spiegel nicht mehr, und es entsteht ein aufrechtes Bild hinter dem Spiegel, a′b′, a″b″, welches desto größer ist, je näher das Object dem Focus ist.

5) Rückt das Object vom Spiegel ab, bis hinter dem Mittelpunkte, in AB, Fig. XVII., und das Auge steht immer um zwei Radienlängen vom Spiegel ab, so wird das Bild wieder verkehrt, aber viel weniger vergrößert, als in den vorigen Fällen.

6) Wird das Object noch jenseits des Mittelpunkts hinaus gerückt, wie in Fig. XVIII., das Auge aber immer in der Entfernung von zwei Radien vom Spiegel, so erscheint das Bild umgekehrt und verkleinert.

7) Sind das Auge und das Object, beide in der Entfernung von zwei Radien vom Spiegel, wie in Fig. XIX., so erscheint das Bild in der natürlichen Größe des Objects, aber verkehrt.

8) Steht das Auge P im Focus, wie in Fig. XX., und das Object in verschiedenen Entfernungen, vor oder hinter dem Auge, so sind die Strahlen desselben Punkts, welche in das Auge kommen, für alle Distanzen des Objects parallel, oder vielmehr, sie fallen in einander. Alle Bilder sind aufrecht, und im directen Verhältniß ihrer Entfernungen vom Spiegel vergrößert, da die Linien Aa, A'a', A''a'', A'''a''' parallel sind; das Object in P, als z. B. das Auge des Beobachters, im Focus selbst, erscheint doppelt so groß demselben Auge.

Versuch mit einem Hohlspiegel für solche Fälle.

§. 821.

Diese Versuche bestätigen in ihren Resultaten die Construction des vorigen Paragraphen völlig, in Ab-

sicht auf die Stellung und scheinbare Größe der Bilder. In Absicht auf die relative Lage oder Entfernung der Bilder hinter dem Spiegel bestätigen sie diese Theorie nicht, und widersprechen ihr nicht. Denn da jedes andere Object, das in einer andern Entfernung ist, sein Bild für's Auge in einer andern nicht proportionellen Entfernung liefert, auch oft das vergrößerte Bild das ganze Feld des Spiegels ausfüllt, so fehlt der Maßstab ganz und die Seele vermag nicht, die Stelle des Bildes zu assigniren. Es kommen sogar Fälle bei sehr starken Vergrößerungen vor, wo man nicht entscheiden kann, ob das Bild vor oder hinter dem Spiegel erscheint. Aus den hier angeführten und gezeichneten Fällen lassen sich leicht die Regeln der Wirkung der sphärischen Hohlspiegel abstrahiren; die vorzüglichsten sind: a) So lange das Object hinter dem Focus ist (mehr als die Focallänge vom Spiegel entfernt), ist das Bild umgekehrt; ist aber das Object näher am Spiegel, als der Focus, so sind die Bilder immer aufrecht. b) Je näher das Object am Focus, wenn das Auge hinter dem Focus ist, desto größer ist das Bild. c) Ist das Object hinter dem Auge, das Auge aber um 2 Radien vom Spiegel entfernt, so ist das Bild kleiner, als das Object; ist aber das Auge im Focus oder noch näher am Spiegel, so wird das Bild desto größer, je weiter das Object ist. Die Hohlspiegel sind also im Durchschnitt Vergrößerungsspiegel, können aber unter gewissen Umständen Verkleinerungsspiegel werden.

§. 822.

Ausser den Bildern, welche die Hohlspiegel dem Auge liefern, und hinter der Spiegelfläche zu liegen

scheinen, erscheinen oft Bilder der Gegenstände, vor dem Spiegel schwebend, als wirkliche Objecte, die man Luftbilder nennt, deren Entstehung und Lage sonst räthselhaft war. Es sey, Fig. XXI., ein Object AB vor dem Spiegel MN, zwischen dem Mittelpunkte C und dem Focus F. Alle Strahlen, welche vom Punkte B auf die Spiegelfläche fallen, vereinigen sich, nach der Reflexion, auf einem gewissen Punkte b der Axe CD (eigentlich in einem kleinen Raum bei b, welcher gleichsam der Brennraum für die aus B ausgehenden Strahlen ist). Zieht man durch A und C eine gerade Linie, so wird Ac die Axe des Spiegels seyn für den Punkt A. Folglich werden sich alle Strahlen aus A, welche auf den Spiegel fallen, sich ebenfalls in einen Punkt a auf dieser Axe vereinigen; dasselbe gilt von allen Strahlen aus den Punkten zwischen A und B, und es entsteht also ein Bild in ab, welches dem Auge wie ein Object sichtbar ist.

§. 824.

Um den Ort des Bildes zu finden, und auch seine Größe, darf man also nur die Axe Ac des Spiegels für die äussersten Punkte des Objects ziehen, und von dem äussersten Punkte A den Strahl AD nach der Mitte des Spiegels ziehen und dann den Winkel CDE = CDA machen, so wird die Verlängerung von DE die gerade auch verlängerte AC schneiden, in a dem Orte des Bildes für A. Stellt man das Object in verschiedenen Entfernungen des Spiegels, als zum Beispiele (Fig XXII.) in AB, A'B', so entstehen die Luftbilder, ab, a'b', kleiner als das Object und verkehrt. Im Mittelpuncte C

entsteht das Bild Ca''' von gleicher Größe als das Object. Sieht man ab, a'b' als die Objecte an, so sind AB, A'B', die vergrößerten Bilder derselben. Kommt das Object bis in den Focus, wie $A^{IV}B^{IV}$, so fällt der Strahl AD in paralleler Richtung DE mit AC zurück; das heißt, es entsteht kein Bild davon, oder das Bild ist unendlich weit und unendlich groß. Kommt endlich das Object zwischen dem Focus und dem Spiegel, wie in $A^{V}B^{V}$, so kann kein Luftbild entstehen, weil der Strahl $A^{V}D$ nach seiner Zurückwerfung die Linie $A^{V}C$ nur hinter dem Spiegel schneiden kann, wo das gewöhnliche aufrechte Bild $a^{V}b^{V}$ entstehen würde.

Versuch zur Darstellung der Luftbilder in einem verfinsterten Zimmer, indem man ein kleines, stark erleuchtetes, transparentes Bild als Object braucht, und das Luftbild auf einer weißen Fläche aufnimmt. Das Bild erscheint immer rein gezeichnet und verkehrt, vergrößert oder verkleinert, wenn man die weiße Tafel in der durch die Fig. XXII. bestimmten Entfernung setzt.

§. 825.

Die convexen sphärischen Spiegel liefern auch Bilder der Objecte für das Auge. Es sey, Fig. XXIII., MN der convexe Spiegel, dessen Mittelpunkt in C; AB das Object; P das Auge. Von allen Strahlen, welche aus A auf MN fallen, kommt $A\alpha$ durch die Reflexion, und von B aus der Strahl $B\beta$, nach P. Mithin sieht das Auge die Punkte A und B hinter dem Spiegel, in den Richtungen $P\alpha a$ und $P\beta b$. Der Ort des Bildes ab wird wie

bei den Hohlspiegeln bestimmt, wenn man $\alpha a = \alpha A$ und $\beta b = \beta B$ macht. Folglich erscheint das Object hinter dem Spiegel aufrecht und verkleinert. Dieses muß in allen Fällen Statt finden, da der Radius der Kugel und die Focallänge immer negativ sind, mithin die zurückgeworfenen Strahlen nie die Axe, als im Auge, durchkreuzen können. Sind die Objecte in einer beträchtlichen Entfernung vom Spiegel, so kann man annehmen, daß die Distanz des Bildes hinter dem Spiegel ziemlich der des Objects von dem Spiegel gleich ist; und da wir die Größe der Objecte nach dem Sehwinkel aPb beurtheilen, so folgt daraus, daß der sphärische Conexspiegel alle Gegenstände vor ihm beinahe vollkommen in relativen Entfernungen, die mit der der Objecte proportionell sind, fürs Auge abmalt. Daher der Gebrauch, den die Landschaftsmaler von dieser Art Spiegel machen. Für sehr nahe Gegenstände aber werden schon die Theile eines großen Objects in den Conexspiegeln, so wie auch in den Hohlspiegeln, nicht mehr in den verhältnißmäßigen Entfernungen abgezeichnet, daher die geraden Kanten einer nahen Thüre oder eines nahen Schranks krumm erscheinen.

§. 826.

Cylindrische, conische, pyramidalische Spiegel, welche man in den optischen Sammlungen antrifft, dienen zu artigen Spielereien, entweder um verzerrte Bilder von Objecten zu liefern, oder aus regelmäßig verzerrten Zeichnungen von Objecten (Anamorphosen) die natürliche Gestalt dieser Objecte wieder herzustellen.

C. Durchgang des Lichts durch durchsichtige Mittel.

§. 827.

Der Durchgang des Lichts durch durchsichtige Körper zeigt uns zweierlei sehr wichtige Phänomene. Das Eine ist, daß jeder Lichtstrahl bei seinem schiefen Eintritte in ein andres Mittel seine Richtung beträchtlich ändert, und wird Brechung des Lichts genannt. Das Andere besteht darin, daß jeder ungefärbte Strahl, der durch ein Mittel geht, dessen Vorder- und Hinterfläche nicht parallel sind, sich in mehrere Strahlen von verschiedener Farbe verwandelt. Diese zwei Hauptphänomene des Lichts müssen besonders betrachtet werden.

Einfache Brechung des Lichts.

§. 828.

Es sey, Fig. XXIV., DB die Oberfläche eines Mittels, wie etwa Glas, Wasser ꝛc.; ein Strahl A'C, durch die Luft kommend, der senkrecht auf DB fällt, geht durch das andere Mittel, in derselben Richtung CF durch, ungebrochen. Fällt er aber schief auf DB, wie AC, so geht er nicht in derselben Richtung CH durch das Mittel, sondern in einer andern Richtung CE, näher am Perpendikel CF. Ist nun A'CA der Einfallswinkel des Strahls AC auf der Oberfläche des Mittels, so nennt man den Winkel ECF, den der gebrochene Strahl CE im Mittel mit dem Perpendikel CF macht, den Brechungswinkel, und den Winkel HCE, den derselbe gebrochene Strahl EC mit seiner vorigen Richtung CH macht, den gebrochenen Winkel.

§. 829.

Schon Keppler beobachtete im Jahr 1604, daß der Einfallswinkel und der Brechungswinkel für einerlei Mittel ein beständiges Verhältniß zu einander haben. Snellius, im Jahr 1626, fand richtiger, daß es die Cosecanten des Einfalls- und Brechungswinkels sind, welche in einem beständigen Verhältnisse sind. Endlich trug Carteſius, im Jahr 1637, in seiner Dioptrik den Satz so vor: Die Sinus des Einfalls- und Brechungswinkels sind für einerlei Mittel in einem beständigen Verhältnisse. Es sey demnach AG der Sinus des Einfallswinkels A'CA, EF der Sinus des Brechungswinkels ECF, so ist AG : EF ein beständiges Verhältniß für alle Veränderungen von A'CA, vorausgesetzt, daß die Mittel, welche sich in DB berühren, dieselben bleiben.

Versuche mit dem dazu bestimmten Apparate. Dieser höchst wichtige Satz hat den Namen seines wahren Erfinders behalten, und heißt der Satz des Snellius.

§. 830.

Verändern sich die Mittel, so verändert sich auch jenes beständige Verhältniß des Sinus. Läßt man einen Strahl z. B. aus Luft in Glas, Wasser, Weingeist, Öhle ꝛc. gehen, so wird dieses Verhältniß größer und kleiner, daher der Begriff von größerer oder kleinerer Brechbarkeit in verschiedenen Mitteln. Folgende Tafel, größtentheils nach Newton, giebt einen Begriff der großen Unterschiede, welche hier Statt finden. Der Sinus des Einfallswinkels ist = 1 an-

genommen, und der des Brechungswinkels ist durch folgende Decimalbrüche ausgedrückt.

Luft	0,999
Regenwasser	0,748
Brunnenwasser	0,733
Weingeist	0,730
Schwefelsäure	0,700
Baumöhl	0,682
Terpentinöhl	0,680
Crownglas	0,665
Bergcrystall	0,640
Flintglas	0,628
Diamant	0,410.

Hier werden die größten Brechungen durch die kleinsten Zahlen angezeigt.

§. 831.

Sondert man die entzündlichen Substanzen aus dieser Tabelle aus, nämlich Weingeist, Baumöhl, Terpentinöhl, Diamant, so zeigt sich bei den übrigen Luft, Regenwasser, Brunnenwasser, Schwefelsäure, Crownglas, Bergcrystall, Flintglas, daß die specifisch schwereren auch eine größere Brechung erzeugen. Daher der Satz aufgestellt wird, daß in dichtern Mitteln stärkere Brechungen Statt finden. Insbesondere ist's, vorzüglich nach den letzten Versuchen Biot's, richtig, daß in homogenen Mitteln von verschiedener Dichtigkeit die Brechung genau im Verhältniß der Dichtigkeiten ist; welches aber für heterogene Mittel nicht ganz richtig ist. Übrigens wird dieses bei dem newtonischen Begriffe von Brechungskraft weiter unten deutlicher auseinander gesetzt. Was die entzündlichen Substanzen betrifft, so bilden

ſie eine eigenthümliche Reihe von Körpern, welche, nach Verhältniß ihres ſpecifiſchen Gewichts, eine merklich größere Brechung erzeugen als die übrigen Körper; daher auch Newton, dem man dieſe Verſuche und Beobachtungen verdankt, es wagte, die Entzündlichkeit des Diamants lange vorherzuſagen, ehe ſie durch directe Verſuche erwieſen ward. Biot's Verſuche, welche mit aller Genauigkeit angeſtellt ſind, welche der jetzige Zuſtand der Phyſik geſtattet, zeigen ſogar, daß die Brechung genau im Verhältniß des Waſſerſtoffs in den Körpern iſt.

§. 832.

Geht ein Lichtſtrahl aus einem dichtern Mittel in ein dünneres, ſo wird er auch gebrochen, aber auf die entgegengeſetzte Art, als wenn er aus einem dünnern in ein dichteres übergeht; er entfernt ſich nun von dem Perpendikel im dünnen Mittel. Es ſey, Fig. XXIV., EC der Strahl im dichtern Mittel, ſo wird CA der Strahl im dünnern ſeyn, und wenn die beiden Mittel dieſelben ſind, als §. 829, ſo findet nach dem Satze des Snellius daſſelbe Verhältniß des Sinus EF und AG für alle Einfallswinkel ECF Statt.

§. 833.

Dabei läßt es ſich denken, daß ein Strahl EC in einem dichtern Mittel ſo nahe bei DC läge, daß der Sinus GA der Brechung größer ſeyn müßte als der Radius; welches bei jedem Sinus überhaupt unmöglich iſt. Es wird alſo der Strahl in dieſem Falle bei ſeiner Brechung nicht aus dem dichtern Mittel ins dünnere übergehen können; die Erfahrung zeigt, daß der Strahl alsdann im dichtern Mittel bleibt und nach dem Geſetze der Reflexion in demſelben fortgeht, als

wäre die Fläche DB eine zurückstrahlende Fläche. Dieses ist das, was §. 811. die Reflexion durch die hintere Fläche genannt wurde. Es sey z. B. das Brechungsverhältniß aus Glas in Luft 2 : 3 und der Sinus des Einfallswinkels = $\frac{2}{3}$ des Radius; so wird der Sinus des Brechungswinkels seyn $\frac{2}{3}$. $\frac{2}{3}$ des Radius oder = R. So kann also der Strahl, wenn sein Einfallswinkel $\frac{2}{3}$ des Radius, oder = 41° 48′ ist, nicht mehr aus dem Glase treten, sondern er wird unter demselben Winkel zurückgeworfen.

§. 834.

Äusserst auffallend ist die Brechung im isländischen Crystall oder Doppelspath, ein blättrichter rhomboidalischer Kalkspath, der in parallelipipedischen Stücken mit rhomboidalischen Seitenflächen, deren stumpfe Winkel 101° 52′, die spitzigen aber 78° 8′ haben, vorkommt. Die Brechung in diesem Crystall ist doppelt. Die eine ist die gewöhnliche nach dem Gesetze des Snellius im Verhältnisse von 5 : 3; die andere ist die ungewöhnliche nach einem andern Gesetze. Auch im Bergcrystalle nach Huygens und im brasilianischen Kiesel nach Beccaria, findet eine doppelte Brechung Statt. Wahrscheinlich haben alle Crystalle, alle durchsichtige Körper, die nicht durch Schmelzung, sondern durch allmähligen Zusatz von niedergeschlagenen Theilen ihren Aggregatzustand erhalten haben, diese Eigenschaft, welche vielleicht nur deswegen in den erwähnten Crystallen früher beobachtet worden ist, weil die beiden Brechungen in denselben sehr merklich von einander abweichen, in den andern vielleicht viel

weniger. *) Der Abbé Rochon hat eine doppelte Brechung erhalten, indem er Glasscheiben von verschiedener Brechbarkeit auf einander legte, und nur so weit schmelzen ließ, daß sie sich aneinander lötheten.

Versuch mit einem Doppelspathe auf einer Schrift gelegt.

§. 835.

Huygens und Martin haben die optischen Eigenschaften des Doppelspaths am sorgfältigsten untersucht. Folgende sind die Resultate: Es sey HN, Fig. XXV., ein Doppelspath, A der größte körperliche Winkel an der obern Fläche HK. Man fälle auf die untere Fläche IN ein Perpendikel AD, und ziehe die gerade Linie DB; so ist die durch ADB gehende Ebene der Hauptschnitt des Crystalls in dieser Hinsicht, und der Winkel DAB ist = 19° 3′. Man ziehe nun AC so, daß ∠ DAC = 6° 40′.

1) Fällt nun ein Strahl in A senkrecht auf die Ebene HK, so wird er nach der gewöhnlichen Brechung längs AD fortgehen, d. h. ungebrochen, nach der ungewöhnlichen aber längs AC, und nur in der Ebene durch ABD bleibt der ungewöhnlich gebrochene Strahl mit dem einfallenden und dem gewöhnlich gebrochenen in einerlei Ebene. Es sey LG irgend ein anderer schief auffallender Strahl, GF seine gewöhnliche Brechung. Man ziehe FE auf der untern Ebene

*) Bestätigt sich diese mir höchstwahrscheinliche Vermuthung (in welcher der Unterschied zwischen Crystallisation und Verglasung liegt), so wird die Dioptrik entscheiden können, welche durchsichtige Körper in wässerichten Niederschlägen und welche im Feuer entstanden sind.

mit DB parallel und mache FE = DC, so ist GE die Richtung der ungewöhnlichen Brechung.

2) Ist LG in einer mit dem Hauptschnitt parallelen Ebene und seine Neigung auf HK = 83° 20', so geht er durch die ungewöhnliche Brechung geradlinicht in Crystall fort, indeß der andere Theil desselben die gewöhnliche Brechung erhält.

3) Wenn zwei Stücke Doppelspath in einiger Entfernung von einander gehalten werden und mit einander parallel, so wie auch ihre Hauptschnitte, so werden die zwei Theile des durch das erste Crystall gespaltenen Strahls durch das zweite nicht wieder gespalten, sondern jeder derselben folgt im zweiten Crystall demselben Brechungsgesetze, nach welchem er im ersten gebrochen worden ist.

4) Stellt man die immer parallelen beiden Crystalle so, daß ihre Hauptschnitte mit einander einen rechten Winkel machen, so wechseln die Theile des im ersten Crystall gespaltenen Strahls ihre Brechungsgesetze. Machen aber die Hauptschnitte irgend einen andern Winkel mit einander, so wird jeder Theil des gespaltenen Strahls im zweiten Crystalle noch einmal gespalten.

5) Endlich spaltet sich der ungefärbte Strahl im Durchgange durch einen Doppelspath in farbigte Strahlen, nicht nur wenn das Crystall prismatisch geschliffen ist, sondern auch, wenn seine entgegengesetzte Seiten vollkommen parallel sind.

Diese Eigenschaften des Doppelspaths, und wahrscheinlich aller crystallisirten durchsichtigen Substanzen, sind noch höchst räthselhaft. Allein der Physiker muß sich ihrer Entdeckung erfreuen, weil gerade

sie über das allgemeine Phänomen der Brechung, welches in dem Glase und in den Flüssigkeiten nicht genug individualisirt ist, und folglich nicht speciell genug betrachtet werden konnte, die größten Aufschlüsse einst liefern müssen.

§. 836.

Die obigen Sätze (§. 828. bis 833.) liefern in ihrer Anwendung zahlreiche und wichtige Folgerungen. Zur genauen Aufzählung derselben müssen einige Ausdrücke, welche dabei vorkommen, gehörig bestimmt werden.

Brechungsebene ist diejenige, welche durch den einfallenden und den gebrochenen Strahl geht. Die Versuche über den Satz des Snellius beweisen, daß diese Ebene dieselbe ist, als die, welche durch den einfallenden Strahl, und das Perpendikel aus einem Punkte des Strahls auf der brechenden Ebene geht, oder die Ebene des Neigungswinkels. Daher lassen sich die Brechungsphänomene auf einem Papier richtig zeichnen. Daraus folgt, daß alle einfallende Strahlen, die sich in einer Brechungsebene befinden, in derselben gebrochen werden.

Divergirende Strahlen nennt man solche, welche aus einem Punkte ausserhalb der brechenden Fläche auf diese gelangen. Der Winkel, den sie mit einander machen, heißt ihre Divergenz. Convergirende Strahlen sind solche, die aus verschiedenen Punkten ausserhalb der brechenden Fläche auf diese gelangen und hinter derselben sich in einem Punkte vereinigen würden, wenn sie in ihrer ursprünglichen Richtung fortgingen.

§. 837.

Es sey XY, Fig. XXVI., die Ebene zwischen zwei brechenden Mitteln, deren dichteres unterhalb sich befinde; CA und CB zwei divergirende Strahlen; ihre natürliche Richtung würde sie nach F und G führen; die Brechung führt sie aber nach D und E, und es ist der gebrochene Winkel FAD größer, als GBE. Folglich erhalten sie eine Richtung, nach welcher sie sich unter einem kleinern Winkel in H vereinigen würden. Folglich vermindern divergirende Strahlen bei ihrem Eintritt in ein dichteres Mittel ihre Divergenz. Sind die einfallenden Strahlen AD und BE convergirend, so daß sie ohne Brechung sich in C vereinigen würden, so werden sie durch die Brechung sich in F vereinigen; und da der gebrochene Winkel CAF kleiner ist, als CBF, so ist der Winkel F kleiner, als der Winkel C. Folglich vermindern convergirende Strahlen bei ihrem Eintritt in ein dichteres Mittel ihre Convergenz. Nimmt man nun an, das dichtere Mittel sey über XY, so können FA und FB divergirende Strahlen vorstellen, und DA und EB convergirende, welche in ein dünners Mittel treten; und es ergiebt sich aus der Figur, daß divergirende Strahlen ihre Divergenz, convergirende ihre Convergenz vergrößern, wenn sie in ein dünneres Mittel treten. Hingegen bleiben parallele Strahlen in dichteren oder dünneren Mitteln immer parallel. Diese Veränderungen der Richtung der Lichtstrahlen durch Abwechselung des Mittels muß zur Folge haben, daß Objecte unter Wasser

oder Glas, schräge gesehen, eine andere Lage zu haben scheinen, als ihre wirkliche.

Versuch mit einem Körper auf dem Boden einer undurchsichtigen Schale vom Rande der Schale aus durch bloße Luft und durch Wasser gesehen. Stab halb in Luft, halb in Wasser.

§. 838.

Wenn ein Lichtstrahl durch ein mit parallelen Ebenen begränztes Mittel aus einem andern Mittel in das nämliche durchgeht, z. B. aus Luft durch Glas in Luft, so ist seine letzte Richtung mit der ersten parallel, weil, nach dem Satze des Snellius, die Brechung bei dem Austritte aus dem Glase die umgekehrte der bei dem Eintritte ins Glas ist.

Versuch mit dem dazu gehörigen Apparate.

Sind aber die vordere und hintere Ebene des Medium, durch welches der Lichtstrahl geht, nicht parallel, so ist der Austritt des Strahls dem Eintritte nicht parallel. Daher sieht man die Körper durch eine Fensterscheibe beinahe vollkommen an ihrem Orte, dagegen polyedrische Gläser so viel Bilder der Objecte dem Auge liefern, als sie Seitenflächen haben, weil das Object durch jede Fläche an einem andern Orte gesehen wird.

§. 839.

Geht ein Lichtstrahl durch mehrere an einander liegende parallele Schichten eines Mittels, welche verschiedene Brechvermögen haben, so wird der Strahl in jeder derselben besonders gebrochen, und ein Object, welches durch solche Schichten gesehen wird, erscheint nicht an seinem wahren Orte, ausser dann, wenn seine Strahlen senkrecht auf diese Schichten

auffallen; je schiefer er auffällt, desto größer ist die Verrückung. Die atmosphärische Luft ist ein solches Mittel, dessen Brechfähigkeit von der Oberfläche der Erde an, wegen der veränderlichen Dichtigkeit, abnimmt; folglich muß jeder Lichtstrahl, der von aussenher nicht senkrecht auf sie fällt, eine krumme Linie bis zur Erde beschreiben, und demnach die entfernten Gegenstände, und namentlich die Himmelskörper, uns höher erscheinen müssen, als sie wirklich sind. Dieses für die Astronomie höchst wichtige Phänomen heißt die astronomische Strahlenbrechung, welche die Alten wahrscheinlich, der Araber Alhazac bestimmt, schon kannten. Unter den Neuern machte Tycho de Brahe die ersten genauen Beobachtungen über diesen wichtigen Gegenstand, welcher nachher vorzüglich durch Cassini, Halley, La Caille, Bradley und Tobias Mayer mit der größten Sorgfalt bearbeitet wurde. Lalande entwarf eine Tafel dieser Refractionen, welche bis 45° vom Horizonte an gerechnet aus Beobachtungen zusammengesetzt, von da an aber bloß berechnet ist, wobei ein Normalzustand von 336‴ Barometerhöhe und + 10° R. statuirt wird. Auch bei Messungen großer Höhen auf der Erde muß die Strahlenbrechung in Anschlag genommen werden.

§. 840.

Diese Abnahme der Dichtigkeit und Brechfähigkeit der atmosphärischen Luft, in ihren übereinander liegenden Schichten, ist mancher zufälligen Modificationen durch die Wärme und Ausdünstung unterworfen, woraus höchst sonderbare Phänomene entstehen, welche jetzt unter dem Namen von horizontaler Strahlenbrechung bekannt und größtentheils er-

klärt sind. Wenn jene Modificationen der untern Schichten der Atmosphäre Statt finden, so sieht man auf großen Ebenen doppelte Bilder der Objecte am Horizonte, ein aufrechtes und drüber ein umgekehrtes, zuweilen noch ein drittes aufrechtes über beide. Zwischen diesen Bildern sieht man bloß die Luft, welche oft als eine horizontale Wasserfläche vorkommt. Zuweilen erscheinen weit entlegene unter dem Horizont oder hinter einem Berge liegende Gegenstände über demselben erhoben. Diese Phänomene erklären sich durch den Durchgang der Lichtstrahlen durch eine solche Atmosphäre, welche aus horizontalen Schichten von verschiedenem Brechvermögen besteht, wenn die Lichtstrahlen mit diesen Schichten selbst parallel oder beinahe parallel ausgesandt werden.

§. 841.

Man erinnere sich an die Affinitäts-Versuche von §. 134. und die darüber, §. 135., angestellten Betrachtungen, so wird man finden, daß, da die beiden Flüssigkeiten sich in der Gränze freiwillig vermischen, von dieser Gränze an die Dichtigkeiten der drüber und drunter liegenden Schichten der Flüssigkeiten sich verändern, da der allmählige Erfolg die Vermischung zweier ungleich dichter Flüssigkeiten ist. Nehmen wir den einfachesten Fall einer Affinitätswirkung der ersten Art, wo z. B. eine Säure sich mit dem Wasser freiwillig vermischt, so geht die Säure in's Wasser allmählig über, schwängert die über der Gränze liegenden Wasserschichten in einer abnehmenden Progression; zugleich verlieren die Schichten unterhalb der Gränze von ihrem Gehalte an Säure ebenfalls in abnehmender Progression. Berechnet man diese Progressionen

der Zu- und Abnahmen des Gehalts an Säure, so findet man, daß die Schichte in der Gränze beständig einen Gehalt hat, der das arithmetische Mittel zwischen dem Gehalte o des Wassers und dem Gehalte der Säure ist, daß von zwei von der Gränze gleichweit entfernten Schichten die obere gerade so viel Säure erhalten, als die untere verloren hat, und daß, von der Gränze an, die Unterschiede oder Incremente nach oben und nach unten selbst abnehmende Progressionen ausmachen, mithin die größten Incremente an der Gränze sich befinden. *) Diese Veränderungen in dem Säuregehalt ändern also die Dichtigkeit beider Flüssigkeiten und mithin ihr Brechungsvermögen. Ob im Verhältnisse der Dichtigkeiten oder des Gehalts an Säure, ist unbekannt. Es sey, Fig. XXVII., BA die Gränze zwischen einer Portion Wasser AG und einer Portion Säure BE, welche sich freiwillig vermischen; BA oder FE drücke den Gehalt an Säure in BE aus. Ferner denke man sich beide Flüssigkeiten in physisch unendlich dünne Schichten getheilt, und trage von AD aus die Zunahmen an Säuregehalt, welche im Wasser übergangen sind aa, bb, cc ꝛc., und dann auch von BF an die Abnahmen an Säuregehalt, welche BE erlitten hat, so wird man haben AC = BC, aa = a'a', bb = b'b' ꝛc. Folglich wird die krumme FCD eine Linie mit doppelter Krümmung seyn.

*) Ich habe solche Tabellen in Zahlen und algebraisch ververfertigt, und mich bemüht, eine allgemeine Formel für das Gesetz dieser Progressionen zu finden, wobei ich noch der Beihülfe meines damaligen Collegen, Professor Pfaff, genoß; aber unsre vereinigten Bemühungen waren fruchtlos.

§. 842.

Fallen nun Lichtstrahlen auf die Flüssigkeiten bei GF auf, und in paralleler, oder beinahe paralleler, Richtung mit BA, so wird jeder derselben zwischen zwei Schichten der Flüssigkeit von ungleichem Brechvermögen sich beim Eintritte befinden, folglich nach unten gebrochen werden; dadurch fällt er schief auf eine noch stärker brechende Schichte, und wird also noch stärker abwärts gebrochen, so daß sein Weg eine krumme Linie bilden muß, deren Concavität nach unten gekehrt ist. Da aber der Unterschied des Brechvermögens der Schichten in der Gränze BA am größten ist, und von da aus nach G und F gleichmäßig abnimmt, so werden die Strahlen, welche um B herum fallen (eigentlich etwas über B), die größte Krümmung erhalten, und zwei Strahlen, welche bei ihrem Eintritte in die Flüssigkeiten von A gleichweit abstehen, werden eine gleiche Krümmung haben oder mit einander parallel laufen. Daraus folgt unmittelbar, daß die mittleren um B herum eingefallenen Strahlen gegen die unteren convergiren, gegen die obern aber divergiren müssen.

§. 843.

Es sey nun, Fig. XXVIII., GF die Seitenfläche einer vierkantigen Flasche, in welcher zwei Flüssigkeiten in der freiwilligen Mischung begriffen sind, B die Gränze, ab ein Object vor derselben; die von jedem Punkte des Objects auf GF fallende Strahlen werden in GF in allerlei Richtungen gebrochen, in der Flüssigkeit krummlinicht geführt und beim Austritt aus derselben wieder gebrochen. Viele dieser Strahlen müssen in's Auge A geführt werden, und wir wol-

len, um die Figur nicht undeutlich zu machen, annehmen, daß die Strahlen von GF aus geradlinicht fortgehen. 1) Sind nun solche Strahlen von a und b, welche bei n und m so tief unter B fallen, daß die Unterschiede der Brechfähigkeiten in nm unmerklich seyn, so wird das Object gerade durch die Strahlen anA und bmA gesehen werden; ist aber der Unterschied der Brechungsfähigkeiten in nm noch merklich, so sind es Strahlen, welche etwas über mn auffallen, die sich im Auge A vereinigen, und das Object erscheint aufrecht und etwas erhöhet. 2) Von den Strahlen aus b werden welche auf B in c fallen und längs cA dem Auge zugeführt werden, folglich wird der Punkt b des Objects in f geradlinicht mit cA erscheinen. Zugleich wird auch ein Strahl von a aus in d unterhalb b auffallen, der dem Auge längs dA zugeführt wird. Folglich erscheint der Punkt a des Objects in e geradlinicht mit Ad. Das Auge sieht also das Object in ef verkehrt und erhöhet. 3) Endlich fallen von dem Objecte auch Strahlen ag, bh über die Gränze B, welche auch dem Auge zugeführt werden. Ihr Weg ist gA und hA; das Object erscheint also in ik aufrecht und erhöhet.

So erscheinen also während der Mischung der Flüssigkeiten drei Bilder desselben Objects über einander; das unterste aufrecht, das mittlere verkehrt, das oberste aufrecht.

Versuch mit einer solchen Vorrichtung, wobei man auch die Brechung einzelner schräger Li-

nien zeigen und auf eine ähnliche Art erklären kann.

Wenn nach einigen Stunden die Mischung zugenommen hat, so hat der Unterschied des Gehalts und der Brechfähigkeit zwischen den nächsten Schichten der Flüssigkeit sehr abgenommen, und die obigen Phänomene sind verschwunden; man sieht nur noch das aufrechte unterste Bild, weil die Strahlen nun zu wenig convergiren um die andern zu liefern; die krummen Linien, FC, CD, Fig. XXVII., der Incremente nähern sich immer mehr der geraden Linie, und die Punkte F und D der Mitte von FE und DG. Ist die Mischung vollendet, so bilden FC und CD eine gerade verticale Linie durch C.

§. 844.

Diese Lehre von dem Durchgange der Lichtstrahlen durch Flüssigkeiten, die sich mischen, welche wir Wollaston vorzüglich verdanken, läßt sich nun ohne große Schwierigkeiten auf die horizontale Strahlenbrechung in der Atmosphäre anwenden, da in derselben oft locale Ursachen einige Schichten in Absicht auf ihr Brechungsvermögen verändern. Diese Ursachen sind die Wärme und die Ausdünstung. Jene vermindert, diese vermehrt das Brechungsvermögen der Luftschichten. Ist nun irgend eine horizontale Luftschichte wärmer oder feuchter, als ihre Nachbaren über und unter derselben, so ist der Wärmestoff oder der Wasserdunst die wandernde Substanz, die Luft selbst die Flüssigkeit, in welche sie wandern. Es müssen also dieselben Phänomene, als §. 843., Statt finden. Zwar sind die Unterschiede des Brechvermögens zwischen den Luftschichten in diesem Zustande weit kleiner,

als in dem erwähnten Falle mit Wasser und Schwefelsäure. Allein die Länge der Schichten in der Luft ersetzt die Intensität, da wir gesehen haben, daß der einmal gebrochene Strahl nicht geradlinicht, sondern krummlinicht in den Schichten von abwechselnder Brechfähigkeit geht, und mithin immer mehr gebrochen wird. Daß aber diese Art von Refraction auch im Kleinen durch Versuche mit Wärme und Ausdünstung zu Stande gebracht werden könne, beweisen folgende Versuche:

Versuch mit einer horizontalliegenden eisernen Stange, von etwa 3 Fuß Länge und 1 Zoll im Quadrat, welche man bis zum Glühen erhitzt hat. Es wird ein geschriebenes Wort oder etwas Ähnliches, in einer Entfernung von etwa 12 Fuß davon, etwas unterhalb gehalten. Sieht man dieses Object durch die nicht erhitzte Luft, so erscheint es wie gewöhnlich; durch die erhitzte Luft aber entsteht ein verkehrtes und ein aufrechtes Bild davon.

Versuch mit einer langen und schmalen Glasplatte, auf welcher man Äther verdünsten läßt. Die Bilder der Objecte erscheinen durch die mit Ätherdünsten geschwängerte Luft erhabner, als durch die reine Luft. *)

§. 845.

Wenn Lichtstrahlen auf ein brechendes Mittel treffen, welches durch krumme Oberflächen begränzt

*) Die weitere Ausführung dieser schönen Theorie, und ihre Anwendung auf die speciellen Phänomene der atmosphärischen Refraction, gehört nicht hieher, sondern in die angewandte Physik.

ist, so werden sie, jeder nach Verhältniß des Einfallswinkels auf seinem Einfallspunkte oder vielmehr auf der Tangente der Curve, an diesem Punkte gebrochen, wodurch also die Strahlen besondere Wege erhalten. Die ausübende Dioptrik betrachtet in dieser Hinsicht nur die Kugelflächen, weil nur diese mit hinlänglicher Genauigkeit sich ausführen lassen. Ihr Zweck ist parallele oder divergirende Strahlen convergirend zu machen, und umgekehrt. Es sey, Fig. XXIX., AD ein Stück einer Kugelfläche, C der Mittelpunkt, BACE die Axe und B ein leuchtender Punkt; man will den Weg der Strahlen, die von B aus auf AD fallen, oder den Punkt E, in welchen sie sich auf der Axe vereinigen, bestimmen. Verlängert man den Radius CD, so ist der Winkel BDH oder x der Einfallswinkel für den Strahl BD. Es sey DE der gebrochene Strahl, so ist CDE oder y der Brechungswinkel; man nenne ferner die Winkel ABD, ACD, AED, w, v, u; endlich sey der Radius AC = r und die Weite AB des leuchtenden Punkts von der Kugelfläche = a. Ist der Bogen AD sehr klein, so kann man annehmen, daß alle Entfernungen BA, BD einander gleich sind, so wie AE und DE, und auch, daß die Sinus aller hier vorkommenden Winkel sich wie die Winkel selbst verhalten. Nach diesen Voraussetzungen hat man, wenn m:n = x:y das Brechungsverhältniß ist:

v:w = a:r

also v:(v+w=x) = a:a+r

Es ist aber x:y = m:n

---

also v:y = am:(a+r)n

und (v—y=u):v = am—an—rn = :am

Es ist aber $u : v = r : AE$

also $r : AE = am - an - rn : am$

und $AE = \frac{mar}{a(m-n) - rn}$

Für Glas (und für Glas dienen diese Formeln gewöhnlich) setzt man das Brechungsverhältniß $m : n = 3 : 2$; so ist also für Glas $AE = \frac{3ar}{a - 2r} = \frac{3r}{1 - \frac{2r}{a}}$.

Diese Formel ist für Glas allgemein, unter der Voraussetzung sehr kleiner Bogen AD, das heißt, daß die innnerhalb AD auffallenden Strahlen aus B sich in E vereinigen werden. Aus dieser Formel lassen sich mehrere andere ziehen. Die brauchbarsten sind folgende:

1) Die allgemeine Formel $AE = \frac{3ar}{a - 2r} = \frac{3r}{1 - \frac{2r}{a}} = K$.

2) Sind die einfallenden Strahlen parallel, so ist a unendlich, also $\frac{2r}{a} = 0$; folglich $K = 3r$; welches sich auch geometrisch, aber unter den obigen Voraussetzungen, erweisen läßt. Würde also die Glasmasse sich bis über $3r$ ausdehnen, so wäre die Focallänge $= 3r$.

3) Ist $a = 2r$, so ist $\frac{2r}{a} = 1$ also $1 - \frac{2r}{a} = 0$, folglich K unendlich, das heißt, daß divergirende Strahlen aus der Entfernung $2r$ von der Kugel

durch einen kleinen Kugelsegment parallel unter sich gebrochen werden.

4) Ist a kleiner als 2r, so ist $1 - \frac{2r}{a}$ negativ, also auch K; und der Vereinigungspunkt fällt vor der Kugelfläche; die Strahlen zerstreuen sich in der Kugel.

5) Ist die Kugelfläche hohl, so ist r negativ, also $K = -\frac{3ar}{a+2r}$, und der Vereinigungspunkt der Strahlen fällt vor der Kugel, das heißt: die Strahlen divergiren noch mehr in der Kugel.

6) Sind die Strahlen gegen die Kugelfläche convergent, so ist a negativ, und man hat für die convexe Kugelfläche $K = \frac{-3ar}{-(a+2r)} = \frac{3ar}{a+2r}$, und für die concave Kugelfläche $K' = \frac{+3ar}{-a+2r} = -\frac{3ar}{a-2r}$.

7) Kommt der Strahl aus Glas in Luft, so ist das Verhältniß m:n oder 3:2 umgekehrt, und man hat $K = \frac{2ar}{-a-3r} = -\frac{2ar}{a+3r}$ für erhabene Kugelflächen, und $K' = \frac{2ar}{a-3r}$ für hohle Kugelflächen.

§. 846.

Mittelst der zweiten und der letzten Formel findet man leicht den Focus einer vollen Glaskugel. Die

parallelen Strahlen, welche auf die convexe Oberfläche fallen, werden durch sie so gebrochen, daß sie sich in einer Entfernung $K = 3r$ vereinigen würden. Aber in der Entfernung von $2r$ treten sie schon sehr convergirend aus dem Glase in eine hohle Luftkugel. Für diese Luftkugel aber ist $a = 2r - 3r = -r$. Setzt man nun in der 7ten Formel $K' = \frac{2ar}{a - 3r}$ diesen Werth, so bekommt man $\frac{-2r^2}{-4r} = \frac{1}{2}r$ für die Focalweite von dem hintern Theile der Kugel an gerechnet.

§. 847.

Da die Strahlen, welche weit von der Axe auf die Kugel fallen, nicht in demselben Punkte der Axe sich vereinigen, als die nahe an derselben auffallenden, und diese Abweichung wegen der Kugelgestalt mit der Entfernung von der Axe zunimmt, und auch die Menge der wirklich gebrochenen Strahlen weit von der Axe so abnimmt, daß man in der Entfernung von 47° sie als gar nicht vorhanden ansehen kann, so ist's viel vortheilhafter, statt der ganzen Kugeln nur Segmente derselben zu brauchen, um so mehr, da die Glasdicke, welche der Lichtstrahl durchzugehen hat, bei kleinen Segmenten als unbedeutend angesehen werden kann. Solche Kugelsegmente heißen Linsen, und man hat sie von verschiedener Art. Besteht eine Linse aus einem erhabenen Segmente, so heißt sie planconvex; besteht sie aus

zwei erhabenen Segmenten, so heißt sie convex-convex. Sind die Segmente hohl, so hat man planconcave und concavconcave Linsen. Verbindet man endlich einen erhabenen Segment mit einem hohlen von verschiedenen Radien, so hat man den Meniscus.

§. 848.

Die Hauptaufgabe bei den Linsen ist wie bei der Kugel zu bestimmen, wo die auf denselben einfallenden Strahlen sich vereinigen. Es sey, Fig. XXX., DM eine Linse, B ein leuchtender Punkt, der auf die Seite DAM Strahlen sendet. Der Strahl BD wird durch die Vorderfläche DAM nach E gebrochen, in der Voraussetzung, daß das Glas so weit reiche. Es seyen C und G die Mittelpunkte der beiden Kugelsegmente, H die Mitte der Linse. Da die Dicke der Linse als unbeträchtlich angenommen wird, so kann dieser Punkt H zur Bestimmung der Entfernungen anderer Punkte von der Linse, und der Punkt D in der Mitte zwischen den beiden Kugelflächen, da wo der Strahl BD auffällt, als der Punkt angesehen werden, wo beide Brechungen, nämlich DE durch die Vorderfläche, und DF von da durch die Hinterfläche, Statt finden. Es sey nun ED nach L, und GD nach I verlängert, so ist der Winkel $GDL = z$ der Einfallswinkel, und $FDI = t$ der Brechungswinkel. Da aber für die Hinterfläche DNM der Strahl aus Glas in Luft geht, so ist $t:z = m:n$. Endlich sey $CD = r$, $GD = \varrho$ und $HB = a$, so hat man:

Aus §. 845. $u:v = (m-n)a - nr : ma$

$v:p = \varrho:r$

$u:p = (m-n)a\varrho - nr\varrho : mar$

$z = u + p$

$(u+p=z):p = (m-n)a\varrho - nr\varrho + mar : mar$

$t:z = m:n$

$t:p = (m-n)a\varrho - nr\varrho + mar : nar$

$s = t - p$

$s:p = (m-n)a\varrho - nr\varrho + mar - nar : nar$

$s:p = \varrho : (DF = AF)$

$\varrho:AF = (m-n)a\varrho + (m-n)ar - nr\varrho : nar$

Also $AF = \frac{nar\varrho}{a(m-n)(r+\varrho) - nr\varrho}$.

Für Glas nimmt man an $m:n = 3:2$. Folglich wird $AF = \frac{2ar\varrho}{a(r+\varrho) - 2r\varrho} = \frac{2r\varrho}{r+\varrho - \frac{2r\varrho}{a}}$.

§. 849.

Setzt man in der vorigen Formel a unendlich, das heißt, sind die Strahlen parallel, welche auf die Linse fallen, so werden die Strahlen nahe an der Axe sich da vereinigen, wo $AF = \frac{2r\varrho}{r+\varrho}$, und F ist der Brennpunkt der Linse, und es ist gleichgültig, welche Seite der Linse den einfallenden Strahlen zugekehrt ist. So vereinigen also Linsen, wie die Hohlspiegel, die parallelen Strahlen in einem Brennraum, der desto kleiner ist, je kleiner die Kugelsegmente derselben sind. Daher der Name der Brennlinsen. Hat man für die convexconvexe Linse gleiche

Kugelsegmente oder $r = \varrho$, so ist die Focalweite $= \frac{2r^2}{2r} = r$ und für einen einzigen Kugelsegment oder für die planconvexe Linse die Focalweite $= 2r$.

Versuche mit einer Brennlinse.

§. 850.

Die Vereinigung parallel auffallender Strahlen geschieht also weder vom sphärischen Spiegel, noch von den sphärischen Linsen in einem Punkte, sondern in einem kreisförmigen Brennraume, theils wegen der sphärischen Gestalt, theils weil nicht bloß Strahlen aus einem Punkte der Sonne auf den Spiegel und die Linse fallen. Man erhält durch beide ein Bild der Sonne im Brennraume, welches im Verhältniß der Brennweite größer oder kleiner ist. Folglich ist die Wirkung der Brennspiegel und der Brennlinsen im umgekehrten Verhältniß des Quadrats ihrer Brennweiten. Da nun die Brennweite der Hohlspiegel (§. 819.) beiläufig $\frac{1}{2}r$ ist, und die der convexconvexen Brennlinsen beiläufig r ist, so folgt daraus, daß bei gleicher Krümmung die Wirkung der Brennspiegel 4mal so groß ist, als die der Brennlinsen. Da indeß der Gebrauch der Brennlinsen weit bequemer ist, als der der Brennspiegel, und bei großen Brennlinsen die Focalweite und (in einem noch größern Verhältnisse) der Brennraum durch eine zweite kleinere Linse (Collectivglas, Sammlungsglas) beträchtlich vermindert werden kann, so gewinnen wiederum die Linsen den Vorzug der Brauchbarkeit. Jedoch muß man nicht vergessen, daß, da das Glas viele Lichtstrahlen reflectirt, und also die zweite Linse viele Strah-

len, welche durch die erste durchgegangen sind, zerstreut auch verschluckt, ihre Wirkung kleiner ausfällt, als die bloße geometrische Betrachtung es vermuthen läßt.

§. 851.

Die größten und berühmtesten Brenngläser hat Hr. von Tschirnhausen verfertigt; zwei derselben sind zu Paris, und haben 33 Zoll Durchmesser, und das eine 7 Fuß, das andere 12 Fuß Brennweite. In ihrem Brennraume entzündet sich Holz augenblicklich, verkohlt unter Wasser; Metalle, Glas, Kreide, Kiesel schmelzen; Asche verglaset, Gold explodirt, Zinn und Blei verrauchen, Eisenblech wird durchgebohrt. Noch gewaltiger wirkte die sogenannte Trudaine, eine Brennlinse, welche aus zwei gläsernen dünnen Kugelflächen wie Uhrgläser, zwischen welchen eine starkbrechende Flüssigkeit, Weingeist oder Terpentinöhl, gefüllt wird. Die zu Paris befindliche hat 4 Fuß Durchmesser, eine Brennweite von 10′ 10″ 1‴, wenn sie ganz unbedeckt ist. Mit einem Collectivglase von $8\frac{1}{2}$″ Durchmesser hat der Brennraum nur 8‴ Durchmesser. Auch ohne Collectivglas leistet sie die obigen Wirkungen ungleich schneller als die Brenngläser. Mit dem Collectivglase wurden Abgänge von geschmiedetem Eisen augenblicklich geschmolzen und entzündet, so daß die Funken, wie bei einem Feuerrade, herum sprühten. Platina, in Körnern und auch gereinigt, sinterte, schmolz jedoch nicht völlig zusammen. So groß diese den des heftigsten Feuers gleichkommende Wirkungen sind, so werden sie doch von den Wirkungen der Brennspiegel noch übertroffen, theils aus den §. 850. angeführten Ursachen, theils

weil die Spiegel mehr Licht zurückwerfen, als das Glas durchläßt. Den größten Brennspiegel hat der Hr. v. Tschirnhausen verfertigt, und er befindet sich zu Dresden. Er hat 3 Leipziger Ellen im Durchmesser, und eine Focallänge von 2 Ellen. Seine Wirkungen übertreffen alles Vorhergehende; aber dessen Gebrauch ist weit eingeschränkter, als der der Linsen.

§. 852.

Hohlgläser haben eine negative Brennweite; denn setzt man in der Formel $AF = \frac{2r\varrho}{r+\varrho}$ r und ϱ negativ, so erhält man $AF = \frac{2r\varrho}{-r-\varrho} = -\frac{2r\varrho}{r+\varrho}$. Die Strahlen werden also nicht gesammelt, sondern zerstreut, daher man den Punkt F Zerstreuungspunkt, und die Weite AF Zerstreuungsweite nennt. Der Meniscus sammelt oder zerstreut die Strahlen, nachdem sein positiver Radius kleiner oder größer ist, als sein negativer. Ist dieser 2mal so groß, als jener, so entsteht eine Sammlung paralleler Strahlen in der 4fachen Entfernung des positiven Radius.

§. 853.

Da die Focallänge einer Linse practisch leicht gefunden wird (die Weite, bei welcher der Brennraum am kleinsten ist), so drückt man gerne die Weite AF oder HF, in welcher divergirende Strahlen aus B (Fig. XXX.) sich auf der Axe vereinigen, durch die Brennweite aus. Es sey diese Brennweite = f, so

ist $HF = \frac{f}{1 - \frac{f}{a}} = \frac{af}{a - f}$. Aus dieser einfachen Formel lassen sich die zwei folgenden wichtigen Sätze herleiten:

1) Ist $a = f$, so ist $HF = \frac{f^2}{0}$ also unendlich; das heißt: die Strahlen, welche aus einem Focus der Linse auf sie fallen, werden durch sie parallel.

2) Ist $a = 2f$, so ist $HF = a$; das heißt, Strahlen, welche aus einer der doppelten Brennweite gleichen Entfernung auf eine Linse fallen, vereinigen sich hinter derselben in gleicher Entfernung.

§. 854.

Die erhabenen Linsen liefern, wie die Hohlspiegel, Bilder der Objecte, wirkliche Bilder und Bilder für das Auge. Um sich die Entstehung dieser Bilder deutlich vorzustellen, muß man sich aus dem Vorhergehenden zuerst erinnern, daß, wenn a die Entfernung des Objects von der Mitte der Linse, und f die Focalweite der Linse bedeutet, die Linse die Strahlen, welche von jedem Punkte des Objects kommen, jenseits vereinigt, wenn a größer als f ist, sie parallel bricht, wenn $a = f$, und sie nur weniger divergirend macht, wenn a kleiner als f ist. Es sey nun, Fig. XXXI., DE eine auf beiden Seiten erhabene Linse, F ihr Brennpunkt, AB ein Object. Der Strahlenkegel EAD, der von dem Punkte A auf der Axe ausgeht, vereinigt sich auf der Axe in a, in der Entfernung $Ca = \frac{af}{a - f}$. Denkt man sich durch B und C

eine gerade Linie hinter der Linse noch fortgesetzt, so kann man sie als eine schiefe Axe der Linse für den Punkt B ansehen, welche sehr nahe zu dasselbe seyn wird, als ACa für den Punkt A. Der Strahlenkegel von B aus wird sich in b vereinigen, in der Entfernung $Cb = \frac{af}{a-f}$ wenn $a = BC$ genommen wird. Für jeden Punkt zwischen A und B kann man sich eine solche schiefe Axe denken; folglich muß sich jeder Punkt von AB auf einer in der Entfernung CA befindlichen Ebene ein Bild von sich entwerfen, das heißt, es entsteht dort ein umgekehrtes Bild ab von AB. Jedoch sieht man ein, daß je weiter die Punkte des Objects von der wahren Axe ACa entfernt sind, desto irregulärer die Sammlung der Strahlenkegel seyn muß, desto undeutlicher das Bild derselben. Da die Dreyecke ABC, abC ähnlich sind, so ist die Größe des Bildes zur Größe des Objects $= AC : aC = a : \frac{af}{a-f} = 1 : \frac{f}{a-f} = a - f : f$; das heißt: die Vergrößerung ist im Verhältniß der Focalweite zu dem Unterschiede des Abstands des Objects zur Focalweite, oder wenn φ der andere Focus der Linse ist $= C\varphi : A\varphi$. Ist AB unendlich weit von der Linse, so fällt a in F, und das Bild wäre unendlich klein, wenn die Krümmung der Linse die Strahlen vollkommen regulär convergiren ließ. Ist AB im Focus φ, so werden die Strahlen jedes Strahlenkegels parallel unter sich gebrochen und die Strahlenkegel der einzelnen Punkte des Objects divergiren in's Unendliche hinter der Linse; das Bild ist also unendlich weit und unendlich groß; das heißt, es giebt

kein Bild. Ist AB vor φ, aber in einer endlichen Entfernung, so entsteht ein umgekehrtes vergrößertes Bild ab, das um so größer ist, je näher AB bei φ ist, so, daß man mit jeder Linse ein Bild von beliebiger Größe entwerfen könnte, wenn nur das Licht des Objects dazu hinreichte, jede Fläche hinlänglich zu erleuchten, um das Bild sichtbar zu machen. Ist endlich das Object zwischen dem Focus φ und der Linse, so werden die Strahlen der einzelnen Strahlenkegel durch die Linse nur weniger divergirend gemacht, nicht vereinigt; folglich entsteht kein Bild.

§. 855.

Der Ort des Bildes für eine gegebene Linse, und eine gegebene Lage des Objects, kann leicht geometrisch gefunden werden, wenn man den Focus hat. Man ziehe einen Strahl BO mit der Axe ACa parallel, der noch die Linse treffe. Von O aus ziehe man durch F die gerade OFb; wo sie die gerade BCb aus demselben Punkte B durch die Mitte der Linse durchschneiden wird, da ist das Bild b des Punkts B. Denn der parallele Strahl BO muß durch den Focus F gehen.

§. 856.

Wie das Auge die Objecte durch eine erhabene Linse sieht, oder die Bilder der Objecte erhält, kann man sich auf folgende Art vorstellen. Es sey DE, Fig. XXXII., die Linse, F, φ ihre Brennpunkte. Das Object AB sey in φ. Alle Strahlen eines Kegels werden parallel gebrochen; ihre Hauptrichtung geht durch F. So wird also der Strahlenkegel DAE mit ACa parallel gebrochen werden, und die Strahlen Ea', Ca, Da'' liefern. So der Strahlenkegel

DBE die Strahlen Db', Cb, Eb''. Die Fortsetzung dieser parallelen Strahlen würde in einer unendlichen Entfernung das Bild des Objects entwerfen. Steht nun ein Auge in F, im Durchschnitte dieser Strahlencylinder, so sieht es den Punkt A in der Richtung FEα, den Punkt B in der Richtung FDβ, folglich aufrecht. Der Sehwinkel αFβ ist dem Winkel ACB, den das Object mit dem Mittelpuncte der Linse macht, gleich. Man sieht also das Object durch die Linse unter dem nämlichen Sehwinkel, als wäre das Auge in C. Aber bei einer kleinen Entfernung, wie Cφ, kann ein gewöhnliches Auge nichts deutlich sehen, weil die Strahlen der Strahlenkegel, der einzelnen Punkte des Objects, zu sehr divergiren. Dadurch aber, daß die Linse diese Strahlen parallel unter sich in's Auge führt, entsteht die Deutlichkeit des Bildes. Da wir nun die Größe der Objecte nach der Größe des Sehwinkels, unter welchem die Objecte uns in der zu ihrer Deutlichkeit gehörigen Entfernung erscheinen, beurtheilen, so muß uns das Object, durch die Linse gesehen, vergrößert vorkommen. Die Linse vergrößert also die Bilder der Objecte für das Auge eigentlich nicht; denn wir sehen durch sie die Objecte unter demselben Winkel, als ohne Linse; aber wir sehen sie in einer viel kleinern Distanz, als wir sie mit bloßem Auge sehen. Die mittlere Entfernung, in welcher ein gesundes Auge, das weder weitsichtig noch kurzsichtig ist, die Gegenstände vollkommen deutlich sieht, nimmt man an = 8 Zoll, und die scheinbare Vergrößerung ist also $\frac{8}{f}$. So liefert also eine Linse von 6 Linien Brennweite eine 16malige Ver-

größerung. Daraus folgt, daß man mit kleinen Linsen ungeheure Vergrößerungen hervorbringen kann. Aber dieses Vermögen wird wieder durch das wenige Licht, welches das Object liefert, und im Verhältniß des Quadrats der Vergrößerung, wie bei den wirklichen Bildern (§. 855.), vermindert wird, beträchtlich eingeschränkt. Indeß hat Leuwenhöck seine zahlreichen, ausserordentlich scharfen Beobachtungen nur mit einfachen sehr kleinen Linsen angestellt.

§. 857.

Die Voraussetzung, daß das Object im Focus Φ, das Auge im Focus F seyn müsse, um deutliche Bilder für das Auge zu entwerfen, ist nicht ganz richtig. Denn, wenn das Normalauge so construirt ist, daß es die höchste Deutlichkeit von Objecten in der Entfernung von 8 Zoll erhält, so empfängt es keine parallele Strahlen, sondern divergirende. Der Radius der Pupille ist die Tangente des Divergenzwinkels, 8 Zoll dessen Radius. Folglich muß zur Erreichung der größten Deutlichkeit das Object etwas näher an die Linse anrücken, damit die Strahlen jedes Strahlenkegels nach der Brechung noch etwas divergiren. Sieht das Auge nur in einer kleinern Entfernung, als von 8 Zoll, ganz deutlich, so muß das Object noch mehr gegen die Linse anrücken, um den gebrochenen Strahlen eine noch größere Divergenz zu lassen. Sieht aber das Auge nur in größern Entfernungen als 8 Zoll ganz deutlich, so muß das Object wieder gegen Φ rücken, um die gebrochenen Strahlen dem Parallelismus näher zu bringen. Dabei rückt auch der Punkt F, wo die Strahlencylinder sich durchkreutzen, gleichfalls hin und her. Daher muß jedes

Auge seine und der Linse besondere Stellung suchen, um ein festes Object durch die Linse deutlich zu sehen, und dies gilt nicht bloß von der einfachen Linse, sondern von allen optischen Instrumenten.

§. 858.

Für Hohllinsen ist in der Formel $Ca = \frac{af}{a - f}$, §. 854., f negativ, so ist Ca auch negativ; das heißt: der Ort des Bildes sollte auf der Seite des Objects liegen; und die vorher divergirenden Strahlen von den einzelnen Punkten des Objects divergiren nach der Brechung durch concave Linsen noch mehr, und können also kein Bild entwerfen. Liefern sie diese Strahlen mit dieser größern Divergenz in's Auge, so muß das Object weiter abstehen, um deutlich gesehen zu werden. Das Normalauge sieht also durch Hohlgläser die sehr entfernten Gegenstände deutlicher, so wie es die sehr nahen durch erhabene Linsen deutlicher sieht. Daraus folgt umgekehrt, daß ein weitsichtiges Auge (Presbyt) die Gegenstände in der Normalweite durch eine convexe Linse, das kurzsichtige aber (Myops) die Objecte in derselben Normalweite durch eine Hohllinse deutlicher sehen wird. Daher der Gebrauch der Brillen, deren Erfindung vom Anfange des 14ten Jahrhunderts her datirt, also lange vor der Entdeckung der Gesetze der Brechung.

Farbigte Brechung des Lichts und Farben überhaupt.

§. 859.

Wenn man von Farben spricht, muß man sorgfältig Farben und Pigmente von einander un-

terscheiden. Jene sind der Eindruck, welchen diese auf unser Gesicht veranlassen. Dieser Eindruck, als Empfindung betrachtet, kann nicht Gegenstand der Physik seyn, aber als Lichtphänomen muß diese Wissenschaft ihn betrachten. Und in dieser schweren Betrachtung tritt Newton als Schöpfer dieses Theils unserer Wissenschaft mit einer Kraft auf, welche seinen Nachfolgern nur eine magere Nachlese übrig gelassen hat. Sein Hauptvorgänger hierin, wie in manchem andern Fache, war Descartes, der schon das Prisma zu seinen Untersuchungen anwandte, die Farben als Modificationen des Lichts ansah (freilich nach einer nur höchst sinnreichen Vorstellungsart), und den Regenbogen aus den prismatischen Phänomenen erklärte. Aber um so erhabener muß uns daher Newton erscheinen, da ein so großes Genie, wie Descartes, im Besitze des Hauptwerkzeuges zur Aufstellung der Lehre von den Farben, seinem Nachfolger noch so Vieles zu thun überließ.

§. 860.

Wenn man, Fig. XXXIII., durch eine Öffnung F, von etwa 3 bis 4 Linien Durchmesser, in einen Laden DE einen Cylinder von Sonnenstrahlen einläßt, und in einiger Entfernung von der Öffnung diese Lichtstrahlen durch ein gläsernes Prisma ABC, dessen Axe senkrecht auf dem Strahlencylinder ist, auffängt, und hinter das Prisma eine weiße glatte Ebene GH stellt, so zeigt sich ein länglichtes Farbenbild VR, dessen Höhe zur Breite sich $= 5\frac{1}{2} : 1$ verhält, dessen lange Seiten völlig parallele gerade Linien sind, die schmalen aber halbe Kreise, wenn das Loch F rund, gerade Linien aber, wenn F ein Qua-

drat ist. Dieses Farbenbild besteht aus unzählbaren Nüancen von in einander laufenden Farben, aus welchen man folgende, von R nach V gerechnet, vorzüglich unterscheidet: Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo, Violet. Auf eine ganz ähnliche Art verhält es sich, wenn man, anstatt der Sonnenstrahlen, Strahlen einer sehr lebhaften Lampenflamme, die man mit einer Linse weniger divergirend macht, nimmt, mit dem Unterschiede, daß wegen der Divergenz dieser Strahlen und ihrer weit geringern Intensität das Spectrum viel unbestimmter und blässer ausfällt.

Versuch über das Farbenspectrum.

§. 861.

Dieser wichtige Versuch zeigt, daß der ungefärbte Lichtstrahl sich in unzählige gefärbte Strahlen durch die Brechung in durchsichtigen prismatischen Körpern ausbreitet, und daß jeder dieser gefärbten Strahlen seine eigenthümliche Brechbarkeit haben müsse. Daß dieses wirklich der Fall sey, beweisen die zwei folgenden Versuche:

1) Man nehme eine Carte und bemale sie mit 2 Farben, allenfalls mit Roth und Blau, die Hälfte mit einer der beiden Farben, so, daß die Farben genau an einander gränzen; und betrachte diese Carte mit dem Prisma. So wird, wenn die Axe des Prisma mit der Farbengränze parallel ist, die Carte an dieser Gränze durchgeschnitten vorkommen.

2) Man fange das obige Farbenbild (§. 860.) auf einer weißen Fläche, welche ein rundes Loch, dessen Durchmesser so groß sey, als die Breite des Farbenbildes, auf, und stelle diese Fläche so, daß man

durch eine kleine Umdrehung des Prisma alle 7 Hauptfarben durch dieses Loch durchlassen könne. Dann fange man, auf einem hinter dieser Fläche dem Loche gegenüber gestellten Prisma, jeden dieser farbigten Strahlen auf. Diese Farbenstrahlen, nachdem sie durch das zweite Prisma durchgegangen sind, empfange man auf einer weißen Fläche, auf welcher eine Eintheilung angebracht ist, um die Stelle jedes Farbenstrahls auf dieser zweiten weißen Fläche zu bezeichnen; so wird man finden, daß jeder dieser Strahlen eine andere Stelle einnimmt, und zwar nicht diejenige, welche er ohne neue Brechung durch das zweite Prisma in dieser Entfernung eingenommen haben würde, obgleich jeder dieser gefärbten Strahlen unter einerlei Winkel auf das zweite Prisma fällt.

Diesen wichtigen zweiten Versuch nennt Newton mit Recht ein Experimentum crucis, um die eigenthümliche Brechbarkeit jedes gefärbten Strahls zu beweisen, die er durch Hinzufügung einer Linse zu dem vorigen Apparate, um das Farbenbild schmaler zu machen und die Hauptfarben mehr abzusondern, in folgenden Verhältnissen fand:

Newton hatte nämlich das Brechungsverhältniß seines Glases überhaupt oder für das weiße Licht = 31 : 20, oder $77\frac{1}{2} : 50$ gefunden, und fand auch die einzelnen Brechungen der Farbestrahlen um dieses Verhältniß herum, nämlich

für Roth zwischen 77 und $77\frac{1}{8} : 50$
für Orange = = = $77\frac{1}{5} : 50$
für Gelb = = = $77\frac{1}{3} : 50$
für Grün = = = $77\frac{1}{2} : 50$

für Hellblau = = $77\frac{2}{3} : 50$
für Dunkelblau = = $77\frac{7}{9} : 50$
für Violet = = 78 : 50

so, daß alle Brechungen sich zwischen den Verhältnissen 77 : 50 und 78 : 50 befinden, und also die grünen Strahlen in der That die mittleren in Rücksicht der Brechung sind. Die Räume, welche jene Farben im Farbenbilde einnehmen, sind also auch verschieden und nach den Ausmessungen Newtons:

Roth 0,125, Orange 0,075, Gelb 0,133, Grün 0,166, Hellblau 0,166, Indigo 0,111; Violet 0,223 der ganzen Länge des Bildes. Bei dem Lampenlichte bemerkt man ein größeres Verhältniß des Orange und Gelben. Noch einen Beweis der verschiedenen Brechbarkeit der gefärbten Strahlen überhaupt liefert folgender newtonscher Versuch:

3) Wenn man das durch ein liegendes Prisma entstandene Farbenbild auf ein stehendes auffängt, so erzeugt sich ein schräge liegendes Farbenbild auf der weißen Fläche, welches, wie der zweite Versuch beweiset, daß die violetten und blauen Strahlen stärker gebrochen werden, als die rothen und orangenen.

Übrigens bemerkt Newton, daß nicht alle Strahlen, z. B. des rothen und des blauen Bildes, völlig gleiche Brechbarkeit haben, weil im rothen sich noch blaue und im blauen sich noch rothe Strahlen befinden.

§. 862.

Aus den obigen Versuchen schloß Newton, daß die gefärbten Strahlen sich durch kein Prisma mehr in andere Farben zerlegen lassen, da sie bei dem

Durchgange durch das zweite und durch mehrere Prismen sich immer völlig von derselben Farbe zeigen.

§. 863.

Vereinigt man die gefärbten Strahlen des Farbenbildes mittelst einer Linse, so entsteht im Brennraume derselben ein völlig weißes Licht, welches hinter diesem Brennraume wieder dieselben farbigten Strahlen liefert.

Versuch hierüber.

Noch auf eine andere Art zeigt sich die Schmelzung der prismatischen Farben in weißem oder ungefärbtem Lichte:

Man lege auf die Peripherie einer Scheibe die 7 prismatischen Farben, denen des Farbenbildes so ähnlich als möglich und in gleichen Verhältnissen, und drehe diese Scheibe sehr schnell herum, so liefern diese Farben einen scheinbar weißen Kreis. Die Eindrücke jeder Farbe folgen in unserm Auge so schnell auf einander (§. 805.), daß sie sich in der Empfindung vermischen.

§. 864.

Diese Versuche, über die Erzeugung der Farbenstrahlen durch das Prisma, und über ihre Wiedervereinigung zum weißen Lichte durch die Linse und die Farbenscheibe, sind ein analytischer und synthetischer Beweis, das heißt, ein vollständiger physicalischer Beweis, daß das ungefärbte Licht aus mehreren gefärbten Strahlen bestehe, deren jeder die Empfindung einer besondern Farbe in uns erregt. Über die Zahl dieser

eigenthümlichen Farbestrahlen oder der Grundfarben wird späterhin das Nöthige vorkommen.

§. 865.

Ein heller Körper auf einem dunkeln, und ein dunkler auf einem hellen, erscheinen, durch das Prisma betrachtet, mit farbigen Rändern oder Säumen.

1) Man betrachte einen weißen länglichten Streifen auf einer schwarzen Carte durch ein Prisma, mit der brechenden Kante unterwärts gekehrt, so daß die Länge des weißen Streifen mit der Axe des liegenden Prisma einen rechten Winkel mache, so sieht man am obern Rande Roth und Gelb, und am untern Rande Blau und Violet.

2) Betrachtet man einen schwarzen länglichten Streifen, auf weißem Grunde, auf die nämliche Art, so erscheinen am obern Rande Blau und Violet, am untern Rande Roth und Gelb.

3) Legt man beide Streifen, einen nach dem andern, mit der Axe des Prisma parallel, so erhält man dieselben Farbensäume als vorher, mit dem Unterschiede, daß, wenn man die Streifen schmal genug gemacht hat, und sie weit genug vom Prisma entfernt hält, sowohl der weiße als der schwarze Streifen ganz verschwinden, an deren Stelle die farbigen Säume treten.

Diese Phänomene sind leicht aus den bisherigen Farbenerscheinungen durch das Prisma zu erklären. Je enger die Öffnung F, Fig. XXXIII., ist, desto reiner sind die einzelnen Farben des Spectrum VR. Denn wenn man den Strahlencylinder, der durch F hereinkommt, sich als in 2 Theile der Länge nach getheilt denkt, der eine Theil oben, der andere unten, so

giebt jeder dieser Strahlenbündel sein eigenes Farbenbild, deren eines etwas höher steht, als das andere. Es fällt demnach der violette Strahl des untern Strahlenbündels noch zum Theil in den dunkelblauen des obern, der dunkelblaue des untern in den hellblauen des obern, der grüne des untern in den hellblauen des obern, der gelbe des untern in den grünen des obern, der orangene des untern in den gelben des obern, der rothe des untern endlich in den orangenen des obern; und es wird das Violet des obern Strahlenbündels das Farbenbild oben begränzen, und das Rothe des untern unten. So ist demnach jedes Farbenbild durch das Prisma eigentlich ein zusammengesetztes Bild von unzähligen um etwas übereinander geschobenen Farbenbildern, an welchen daher keine Farbengränze, ausser der äussersten, wahrzunehmen ist. Giebt man nun der Öffnung F, bei einerlei Breite von ¼ Zoll, eine Höhe von 1½ bis 2 Zoll oder noch mehr, und fängt ihr Licht auf einem hinlänglich breiten Prisma auf, so entstehen die erwähnten unzähligen Farbenbilder, welche alle um etwas weniges über einander liegen. So muß also das Farbenbild bei V violett und blau seyn, aber nach unten zu immer mehr mit den andern Farben gemischt seyn. Kommt man tief genug herab, um auf einer Stelle 7 Farbenbilder zu bekommen, so muß da, wo nun alle gefärbten Strahlen beisammen sind, das weiße oder ungefärbte Licht erscheinen, und tiefer herab immerfort, so lange sich alle 7 Farben auf einer Stelle vereinigen. Unten aber, wo weniger als diese 7 Farben sich vereinigen, da müssen die gelben Strahlen sichtbar werden, dann die orangenen, endlich die rothen. Es entsteht also

ein Bild, das größtentheils weiß, oben mit Violet und Blau, unten mit Roth und Gelb begränzt ist, und nur an den äusserſten Gränzen die reinen Farben giebt. Der weiße Streifen auf schwarzem Grunde, wenn er sein Licht auf das Prisma wirft, leistet dieselbe Wirkung, als hier die länglichte Öffnung F, würde also dasselbe Bild hinter dem Prisma liefern. Ist nun das Auge hinter dem Prisma, so empfängt es die oberſten violetten Strahlen unter dem größten Brechungswinkel, die blauen unter einem geringern, die rothen unter dem geringſten; und da wir die Objecte in der Richtung zu sehen glauben, in welcher die Strahlen sich unserm Auge nähern, und die Verlängerungen dieſer gefärbten Strahlen, die aus einem Punkte des weißen Streifens kommen, sich kreuzen, ehe sie in's Auge kommen, so müſſen die Farbensäume uns in verkehrter Ordnung derjenigen erscheinen, in welcher sie der durch F eintretende Lichtſtrahl durch das Prisma sie liefert, das heißt, in der oben beſchriebenen Ordnung. Im zweiten Phänomene liefern die weißen Ränder des schwarzen Streifens die Farbensäume, deren Erklärung ganz die nämliche ist. Im dritten Phänomene paßt gleichfalls die Erklärung; denn der liegende schmale Streifen ist nur als eine Mehrheit von Farbenbildern, welche neben einander liegen, anzuſehen; es fehlt ihm an Breite, um den weißen oder den schwarzen Raum zurück zu laſſen. *)

*) Göthe hat ein kleines Buch (Beiträge zur Optik) geſchrieben, in welchem er dieſe farbigen Ränder oder Säume auf mannichfaltige Art darſtellt, und in dieſen Phänomenen nicht nur eine Lücke, ſondern auch einen Widerſpruch in Newtons Theorie zu finden glaubt. Allein nicht nur findet kein Widerſpruch Statt, ſondern New-

§. 866.

Dieselbe Farbenzerstreuung, welche das Prisma am Rande sichtbarer Objecte erzeugt, muß jederzeit Statt finden, wenn das Licht eines Objects auf irgend ein brechendes Mittel fällt, dessen vordere und hintere Seiten nicht mit einander parallel sind, folglich auch bei jeder Linse. Wenn also parallele Strahlen ungefärbten Lichts auf eine Linse fallen, so müssen die violetten und blauen Strahlen, welche eine größere Brechbarkeit haben, sich näher an der Linse vereinigen, als die gelben und rothen; die grünen aber in der Mitte, und diese leztern bestimmen die Focallänge. Der Unterschied der äusersten Vereinigungspunkte läßt sich aus den Brechbarkeiten (§. 861.) bestimmen, und ist ungefähr $\frac{1}{30}$ der Focallänge. Wo man also den Focalraum nehmen möge, da befinden sich unzählige Farbenbilder, deren mittlere im Focalraum einander decken, und also weißes Licht bilden, die äussern aber als Farbenbilder erscheinen und um das weiße Licht rothe oder blaue Säume liefern, nachdem der Focalraum näher oder weiter genommen worden ist. Dasselbe geschieht, wenn die Linse divergirende Strahlen vereinigen oder Bilder von Objecten entwerfen soll. Nicht nur rund um das Bild entstehen diese Säume, sondern jeder scharf abgezeichnete Rand der

ton hat in seiner Optik und in seinen lectionibus opticis diese Phänomene ausdrücklich erwähnt und ausführlich erklärt. Es ist leichter eine Xenie auf Newton zu dichten, als ihn ad absurdum zu führen, und die Naturphilosophen erweisen dem großen Dichter einen eben so schlechten Dienst, als sich selbst, wenn sie nach 15 Jahren diese Arbeit Göthe's als ein Fundament zu ihren Hypothesen aufstellen.

einzelnen Objecte im Felde der Linse muß solche erzeugen, und nur dadurch, daß diese unzähligen Farbenbilder nur um ein unendlich Kleines über einander geschoben sind, entsteht ein kenntliches Bild der Objecte. Aber das Bild kann nie die Deutlichkeit erhalten, welche es sonst haben müßte, wenn die Farbestrahlen eine gleiche Brechbarkeit hätten. Dieser Umstand ist besonders für die Telescopen sehr mißlich, und zog ehemals schon die Aufmerksamkeit Newtons sehr auf sich, der endlich ihn zu verbessern verzweifelte, und daher auf die Spiegeltelescope eine große Sorgfalt verwandte.

§. 867.

So wie die Hauptbrechung in verschiedenen Mitteln verschieden ist, so ist es auch die Brechung der einzelnen Farbestrahlen, und zwar folgt diese nicht jener, oder die Brechung der Farbestrahlen in verschiedenen Mitteln ist nicht mit der Hauptbrechung proportionell.

1) Man lege in ein prismatisches Gefäß von Glastafeln, dessen Kante nach unten gekehrt ist, ein gläsernes Prisma mit der Kante nach oben, und fülle dann das prismatische Gefäß mit Wasser an. Betrachtet man nun ein Object durch diese beiden Prismen, und ist der Winkel des gläsernen Prisma im Verhältniß des Brechungsvermögens kleiner, als der des Wasserprisma, so wird das Object in seiner natürlichen Lage erscheinen, das heißt, die ausgehenden Strahlen werden mit den eingehenden parallel seyn; und dennoch wird das Object mit Farbensäumen erscheinen.

2) Umgekehrt läßt sich eine solche Verbindung von

einem gläsernen Prisma mit einem von Wasser treffen, wodurch das Object aus seiner natürlichen Lage verrückt erscheint, aber ohne Farbensäume. Dasselbe geschieht auch mit zweierlei Glasgattungen, vorzüglich wenn man zwei Prismen von sogenanntem Crownglas mit einem von sogenanntem Flintglase verbindet.

Diese wichtigen Versuche verdankt man dem Engländer Dollond, der durch Euler's scharfsinnige, aber bloß mathematische, Untersuchungen über das Verhältniß der Brechung zur Zerstreuung veranlaßt wurde. Dadurch war es nun keinem Zweifel mehr unterworfen, daß es möglich seyn müsse, Linsen aus verschiedenen Glasgattungen zusammen zu setzen, welche die Bilder der Objecte ohne Farben lieferte; daher die achromatischen Linsen, welche Dollond sogleich auf die Telescope und vor wenigen Jahren Tiedemann auf die Microscope anwandten. — Übrigens folgt das Verhältniß der Brechung zur Zerstreuung in verschiedenen Mitteln keinem bestimmten bekannten Gesetze.

§. 868.

Neben diesen rein ausgemachten Thatsachen bieten uns die Farben des Lichts noch ein Phänomen dar, welches bis jetzt räthselhaft blieb.

Man nehme zwei Prismen oder zwei sehr ebene Spiegelglasplatten, und lege sie auf einander. Sie werden sich an irgend einer Stelle berühren, an den andern nicht. An dieser Stelle werden sich mehr oder minder reguläre farbige Ringe zeigen; am regelmäßigsten wenn man zwei planconvexe Linsen von großen Brennwei-

Астрономич. Кабинет. Воронежского Университ. Государ.

ten nimmt. Drückt man diese Linsen, Platten oder Prismen stark an einander, so entsteht am Berührungspunkte ein durchsichtiger Flecken, der schwarz oder farbenlos erscheint, und durch welchen man das reflectirte Licht der unterhalb liegenden Körper, sogar Buchstaben einer Schrift, deutlich sieht. Um diesen Flecken wechseln farbige Ringe mit weißen und mit schwarzen Ringen ab, welche sich erweitern, je mehr man die Platten an einander drückt. Läßt man mit dem Drucke nach, so werden die Ringe wieder enger, und der schwarze Flecken verschwindet endlich, und wird gefärbt nach und nach von allen prismatischen Farben.

Newton hat mit seinem bekannten Fleiße und Scharfsinne diese Ringe beobachtet, ihren Farbenwechsel sorgfältig aufgezeichnet, und die Durchmesser davon gemessen. Das Resultat dieser Arbeit ist, daß die gegen die Mitte näher liegenden Ringe die breitesten sind, daher auch die einzelnen Farben sich leichter aufzählen lassen; daß sie im Ganzen wie die prismatischen Farben folgen, die violetten und blauen innerhalb, die rothen ausserhalb des Ringes; *) daß die Quadrate der Durchmesser der farbigen Ringe sich verhalten wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7 ꝛc., die Quadrate der Durchmesser der durchsichtigen (dunkeln) Ringe aber sich wie die geraden Zahlen 0, 2, 4, 6 ꝛc.

*) Aus den newtonschen Angaben (Opt. Lib. 11. P. 2 u. a. O.) scheinen einige Anomalien Statt zu finden. Allein ich gestehe, daß ich sie nicht habe bemerken können, ausser wenn mein Auge zur genauern Beobachtung der äussern Ringe eine andere Stellung nahm oder die Prismen etwas drehte.

verhalten; daß endlich das ganze Farbenbild des Prisma, wenn es ſtatt des gemeinen Lichts gebraucht wird, dieſelbe Folge von Farbenringen liefert; und die einzelnen Farben deſſelben gleichfalls Ringe geben, aber alle von der Farbe, deren man ſich bediente, die rothe die breiteſten, die violette die ſchmaleſten.

§ 869.

Legt man zwiſchen die Linſen in dieſen Verſuchen einen Tropfen Waſſer, ſo erhält man dieſelben Farbenringe, mit dem Unterſchiede, daß die Ringe im Verhältniß von 8 : 7 ſchmäler (auch viel matter) werden.

§. 870.

Stellt man das Auge ſehr hoch über die Linſen, d. h. nahe am Perpendikel durch die Mitte der Ringe, ſo erſcheinen die Ringe ſchärfer begränzt, klein und ſo ſchmal, daß man die Farben kaum unterſcheidet. Hält man hingegen das Auge ſehr ſchräge, ſo erweitern ſich die Ringe beträchtlich, und die Farben gehen deutlich aus einander.

§. 871.

† Stellt man zwei zuſammengedrückte Prismen in einem dunkeln Zimmer ſchräge unterhalb einer Lichtflamme oder einem Sonnenſtrahl über ein Blatt Papier, ſo daß das Auge die Farbenringe auf den Prismen ſehe, ſo wird ſich auch ein Spectrum von Ringen auf dem Papier verzeichnen, welches wegen des vielen übrigen mit einfallenden Lichts matt ausſehen wird. Die Ringe werden aber noch deutlich genug ſeyn, um beſtimmt daran zu erkennen, daß die Farbenfolge die nämliche iſt, als im Bilde zwiſchen den Prismen.

Auch mit Linsen und Spiegelglastafeln kann dieses Spectrum aufs Papier entworfen werden, aber es fällt viel matter aus.

§. 872.

Zu dem (§. 868.) in seiner ganzen Allgemeinheit beschriebenen Phänomen muß noch angemerkt werden, daß in den Farbenringen der gepreßten Linsen das Grüne ganz unbedeutend klein ist, oft gar nicht erscheint, hingegen bei Platten die Hauptfarbe mit dem Rothen ausmacht; welches auch der Fall ist, wenn man die Linsen oder die Prismen bloß auf einander legt, ohne sie zu drücken.

§. 873.

1) Drückt man zwei ebene Glasplatten von gemeinem Spiegelglase auf einander, so geben sie gewöhnlich keine Farbenringe. Reibt man sie aber auf einander, so entstehen Anfangs Flecken von rother und grüner Farbe an den Berührungspunkten, welche zuweilen die ganze Breite der Platten einnehmen, zuweilen auch förmliche, aber minder reguläre Farbenringe von abwechselnder rother, grüner und gelber Farbe liefern. Wenn man sehr stark gerieben hat und noch nachher stark drückt, so erscheinen alle Farben der obigen Farbenringe, wie die Linsen sie liefern.

2) Erwärmt man, mittelst einer unten gehaltenen Lichtflamme, die Stellen dieser Bilder, so verschwinden sie beinahe augenblicklich, und kommen wieder, wenn die Platten erkalten.

3) Werden zwei zusammengedrückte Linsen gleichfalls erwärmt, so verschwinden die Farbenringe nicht.

Diese drei Versuche und mehrere ähnliche hat der Abt Mazeas angestellt, der behauptet, daß die Farbenringe im dritten Versuche keine Veränderung leiden, und daraus schließt, daß die Farben der Platten auf eine andere Art entstehen, als die der Objectivgläser, so wie auch, daß die Luft zwischen den Objectivgläsern nicht die Ursache der Farbenringe seyn könne.

Folgende Versuche beweisen, daß er sich in diesem Schlusse irrt:

† 4) Man nehme ein Objectiv von 50 Fuß Focallänge, und lege auf seine convexe Seite irgend eine planconvexe oder planconcave Linse mit der flachen Seite, ohne sie zu drücken; im Berührungspunkte entsteht ein goldgelber Fleck, um diesen rothe und bläulichtgrüne Ringe, wie bei geriebenen Platten. Erwärmt man diese Stelle mit dem Lichte, so ziehen sich alle Ringe enger zusammen; der goldgelbe Fleck verschwindet, und das Rothe tritt an seine Stelle; dann verschwindet das Rothe aus der Mitte auch, und wird durch das Bläulichtgrüne ersetzt, das nun völlig blau wird. Diese Abwechselungen und Verminderungen folgen einigemale auf einander; aber die Ringe verschwinden nie ganz. Durch die Erkältung kommen die Farben in umgekehrter Folge wieder.

† 5) Nimmt man anstatt der Linse von 50′ Focallänge eine von 100′ zur Wiederholung des vorigen Versuches, so entsteht (ohne Druck) ein kleiner dunkeler Fleck in der Mitte, mit einem breiten weißen Kreise, und rund herum die Far-

benringe wie gewöhnlich mit Objectivgläsern. Erwärmt man nun diese Stelle auf die vorige Art, so verschwindet der mittlere dunkle Fleck; das Weiße nimmt seine Stelle ein und das ganze Farbenbild wird enger. Nach der Erkältung wie vorher. Sind die Linsen zusammengedrückt, so entsteht diese Veränderung nicht.

† 6) Zwei Ebenen von Planconvex- oder Planconcavlinsen auf einander gelegt, ohne Druck und mit Druck, aber ohne Reibung, liefern dieselben Phänomene als die Spiegelglasplatten durch Reibung.

† 7) Legt man zwischen die Platten etwas Wasser, so heben sich die Platten, und die Farben verschwinden. Reibt man sie heftig auf einander, so kehren einige Farben zurück, sind aber sehr matt.

† 8) Legt man zwischen die Linsen Nr. 5. einen Tropfen Wasser von der Seite, so hebt sich die obere Linse allmählig von dieser Seite, und von derselben Seite verschwinden auch die Farben allmählig. Ist das Wasser endlich auch auf die andere Seite gekommen, so sind die Farben ganz verschwunden. Drückt man nun die Linsen zusammen, so erscheinen die Ringe wieder, sind aber sehr matt. Läßt man mit dem Drucke nach, so verschwinden sie wieder allmählig, indem die obere Linse sich hebt; dabei wird die Mitte abwechselnd roth und blau.

Es folgt aus den Versuchen 4, 5, 6, 7, 8, daß die Farbenringe der Platten und der Linsen zu einer Cathegorie gehören, und daß die Varietäten in den

Farben und übrigen Erscheinungen von den verschiedenen Abständen der Flächen herrühren. Die gemeinen Spiegelplatten können wegen der größern Irregularität ihrer Oberflächen nicht so nahe an einander gedrückt werden, als die sehr gut polirten Ebenen der Planlinsen auf den convexen Flächen der Objectivgläser. Die am Glase adhärirende Luft (oder Wasser) leistet den Widerstand; und da bei den Platten der Theil der beiden Oberflächen, welche sich berühren sollten, gewöhnlich mehr als 100mal größer ist, als bei den Linsen, so vermag der gewöhnliche Druck nur höchst selten die nöthige Annäherung hervorzubringen, wohl aber vermag es die Friction, welche die dazwischen liegenden Lufttheile verschiebt und zu weichen zwingt. Dieser Übergang der Phänomene der Platten und der Linsen bestätigt sich vollkommen, wenn man zu den obigen Versuchen mit gemeinen Spiegelglasplatten, mit den ebenen Flächen der planconvexen Linsen, der Linsen und Ebenen ohne Druck, und der Prismen, noch Versuche mit convexen und concaven Linsen von einerlei Brennweite hinzufügt. Denn da die Krümmungen dieser concaven und convexen Linsen von einerlei Brennweite nie vollkommen gleich sind, so liefern sie, auf einander gelegt, die Phänomene der Platten.

§. 874.

Diese Reihe von Versuchen documentirt den Satz bis zur völligsten Gewißheit, daß die beobachteten Farbenphänomene von der Dicke der Schichten des Mittels zwischen den Glasflächen abhängt. Mit diesen Versuchen verbindet Newton das Phänomen der Farben der Seifenblasen, und bildet aus dieser

Verbindung seine Hypothese von der Farbe der dünnen Körper, nach welcher er es wagte, aus der Dicke eines durchsichtigen Scheibchens auf die eigenthümliche Farbe, die es liefert, und umgekehrt zu schließen, und aus diesen Betrachtungen die Farben der Körper überhaupt zu deduciren.

§. 875.

Von allen bisher angeführten Versuchen, über die Farben im Lichte, kann man den Übergang auf die Farben der Körper machen, wenn man die Thatsache als Princip aufstellt, daß kein dunkeler Körper ohne fremdes auffallendes Licht eine Farbe zeigt, und daß folglich die Farben der dunkelen Körper nichts als reflectirtes Licht sind, welches aber durch die Körper selbst modificirt wird. Wie dieses geschieht, welche Modificationen der ungefärbte Strahl dabei erleidet, kann nur dann untersucht werden, wenn wir die materielle Ursache der Lichtphänomene werden kennen gelernt haben.

§. 876.

Die Farben der durchsichtigen Körper, nemlich diejenigen, welche das Licht bei dem Durchgange annimmt, hat man bis jetzt als eine dioptrische Modification des Lichts betrachtet, indem man voraussetzte, daß das Glas oder die gefärbte Flüssigkeit den auf sie fallenden Lichtstrahl so modificire, daß nur die rothen, blauen, gelben, grünen Lichtstrahlen durchgelassen, die übrigen aber zurückgeworfen oder verschluckt werden. Allein die prismatischen Phänomene §. 860. und 863. zeigen, daß bei der Brechung

überhaupt keine partielle Verschluckung einzelner Farbestrahlen Statt findet, und der Anblick jedes rothen, gelben, grünen Glases zeigt, daß die übrigen Farbestrahlen nicht reflectirt werden.

Das Phänomen der durchsichtigen farbigten Körper ist doppelter Art, dioptrisch und catoptrisch.

1) Wenn man die gewöhnlichen Gegenstände von allerlei Farben durch irgend ein farbiges, z. B. rothes, Glas betrachtet, so erhalten sie allerdings alle eine (rothe) Tinte, welche im ersten Augenblicke (der Ungewohnheit wegen) stark auffällt; gleich darauf aber unterscheidet man die eigenthümlichen Farben der Objecte genau, in welchen man auch zugleich die (rothe) Tinte des Glases an der Farbenmischung bemerkt.

† 2) Färbt man einen Lichtstrahl im dunkeln Zimmer durch Vorhaltung eines schwach gefärbten, etwa rothen, Glases, so scheint dieser Strahl, auf der Karte aufgefangen, ganz roth. Aber fängt man diesen rothen Strahl mit dem Prisma auf, so erhält man das gewöhnliche prismatische Farbenbild, mit dem Unterschiede, daß das Rothe lebhafter, das übrige Bild aber minder lebhaft als gewöhnlich ist.

Es folgt also aus diesen Versuchen, daß vieles ungefärbtes Licht durch gefärbte Gläser durchfällt, im umgekehrten Verhältniß der Intensität der Farbe des Glases. Es wird also nur ein Theil des Lichts zerlegt, und da dieses rothe Glas, catoptrisch betrachtet, auch roth erscheint, so ist's schon daraus wahrscheinlich, daß hier die durchgehenden Farbestrahlen catop-

trisch gefärbt worden sind. Es ist überdies aus §. 133. zu schließen (welches im nächsten Abschnitte ausführlich dargethan wird), daß die Färbestoffe, so lange sie Färbestoffe sind, und nicht durch andere Substanzen zersetzt, im concreten Zustande, obgleich sehr vertheilt, sich befinden. Sie müssen also auch als concrete Körper wirken und demnach, da sie in größern Massen das Licht an ihrer Oberfläche zerlegten, es nun auch thun. Daher auch die Farbe der Gläser und der Tincturen dioptrisch und catoptrisch dieselbe ist. (Von den Anomalien wird bald die Rede seyn.) Das ungefärbte Licht, welches in eine farbigte durchsichtige Substanz eindringt, begegnet zum Theil diesen feinen Theilen des Färbestoffs, zum Theil nicht. Die erste Portion wird zerlegt, wie wenn es auf ein blaues oder rothes Tuch fiel, und wird von da aus nach allen Richtungen reflectirt und muß nun dioptrisch den Weg in die ungefärbten Theile des Glases nehmen, den das Refractionsgesetz ihm vorschreibt; die andere Portion geht unverändert durch. Freilich können wir die gefärbten und ungefärbten Räume in den durchsichtigen Körpern nicht directe entdecken; allein die 2 obigen Versuche beweisen uns ihr Daseyn, da alle Färbestrahlen und das ungefärbte Licht mit der Farbe des Glases zugleich und unverändert durchgehen. Auch catoptrisch wird nicht alles Licht zerlegt. Der Maler weiß recht gut, daß die stark beleuchteten Stellen gefärbter, sogar schwarzer Oberflächen weißes Licht reflectiren. Und dieses rührt ebenfalls daher, daß die farbigte Flüssigkeit, die man auf das Papier oder das Tuch aufgetragen hat, nicht bloßer Färbestoff war, und daß also

der Färbestoff eigentlich nur wie gestreut auf der gefärbten Fläche ist *).

§. 877.

Gewisse durchsichtige gefärbte Körper liefern die Farbe catoptrisch etwas anders, als dioptrisch. Eine Auflösung von Lakmustinctur, welche catoptrisch fast ganz rein blau erscheint, liefert dioptrisch eine violette Farbe. Dieses aber ist wahrscheinlich nur ein falscher Schluß, weil des reflectirten weißen Lichts viel weniger ist, als des durchgehenden, und die Farbe

*) Gegen diese Lehre wird man vielleicht den bekannten Versuch einwenden, daß wenn man 2 Prismen, einen rothen und einen blauen oder zwei sehr stark gefärbte Glasplatten an einander legt, gar kein Licht durchgeht. Allein das rührt von der zu großen Intensität der Farben her. Man nehme an, daß 100 Strahlen weißes Licht auf das rothe Prisma fallen, und daß beider Farben Intensität so sey, daß wenn diese 100 Strahlen auf jedes Prisma fielen, 90 davon gefärbtes Licht gäben und 10 weiß blieben, so werden von diesen 100 also 90 bei der Verschluckung der übrigen Farben durch das rothe Pigment in roth verwandelt, und 10 gehen weiß durch. Von den 90 rothen Strahlen, die nun auf das blaue Prisma fallen, werden 81 verschluckt und 9 rothe gehen durch. Von den 10 weißen werden 9 in blaue verwandelt und 1 geht weiß durch. Also behält man am Ende dieser doppelten Verwandlung 9 rothe, 9 blaue und 1 weißen Strahl, welche also die Wirkung von 18 violetten und 1 weißen ausmachen sollten. Aber diese 18 gefärbten Strahlen, welche nur durch Reflexion überhaupt sichtbar werden, zerstreuen sich größtentheils in der Glasmasse, und es kommen vielleicht nur 3 bis 4 ganz durch. Man muß also hinter den Prismen eine sehr lichtarme violette Tinte von 4 bis 5 Strahlen haben, die leicht für völlige Abwesenheit des Lichts gilt. Von der Richtigkeit dieser Erklärung überzeugt man sich bald, wenn man gefärbte Gegenstände, besonders solche mit lebhaften Farben, durch zwei auf einander gelegte Glasplatten, deren eine roth, die andere blau ist, betrachtet. Sie erscheinen alle mit ihren eigenthümlichen, aber geschwächten Farben, denen Violet beigemischt ist.

uns also catoptrisch dunkler vorkommt. Ganz anders ist's mit dem Opalisiren gewisser vegetabilischen Auflösungen, als z. B. der gallussauren Infusion des einfachen Decocts der Rinde der Roßkastanie, der Quassia ꝛc. Dioptrisch sind diese Flüssigkeiten braunroth, catoptrisch schillern sie ins Weiße. Dieses erklärt sich aus zwei Farbestoffen, nämlich einem rothen und einem weißen; beide müssen catoptrisch sich zu erkennen geben, aber dioptrisch nur der rothe, weil die weißen Strahlen, welche der weiße zum Durchgang liefert, sich mit den unzersetzten weißen Strahlen vermischen und also nicht besonders erscheinen können. Gleichfalls im halbdurchsichtigen weißen Glase, welches dioptrisch orangefarbig ist, catoptrisch weiß.

§. 878.

Sind die Farben der Körper modificirte oder zerlegte Lichtstrahlen, so fragt es sich, was weiß und schwarz sey. Ersteres ist das unzerlegte reflectirte Licht, dieses die Abwesenheit des reflectirten Lichts.

† Man fasse eine reine Glastafel in einen Rahmen ABDC und eine Pappenscheibe in den Rahmen ABFE; überklebe die Pappe mit sehr weißem Papier und zeichne in der Mitte einen Kreis oder Quadrat mit der schwärzesten Farbe. Stellt man diese beiden Tafeln ABFE horizontal oder auch beide vertical und so, daß sie gut beleuchtet werden, die Tafel ABCD aber um 45° bis 50° über sie erhoben, so daß wenn man sich an der Öffnung des Winkels stellt, die Glastafel das Bild der Pappen ins Auge reflectire, so wird man doch noch die jenseits vor AB stehenden Gegenstände durch das weiße

Bild etwas, aber kaum merklich, erblicken, durch die Stelle aber, welche dem schwarzen Flekken correspondirt, wie durch ein Loch, mit ihrer natürlichen Lebhaftigkeit. Nimmt man eine Pappe, deren Grund um den schwarzen Flecken irgend eine Farbe hat, so wird man die Objecte durch diesen Grund deutlicher, aber mit einer Tinte dieser Farbe sehen, als durch das Weiße.

Dieser Versuch zeigt, daß die sogenannte schwarze Farbe keine Lichtstrahlen zurückwirft (die wenigen, welche jeder solche schwarze Fleck, da er nie vollkommen schwarz ist, dennoch zurückwirft, sind unmerklich), und alle übrigen weniger zurückwerfen als die sogenannte weiße; und somit beweiset dieser Versuch, daß Schwarz und Weiß im optischen Sinne keine Farben sind.

§. 879.

Die Farben, in welche das Prisma den Lichtstrahl zerlegt, sind, wie §. 802. gesehn worden, durch das Prisma nicht mehr zerlegbar; dennoch lassen sich alle, Roth, Gelb und Blau ausgenommen, durch Pigmente nachahmen; indem man rothe und gelbe für orange, blaue und gelbe für grün, rothe und blaue für violet mischt und durch Verschiedenheit der Mischungsverhältnisse alle Nüancen hervorbringt. Aber diese gemischten Farben zerlegen sich alle durch das Prisma; dahingegen diejenigen Farben, welche durch Mischung ganz verändert werden, als z. B. eine grüne Kupferauflösung, welche man durch Ammonium in reines Blau verwandelt, sich nicht im Prisma zerlegt. Dort ist aber auch nur ein mechanisches Gemenge zweier Farbenstoffe, die also nur fein

zertheilt sind und sehr nahe beisammen liegen. Jedes blaue und rothe Theilchen des Färbestoffs giebt also seine Farbe für sich, und die Mischung derselben geschieht nur im Auge oder vielmehr in der Empfindung, wie die Mischung der Farben auf der gedrehten Scheibe, §. 863. Hier hingegen ist der grüne Färbestoff mit dem Ammonium chemisch gemischt, und wird durch diese Mischung ein neuer Stoff, der das Licht auf seine eigenthümliche Art bricht. Daraus, daß mechanisch gemengte Pigmente Farben liefern, die sich durch das Prisma zersetzen lassen, die analogen Farbenstrahlen aber nicht, folgt also nicht, daß diese Farbestrahlen absolut unzerlegbar seyn, und man kann immer mit Leonardo da Vinci, Tobias Mayer, Lambert und Andern annehmen, daß es 3 Grundfarben, Roth, Gelb und Blau, giebt, aus welchen sich die übrigen zusammensetzen lassen. Dr. Wünsch nimmt Roth, Grün und Veilchenblau zu Grundfarben an, und es lassen sich im Farbenspectrum allerdings die übrigen, so wie auch das Weiße, aus ihnen zusammensetzen, wie man sie auch überhaupt aus 3 Farben immer wird zusammensetzen können, die so gewählt werden, daß sie nicht unmittelbar neben einander im einfachen prismatischen Bilde oder auf der Farbenscheibe liegen. Zur Bildung der andern Farben, aus den 3 Farben des Dr. Wünsch, wird meistens Weiß nach den Mayerschen Grundfarben erzeugt, mit Überschuß einer andern Farbe, die diejenige ist, welche nach Dr. Wünsch erzeugt ist *).

*) Als ich dessen Abhandlung las, fiel mir sogleich dieser Gedanke ein, und da ich an die Tabelle, welche die Resultate enthält, kam, so deckte ich, ohne vorher sie zu lesen,

§. 879.

Auf der Annahme von drei Grundfarben beruht das Farbendreieck, dessen Zweck ist, alle Farbennüancen durch bekannte Mischungsgrade der Mayerschen Grundfarben zu bestimmen und zu benennen. Diese Idee von Leonardo da Vinci ist von Tobias Mayer, Lambert, Lichtenberg und Erxleben mit vieler Mühe bearbeitet worden. Allein practische Schwierigkeiten machen eine nützliche Anwendung derselben, und besonders die Erreichung der bezweckten Bestimmtheit unmöglich.

Der Farbendreiecke, Farbenprismen, Farbenpyramiden wird in der Vorlesung etwas ausführlicher gedacht.

Ausführbarer sind Stufenleiter einzelner Farben, wie z. B. Saussure's Kyanometer für die blaue Farbe.

§. 880.

Auch das unmittelbare Licht leuchtender Körper zeigt sich oft gefärbt. Das Johanniswürmchen giebt ein grünlichtes Licht, der Mond ein bläulichtes, unsre Lampen und Kerzen ein gelblichtes; die Auflösung von salzsaurer Strontianerde in Alkohol (auch der salzsauren Kalkerde nach den Versuchen des Prof. Grindel) brennt purpurroth, und die Feuerwerker kennen vielerlei Mischungen, um alle Farben in ihren Spielwerken brennen zu lassen; am einfachen Talglichte sieht man endlich Spuren der 3 Grundfarben.

die Columne der erzeugten Farben mit einem Lineal, und construirte diese nach dem Princip der Mayerschen Grundfarben, welches mit der Tabelle, bis auf wenige kleine Unterschiede, welche die nicht angezeigte Intensität der gemischten gegebenen Farben verursachte, völlig übereinstimmte.

Jedes dieser farbigten Lichte kann angesehen werden, als ob ihm eine oder zwei andere Farben fehlten, um ein weißes Licht zu werden. So z. B. wird das Kerzen- oder Lampenlicht völlig weiß, wenn man es durch ein blaues Glas gehen läßt, welches eine schwache rothe Tinte hat, wie man sich leicht durch die Betrachtung farbiger Körper durch dieses so modificirte Licht überzeugen kann. Denn die Farbe, welche durch das Lampenlicht verändert war, wird durch diese Modification des Lichts wieder hergestellt *).

§. 881.

Wenn wir das Licht, welches an einem heitern Tage im Schatten leuchtet, weißes Licht nennen, so muß das Sonnenlicht, ehe es durch unsre Atmosphäre kam, mehr rothe und gelbe Strahlen enthalten, als zu uns kommen, da unsre Atmosphäre in der That blau ist. Und so dürfen wir wohl schließen, daß das reine Sonnenlicht an Farbe dem Lichte einer sehr guten argandischen Lampe gleicht. Das Mondlicht scheint blau, nicht nur in Vergleichung mit dem Lampenlichte, sondern auch mit dem Sonnenlichte verglichen.

*) Ich habe vor 18 Jahren eine kleine Abhandlung über diesen Gegenstand geschrieben: Rumford hat ihn gleichfalls in seinen photometrischen Versuchen bearbeitet; seitdem hat Jemand eine neue Erfindung daraus machen wollen. Aber noch sind die blauen Glascylinder weder an den gemeinen Lichten noch an der argandschen Lampe üblich, so groß ihr Nutzen für unsre Augen auch wäre. Der schändliche Eigennutz der Glasfabrikanten erlaubt ihnen nicht für ein Dutzend solcher Cylinder einen Anfang zu machen. Erst wenn man sie tausendweise bei ihnen bestellen wird, kann man hoffen, daß sie sich dazu herablassen werden. So bettele ich schon seit vielen Jahren um einige Tafeln gefärbter Gläser in Deutschland und Rußland umsonst. Ich würde gern den 10fachen Preis dafür bezahlen.

Wir müssen also annehmen, daß das Sonnenlicht bei seiner Reflexion auf dem Monde, noch ehe es unsre Atmosphäre erreicht, schon eine blaue Tinte erhält; welches allerdings analogisch auf eine Mondatmosphäre zu schließen erlaubt.

§. 882.

Das einfacheste Mittel, Lichtstrahlen von verschiedenen leuchtenden Körpern in Bezug auf ihre Farbe zu vergleichen, ist, einen undurchsichtigen Körper durch beide Lichtgattungen unter verschiedenen Winkeln beleuchten zu lassen. Es entstehen zwei Schatten, die sich gleich hinter dem Körper durchkreuzen. Dort ist wahrer Schatten, die übrigen Theile der einzelnen Schatten sind durch das andere Licht beleuchtet, und so erscheinen sie gefärbt. Es sind nur schwache Beleuchtungen durch das eine Licht. Dieses Phänomen dient zur Erklärung der sogenannten gefärbten Schatten.

§. 883.

Zufällige Farben sind Erscheinungen von Farben, die nicht unmittelbar von einem wirklichen Lichte herrühren, sondern bloß Folgen von starken Eindrücken des weißen oder gefärbten Lichts sind. Sie werden durch das Gesichtsorgan selbst erzeugt, und hängen von seiner Reizbarkeit ab. Sie variiren nach der Stärke des Eindrucks, den das wirkliche Licht gemacht hat. Ist er mäßig stark und nicht sehr anhaltend gewesen, so mischt sich der erhaltene Eindruck zum neuen und man erhält eine gemischte Empfindung. Ist er aber heftig und anhaltend gewesen, so sinkt das dadurch ermüdete Organ in die entgegengesetzte Stimmung und wir sehen entgegengesetzte Far-

ben. Büffon ermüdete sein Gesicht durch Betrachtung farbigter Quadrate auf weißem Grunde, und erhielt, indem er vom gefärbten Objecte wieder auf den weißen Grund sah, anstatt Roth Grün, anstatt Gelb Blau, anstatt Grün Purpur, anstatt Blau Roth, anstatt Schwarz helleres Weiß, und hatte er Weiß auf schwarzem Grunde gesehen, so sah er dann den Grund dunkler schwarz. Am sichtbarsten erscheint das Gesetz der entgegengesetzten Farben in folgenden Versuchen:

† 1. Sieht man scharf, nahe und anhaltend in eine Lichtflamme bei Nacht, und wendet das Gesicht, ohne durch den Willen darauf zu wirken,

a) auf eine weiße erleuchtete Fläche; so entsteht sogleich ein Spectrum der Lichtflamme von hellblauer Farbe; der Docht erscheint weiß; gleich darauf schwebt ein hellrothes aber kürzeres Spectrum auf dem Blauen, das Rothe etwas oberhalb verschoben. Endlich verschwindet das Rothe und das Blaue bleibt noch etwas stehen.

b) Auf einem dunkeln Schatten; es entsteht ein dunkelblaues Spectrum mit rothen Streifen, welche bald ein völliges hochrothes Spectrum werden. Das Blaue ist aber viel breiter und umgiebt das Rothe, welches letztere auch früher verschwindet.

c) Schließt man nach dem heftigen Eindrucke die Augen zu und kehrt sie vom Lichte ab, so flimmern Anfangs alle Farben durch einander. Bald darauf erscheint ein doppeltes sehr lebhaftes und scharf gezeichnetes Spectrum, ein blaues und ein rothes, das blaue breiter als das rothe.

Um dieses doppelte Bild breitet sich ein Schein, wie eine Glorie, von sehr hell violetter Farbe aus.

† 2) Hat man einige Minuten in einem Zimmer mit rothen oder blauen Fenstervorhängen sich aufgehalten, und tritt dann in ein Zimmer ohne Gardinen, so sieht man alle Objecte grün oder gelb gefärbt.

† 3) Hat man das Bild der Sonne im Focus einer Linse anhaltend betrachtet, und wendet das offene Auge davon, so ist das Spectrum sogleich schwarz, mit einem Schein um das Schwarze herum, in welchem alle Farben abwechseln. Dann nimmt das ganze Bild eine blaue, dann rothe Farbe an; endlich bleibt ein gelber Schein, der alle Gegenstände gelblich färbt, wohl eine Viertelstunde zurück.

Indeß variiren diese Phänomene oft nicht unbeträchtlich nach den Individuen, weil manches Organ für gewisse Farben reizbarer ist, als für andere.

D. Beugung des Lichts.

§. 884.

Wenn das Licht sehr nahe am Rande eines Körpers vorbeigeht, so wird es von seinem geradlinichten Wege abgelenkt. Diese Abweichung nennt man die Beugung des Lichts. Sie findet Statt, sowohl nach dem Körper zu, als abwärts von demselben, und könnte demnach Zubeugung (Inflexio) und Abbeugung (Deflexio) genannt werden. Das Erstere Phänomen ist sehr wenig und unvollkommen beobachtet worden, das Letztere aber, die Abbeugung,

mit vieler Sorgfalt. Daher wollen wir diese auch allein betrachten, bis zahlreichere und genauere Versuche über die Zubeugung bekannt seyn werden. Die Beugung des Lichts ist unstreitig einer der schwersten Theile der Lehre des Lichts. Die erste Beobachtung dieses Phänomens verdanken wir dem P. Grimaldi (im J. 1665); die ausführlichere Bearbeitung desselben überlieferte Newton 10 Jahre später an die königliche Societät zu London.

§. 885.

Die beobachteten Phänomene der Beugung sind folgende:

1) Läßt man durch eine Öffnung von $\frac{1}{4\frac{1}{2}}$ Zoll einen Sonnenstrahl in ein verfinstertes Zimmer, und hält ein Menschenhaar (dessen Durchmesser etwa $\frac{1}{2\frac{1}{8}\frac{1}{0}}$ Zoll ist) in diesem Strahle, in einer Entfernung von 10 bis 12 Fuß, so wirft dieses Haar einen beträchtlich breitern Schatten als sein Durchmesser. In der Entfernung von 4 Zoll vom Haare ist dieser Schatten $\frac{1}{6\frac{1}{0}}$ Zoll, bei 2 Fuß Entfernung $\frac{1}{2\frac{1}{8}}$, bei 10 Fuß Entfernung $\frac{1}{8}$ Zoll. Dieser Schatten ist auf seinen beiden Seiten mit mehreren farbigten Säumen (Franzen, fimbriae) ausserhalb begränzt, welche die Farben in gleicher Folge darstellen, und zwar die violetten und blauen dem Schatten zugekehrt, die rothen nach aussen. Die einzelnen Franzen sind durch Schatten abgesondert, und Newton hat mit der größten Sorgfalt die Dimensionen dieser Franzen und Schatten beobachtet und aufgezeichnet.

2) Wird das Haar zwischen zwei naß gemachte Glasplatten gelegt, so daß es ganz von Wasser

umgeben sey, so erfolgt das Phänomen wie vorher; Newton aber sagt nicht bestimmt, ob die Farben eben so lebhaft ausfallen, als ohne Wasser.

3) Alle dünne Körper, Steine, Holz, Metalle, Glas ꝛc. nicht nur, liefern das obige Phänomen, sondern auch Streifen oder Fäden innerhalb des Glases, sehr feine Risse auf der Oberfläche gutpolirter Gläser.

4) Zu diesen Phänomenen zieht man noch das mit zwei Nadeln, welche beide senkrecht auf ein Brettchen gesteckt, und dann so in ein Glas voll Wasser gesenkt werden, daß sie vertical über einander stehen, die untere ganz im Wasser, die obere nur mit der Oberfläche des Wassers in Berührung. Es entsteht ein doppeltes Bild, das nach der Lage des Auges bald gabelförmig, bald halb kreisförmig erscheint, und auch mit farbigen Franzen umgeben ist.

Am lehrreichsten über dieses Phänomen ist folgender Newtonscher Versuch:

5) Man lasse Sonnenlicht durch eine Öffnung von etwa $\frac{1}{4}$ Zoll ins finstere Zimmer, und stelle in diesem Lichte, auch in der Entfernung von 10 bis 12 Fuß von der Öffnung zwei gut polirte Messerklingen, deren Schärfen sehr gerade sind, einander gegenüber in einer Ebene, so daß sie nur einen schmalen Durchgang zwischen sich dem Lichte überlassen. Nähert man diese Klingen bis zu einer Entfernung von $\frac{1}{40}$ Zoll von einander, so theilt sich der Strahl hinter den Klingen in zwei Theile, läßt in der Mitte einen Schatten, dessen Breite in der Entfernung immer größer erscheint, und bil-

det an beiden Rändern des Schattens die schon beobachteten Franzen, so daß es deutlich ist, wie jede Hälfte des Strahls von jeder Klinge nach der entgegengesetzten Seite geworfen und in farbigte Strahlen zerlegt wird. Newton konnte nicht mehr als 3 solche Franzen auf jeder Seite beobachten. Unter andern Umständen konnte er 4 bis 5 wahrnehmen.

Werden die Klingen noch näher zusammengerückt, so werden die Franzen lebhafter, aber schmaler von innen her, indem der Schatten sich erweitert. Endlich, durch allmählige Annäherung der Klingen, verschwinden die Franzen allmählig, und zwar die äusserſten, vom Schatten entfernteſten, zuerſt, bis endlich bei völliger Berührung der Schärfen das ganze Phänomen verschwindet.

§. 886.

Die Versuche 1, 2, 3, 5 zeigen, daß das Licht, welches sehr nahe an festen Körpern vorbeigeht, sie mögen mit Luft, Wasser oder einem andern durchsichtigen Mittel umgeben seyn, a) von den Körpern abgelenkt wird, b) dabei eine Zerlegung in farbigte Strahlen erleidet, c) daß die rothen Strahlen (welche die kleinste Brechbarkeit haben) am meisten, die violetten aber (welche die größte Brechbarkeit haben) am wenigsten abgelenkt werden. Diesen letztern Satz beweiset Newton (Opt. Lib. III. Obs. XI.) ausserdem noch durch die Franzen, welche das vorher durch ein Prisma zerlegte Licht durch ein Haar wirft. Dieses sind Thatsachen, welche man von den Vermuthungen Newtons sorgfältig unterscheiden muß. In

der Folge wird es sich zeigen, wie diese Phänomene sich mit den allgemeinen Phänomenen der Farben vereinigen lassen.

E. Von den optischen Instrumenten.

§. 887.

Das einfache Microscop ist weiter nichts, als eine convexe Linse, deren Wirkung §. 856. angezeigt worden. Sie wird auf viele verschiedene Arten gefaßt und mit dem zu betrachtenden Objecte in Verbindung gebracht. Je kleiner sie ist, desto stärker kann die Vergrößerung werden, aber auch desto kleiner die Deutlichkeit und das Gesichtsfeld.

§. 888.

Das zusammengesetzte Microscop, etwa 1618 oder 1621 durch Jansen oder Drebbel erfunden, besteht ursprünglich aus zwei Convexlinsen. Die Nähere am Objecte heißt Objectivlinse; die am Auge näher liegende heißt die Ocularlinse. Das Object wird etwas über dem Focus der Objectivlinse hinausgestellt; es entsteht ein vergrößertes und verkehrtes Bild desselben jenseits, welches dem Auge an dieser Stelle nicht sichtbar wäre. Die Ocularlinse sammelt die divergirenden Strahlen von jedem Punkte dieses Bildes, indem ihr Focus auf dieses Bild fällt, und führt sie in paralleler oder beinahe paralleler) Richtung dem hinter demselben stehenden Auge zu. Die Vergrößerung ist, im Verhältnisse des Products der Brennweiten der Linsen zu dem Producte der Entfernung des Bildes von der Objectivlinse und der Sehdistanz, 8 Zoll, des Normalauges. Stärkere Vergrößerungen vertragen die Microscope,

ohne allzulang zu werden, mit einem doppelten Ocular, deren erſteres und breiteres (von dem Objectiv an gerechnet) das Bild vom Objectiv aufnimmt, ehe es gebildet iſt, es in einer kürzern Entfernung für das zweite Ocular entwirft.

§. 889.

Die Fernröhre (Telescope), zuerſt von Janſen in Holland, 1608, bald nachher von Galiläi wieder, erfunden, beſtehen urſprünglich aus einem Objectiv und aus einem Ocular. Eine einzige Linſe, welche von den einzelnen Punkten entfernter Objecte parallele Strahlen erhält, vereinigt dieſe in ihrem Brennraume, kann ſie alſo nicht, wie die Linſe des Microscops, parallel dem Auge zuführen; dazu iſt eine zweite Linſe erforderlich. Setzt man nun zwiſchen dem Ocular und deſſen Focus eine Hohllinſe, deren Zerſtreuungspunkt in den Brennpunkt des Oculars fällt, ſo werden die Strahlen, welche das Ocular convergirend gemacht hat (§. 858.), parallel gebrochen, und ſo dem Auge zugeführt. Da bei dieſer Einrichtung die Strahlen verſchiedener Punkte des Objects ſich bei dieſer doppelten Brechung nirgends gekreuzt haben, ſo erhält das Auge ein aufrechtes Bild des Objects, und im Verhältniß der Zerſtreuungsweite zu der Brennweite vergrößert. Dieſes iſt das Galiläiſche Fernrohr. Läßt man aber das Bild des Objects im Focus des Objectivs wirklich entſtehen, ehe man ſeine Strahlen durch eine Linſe unterbricht, und fängt man jenſeits des Brennpunkts die Strahlen mit einer Converlinſe auf, deren Brennpunkt in den des Objectivs fällt, ſo werden dieſe aus dem gemeinſchaftlichen Brennpunkte divergirenden Strahlen

(§. 853., 1.) parallel gebrochen, und dem Auge zugeführt. Da hier die von von verschiedenen Punkten des Objects kommenden Strahlen sich im gemeinschaftlichen Brennpunkt gekreuzt haben, so entsteht ein umgekehrtes Bild unter einer Vergrößerung, welche im Verhältniß der Focalweiten ist. Dieß ist das Kepplersche Fernrohr, welches auch das astronomische genannt wird. Mit einem Zusatze von zwei Ocularlinsen kann das Bild wieder umgekehrt werden, damit das Object aufrecht erscheine. Auch können diese zwei neuen Linsen zu einer neuen Vergrößerung dienen, indem man sie als einen zweiten Telescop einrichtet. Dieses ist Rheita's Fernrohr oder das Erdfernrohr. Braucht man endlich einen Hohlspiegel zum Objectiv, so entsteht das Spiegeltelescop, das aber noch einen kleinern Spiegel braucht, um die convergirenden Strahlen gegen den Hohlspiegel selbst, durch ein Loch in demselben, oder seitwärts zu werfen, weil das Ocular nicht vor dem Objectivspiegel seyn kann, da denn der Kopf des Beobachters die Strahlen der Objecte abhalten würde. Nachdem nun die vom Objectivspiegel kommenden Strahlen zurück oder seitwärts geworfen werden, entsteht das Gregorianische oder das Newtonsche Telescop, deren erster Erfinder der P. Mersenne ist, im J. 1639.

§. 890.

Zwischen den zusammengesetzten Microscopen und den Telescopen steht die Idee der telescopischen Microscope, welche Äpinus 1784 unter andern bekannt machte. Diese Idee blieb bis 1805 unausgeführt, vermuthlich wegen Adams ungünsti-

gen Urtheils, bis der vortreffliche Künstler H. Tiedemann in Stuttgardt Eins für die Universität Dorpat mit der größten Vollkommenheit verfertigte, welches die Vortheile des gewöhnlichen zusammengesetzten mit dem des Lampenmicroscops in einem hohen Grade vereinigt, und überdieß durch seinen sehr sinnreichen Mechanismus dem Beobachter große Vortheile der Bequemlichkeit darbietet.

§. 891.

Setzt man in eine Öffnung des Ladens eines verfinsterten Zimmers eine erhabene Linse, so fallen die Lichtstrahlen der äussern Gegenstände auf dieselbe, und entwerfen am Orte des Bildes (§. 854.) ein Bild der Objecte. Fängt man dieses Bild durch eine an diesen Ort gestellte weiße Tafel auf, so sieht man die äussern Objecte darauf verkehrt abgemalt, wie durch ein einfaches Loch im Laden, nur viel reiner gezeichnet, und viel lebhafter. So machte Porta, der Erfinder dieses interessanten Versuches, seine Camera obscura, welche nachher tragbar und im Kleinen ausgeführt, auch mit einem schrägen Spiegel versehen worden ist, um die Bilder auf einen horizontalen Tisch zu werfen.

§. 892.

Braucht man statt der wirklichen Gegenstände kleine Malereien (besonders auf Glas), die man durch eine Lampe stark erleuchtet, und stellt man diese so erleuchteten Gegenstände nahe an den Focus einer convexen Linse, so liefert diese Linse, wie in Fig. XXXI., ein vergrößertes Bild ab derselben, das man gleichfalls auf einer weißen Tafel oder Wand auffangen kann. Dieß ist die von Kircher, im J. 1671, er-

fundene Zauberlaterne, die man nachher zu vielerlei Kunststückchen braucht, unter andern zu Geistererscheinungen (heute zu Tage Phantasmagorien genannt), welche jedoch von den bessern Teufelskünstlern durch Hohlspiegel, nach der Theorie der Luftbilder, weit vollkommener ausgeführt werden.

§. 893.

Nimmt man bei der Zauberlaterne wirkliche, aber sehr kleine Gegenstände, so erhält man vergrößerte Bilder davon, und so dient dieses Werkzeug als ein Microscop. Macht man die Vorrichtung so, daß das Object durch die Sonnenstrahlen erleuchtet werde, so hat man das Sonnenmicroscop. Martin hat eine sehr gute Vorrichtung angegeben, um die undurchsichtigen Gegenstände von vorne stark zu beleuchten, welches bei gewöhnlichen Microscopen sehr schwer und sehr unvollkommen geschieht.

§. 894.

Die nicht geringe Unbequemlichkeit, welche das beständige Fortrücken der Sonne der Erleuchtung entgegensetzt, hat den ältern Adams zu der Erfindung des Lampenmicroscops veranlaßt, das ursprünglich nur für durchsichtige Objecte eingerichtet war, nachher aber durch den jüngern Adams die Vorrichtung Martins für opake Objecte noch erhielt. Das stark erleuchtete Object wirft seine Strahlen auf eine Linse, deren Brennpunkt auf das Object fällt, die dann von einer sehr großen doppelten Linse aufgefangen werden, die um ihre doppelte Brennweite von der kleinen Linse entfernt ist. Die von der Objectivlinse kommenden parallelen Strahlen entwerfen jenseits der großen Linse ein umgekehrtes Bild des Objects,

welches vom Auge, in der doppelten Distanz der Brennweite der großen Linse, am vollkommensten gesehen wird, da die parallelen Strahlen sich hier wieder vereinigen. (S. §. 852., 2.) Eine mattgeschliffene Glastafel, an die Stelle der doppelten großen Linse gestellt, empfängt, wie die Wand der Zauberlaterne, die Bilder der von hinten erleuchteten Objecte; nur muß das Object nun etwas aus dem Focus der kleinen Linse gerückt werden, damit die matte Glastafel der Ort des Bildes werde. So angenehm die Wirkung dieses Instruments ist, so steht es doch dem telescopischen Microscope des Alpinus weit nach, wenn man auf die mögliche Vergrößerung, auf die Reinheit des Bildes und auf die Bequemlichkeit für die Stellung der Objecte sieht.

§. 895.

In den Vorlesungen werden alle diese optischen Instrumente vorgezeigt, ihr Bau erklärt, ihre Theorie etwas mehr erläutert, wobei man das Nöthigste über die brauchbaren und möglichen Vergrößerungen, so wie über die Größe des Gesichtsfeldes und die großen Vortheile der achromatischen Objective, anführt.

§. 896.

Das menschliche Auge ist das vollkommenste optische Werkzeug, und es gereicht dem menschlichen Scharfsinne zur Ehre, seinen optischen Bau auf eine völlig befriedigende Art erklären, und sogar nachahmen zu können. Die Wölbung der vordern Kammer macht die divergirenden Strahlen, welche von den einzelnen Punkten der Objecte kommen, schon convergirend, und werden von der Crystallisation empfangen und noch mehr convergirend gemacht, so daß beide als eine Convexlinse wirken und auf der Netz-

haut ein umgekehrtes Bild entwerfen. Die verschiedenen Mittel, durch welche die Lichtstrahlen gebrochen werden, welche die vordere Kammer, die Crystallinse und die hintere Kammer ausmachen, wirken vollkommen achromatisch (eine Beobachtung, welche Eulern von der Möglichkeit der achromatischen Gläser überzeugte), und liefern vollkommen klare Bilder.

Versuch mit einem künstlichen Auge, von Adams, an welchem man 3 Variationen des Auges durch verschiedene Wölbungen der Vorderkammer, für das Normalauge, den Presbyten und den Myops, bewerkstelligen und die Verbesserung der beiden fehlerhaften Augen durch eine convexe und eine concave Linse zeigen kann.

In der Vorlesung wird noch auf einzelne besondere bewundernswürdige Umstände, als die Erweiterung und Zusammenziehung der Pupille, die Änderung der ganzen Form des Auges durch die Muskeln, um dessen Axe zu verlängern oder zu verkürzen ꝛc., aufmerksam gemacht.

Zweites Kapitel.

Von der materiellen Ursache der Lichtphänomene und ihrer Wirkungsart.

§. 897.

Daß die Alten keine begründete Hypothese über die Natur des Lichts hatten, ist aus ihren wenigen Kenntnissen der Lichtphänomene sehr begreiflich. Wenn daher ihre Vorstellungsarten hie und da mit einigen Meinungen der Neuern, die mehr von den Thatsachen abstrahirt sind, einigermaßen übereinstimmen, so ist

es in der That Zufall, und der Grund davon liegt in der kleinen Zahl möglicher Hypotheſen über die Natur des Lichts. Das vorhergehende Kapitel zeigt zur Gnüge, daß wir das Licht nicht als eine Eigenſchaft der Körper, auch nicht als eine Modification derſelben, als z. B. einen Vibrationszuſtand, anſehen können. Mit einer ſolchen Hypotheſe erklärt ſich die obige Reihe von Phänomenen nicht. Allein, daraus, daß wir mit ſolchen Hypotheſen die Phänomene nicht erklären können, dürfen wir weiter nichts folgern, als unſer Unvermögen, aber noch nicht, daß die Urſache der Lichterſcheinungen ein eigenthümlicher Stoff ſey. Dieſer Stoff muß ſich ſonſt durch eine materielle Eigenſchaft zu erkennen geben, ehe wir ſein Daſeyn decretiren können. Dieſe Eigenſchaft iſt die Affinität.

A. Von dem Lichtſtoffe und deſſen Affinitätsäuſſerungen.

§. 898.

Das Licht bringt viele Farbenänderungen in den Körpern hervor.

1) Alle Holzarten leiden eine Farbenänderung durch das Licht. Nach Sennebier werden die meiſten dunkeler. Davon ſind ausgenommen Guajac, Eiche und Ceder, welche durch die Sonnenſtrahlen eine hellere Farbe bekommen. An dem Weißdorn bemerkt man ſchon in 3 Minuten den Anfang der dunklern Farbe; am Ebenholze erſt nach 30 Stunden. Der holzigte (faſerichte) Theil des Holzes leidet dieſe Veränderungen am ſtärkſten, der harzigte am wenigſten.

2) Tincturen von grünen Blättern, die man mit Weingeist übergossen hat, verlieren in den Sonnenstrahlen ihre Farbe, werden farbelos; gleichfalls die Tincturen der Blumenblätter; so auch die mit solchen Pigmenten gefärbten Zeuge. Im Dunkeln, auch bei der Siedhitze dieser Tincturen, geschieht das nicht. Jedoch ist der Zutritt der atmosphärischen Luft oder des Sauerstoffgases zu dieser Entfärbung erforderlich; die aber mit bloßem Sauerstoffgas ohne Licht nicht Statt findet.

3) Frisch bereitetes salzsaures Silber, welches gewöhnlich weiß ist oder nur eine leichte gelbe Tinte hat, wird an den Sonnenstrahlen Anfangs blau, dann violet, endlich schwarz, auch bei einer Temperatur von — 5° R. Im Dunkeln aber und bei einer Temperatur von + 30 bis 35° gar nicht. Diesen oft wiederholten Versuch verdanken wir Beccaria und dann Scheele. Dasselbe geschieht mit dem schwefelsauren Silber, aber langsamer. Kohlensaures Silber und die übrigen Auflösungen des Silbers in Säuren werden auch am Lichte schwarz, aber auch in der Wärme ohne Licht, jedoch langsamer, als im Lichte.

4) Legt man eine Stange Phosphor (welche im natürlichen Zustande nur eine blaßgelbe Farbe hat, und dabei halb durchsichtig ist) an die Sonne, so wird sie bald orange, dann roth und endlich dunkelbraun. In dunkler Wärme bis zum Siedpunkte des Phosphors aber bleibt die Farbe ganz unverändert. Weder Luft noch Wasser ist zur Färbung durch Sonnenstrahlen erforderlich.

5) Unter dem Namen von Bleichen ist eine Entfärbung der Zeuge durch das Licht sehr bekannt, wozu die Entfärbung des eisenhaltigen Schwefeläthers (Bestuscheffsche Tinktur) an den Sonnenstrahlen zu rechnen ist.

6) Das lebendige vegetabilische Reich giebt täglich tausend Beispiele von Färbungen durch das Licht. Die grünen Pflanzentheile erhalten von demselben ihre Farbe. In der Abwesenheit des Lichts verbleichen diese Pflanzentheile. Der Grad der Wärme ist hiebei gleichgültig. Dieses Resultat, aus den Versuchen Bonnets, Meese's, Tessiers und Sennebiers, wird durch Humbolds Beobachtungen und Versuche mit verschiedenen Pflanzen, welche in tiefen Schachten, von allem Lichte entfernt, ihre grüne Farbe behielten, sogar keimten und wuchsen, mit der nämlichen Farbe als an der Oberfläche der Erde, nicht geschwächt, da das Licht nicht die einzige Bedingung der Färbung der Pflanzen ist. Alle Theile der Pflanzen, Blüthen, Stiele, Früchte, sind in Ansehung der Farbe von dem Lichte abhängig.

Da nun Veränderungen in den Farben der Körper immer chemische Veränderungen der Stoffe voraussetzen, so folgt schon aus den angeführten Farbenveränderungen, daß das Licht durch Affinität auf andere Körper wirke.

§. 899.

Folgende Phänomene beweisen diese Affinitätswirkungen des Lichts directe.

1) Vollkommene Salpetersäure, den Sonnenstrahlen ausgesetzt, liefert Sauerstoffgas, und wird

zur gemeinen gelben Salpeterſäure. Im Dunkeln geſchieht dieſes nicht. Durch Erhitzung wird ſie bloß in Dampf verwandelt, ohne Trennung der Beſtandtheile.

2) Oxygenirte Salzſäure, den Lichtſtrahlen ausgeſetzt, liefert gleichfalls Sauerſtoffgas, und wird zur gemeinen Salzſäure. Durch Erhitzung bis zum Sieden geſchieht auch daſſelbe.

† 3) Der am Lichte braun gewordene Phosphor hat wirklich eine Zerſetzung erlitten. a) Schmelzt man ein Stück davon, ſo ſcheidet ſich eine ſchwarze Subſtanz ab, welche bei dem weißen Phosphor ſich nie abſetzt. b) Wird ein ſolcher brauner Phosphor bei Nacht und in einem dunkeln Ofen bis zur Siedhitze erhitzt, ſo ſetzen ſich die Dämpfe deſſelben an dem erkälteten aber noch immer im Dunkeln ſtehenden Glasgefäße dendritiſch an *), welches mit dem weißen Phosphor nie geſchieht, wohl aber, wenn man ihn an einem ſtarken Sonnenlichte in verſchloſſenen Gefäßen ausdünſten läßt. c) Zerſetzt man atmoſphäriſche Luft mit ſolchem braunen Phosphor, ſo bildet ſich eine neue Luftart, welche bis 12 p. C. der Quantität der zerſetzten Luft ausmacht. Dieſes geſchieht mit weißem Phosphor nie.

4) Das Licht reducirt Metalle, d. h. hebt ihre Verbindungen mit den Säuren auf. Taucht

*) Das hieſige phyſic. Cabinet beſitzt eine Glaskugel mit ſehr ſchön dendritiſch angeſchoſſenem braunen Phosphor, den ich vor etwa 11 Jahren mit großer Gefahr in einem geheitzten Ofen zubereitete.

man ein weißes seidenes Band oder ein Stück Papier in eine verdünnte Gold- oder Silber-Auflösung und läßt es (noch feucht) den Sonnenstrahlen ausgesetzt, so färbt sich in einigen Minuten die Goldsolution violet, die Silbersolution braun. Späterhin zeigen sich Punkte von reducirtem Gold oder Silber, welche nach und nach sich über die ganze Fläche verbreiten. Mit einem schwachen Brennglase beschleunigt man diese Reduction sehr. Durch Wasserstoffgas, Kohle, Phosphor ꝛc. bewirkt man ganz ähnliche Reductionen; sie werden aber durch das Licht sehr befördert. Durch bloße Hitze findet diese Reduction nicht Statt; diejenige, welche der Graf Rumford über eine Lichtflamme erhielt, ist dem Wasserstoff und Kohlenstoff, der aus der Flamme entweicht, zuzuschreiben.

5) Am Sonnenlichte liefern die grünen Theile der meisten Pflanzen Sauerstoffgas. Das Resultat der vielen Versuche Sennebiers und besonders des jüngern Saussure beweisen unwidersprechlich, daß diese Gaserzeugung eine Zersetzung der Kohlensäure im Färbestoffe der Pflanze ist. Auch mit Lampenlichte glückt diese Zersetzung, aber viel langsamer, daraus erklärt sich die Nutation der Pflanzen.

6) Wenn man das Sonnenlicht anhaltend auf ein Glas Wasser fallen läßt, so zeigt sich an der innern Glaswand eine grüne Materie (nach ihrem ersten Beobachter priestleysche Materie genannt), welche ein wahres zu dem Geschlechte der Conferven gehöriges Gewächs ist. Nur durch Sonnenlicht ist man im Stande dieses Phänomen zu erzeugen.

§. 900.

Aus diesen zahlreichen Versuchen ist man also berechtigt, eine materielle Ursache, einen Stoff, anzunehmen, welcher den Lichtphänomenen zum Grunde liegt. Allein mehrere Physiker, worunter vorzüglich Lavoisier und seine Nachfolger, scheinen geneigt, den Lichtstoff als modificirten Wärmestoff anzusehen, oder umgekehrt, weil die Phänomene der Wärme und des Lichts sehr oft in einander verstrickt sind, weil anerkannte Wärme und anerkanntes Licht oft gleiche Wirkungen erzeugen. Bleiben wir aber bei dem §. 11. festgesetzten Begriff von heterogenen Stoffen, so zeigt sichs gleich, daß Lichtstoff und Wärmestoff heterogen sind; denn obgleich große Grade der Hitze (ein Anfang von Verbrennung) die Farbe aller Hölzer auch verdunkelt, so bleicht die Wärme doch das Guajac, die Eiche, die Ceder nicht; sie bleicht die vegetabilischen Tincturen und die Zeuge nicht; sie macht den Phosphor nicht braun; sie zersetzt zwar die oxygenirte Salzsäure, aber die vollkommene Salpetersäure nicht; sie zerlegt den Phosphor nicht, sie ertheilt ihm die Eigenschaft sich zu crystallisiren, und eine neue Luftart zu entwickeln, nicht; sie reducirt das Silber nicht; sie zerlegt die Kohlensäure nicht und erzeugt die priestleysche Materie nicht. Rumford zwar glaubt diese Beweise dadurch zu schwächen, daß er annimmt, daß die Wärme in den sehr vertheilten Körpern (als z. B. in den Metallsalzen) große Grade von Hitze erzeugt, die das Thermometer nicht anzeigt, und welche diese Phänomene erzeugen können. Dieser Einwurf ist zwar auf viele der angeführten Versuche anwendbar, aber auf die mit dem Phosphor durchaus nicht. Denn da

das Licht den Phosphor in seiner ganzen Masse färbt und zersetzt, so müßte diese hohe Temperatur durch dessen Schmelzung nothwendig sichtbar werden. Jeder Theil desselben muß also eine niedrigere Temperatur haben, als die Schmelzhitze, und dennoch wird der Phosphor nicht einmal durch seine eigene weit größere Siedhitze braun. Eine ähnliche Schlußfolge paßt auf die Zersetzung der Flüssigkeiten. Die rumfordsche Bemerkung erlaubt uns also nur zu schließen, daß die durch das Licht erzeugte Wärme die Veränderungen der Körper durch das Licht befördert, welches nicht nur die allgemeine Analogie für sich hat, sondern auch noch einige der obigen Versuche.

§. 901.

Schon die Versuche über die Zerlegung des weißen Lichtstrahls in farbigte Strahlen berechtigen uns (§. 864.) anzunehmen, daß der weiße Lichtstrahl aus mehreren farbigten Strahlen bestehe. Folgende Versuche werden diesen Satz auch in Rücksicht auf Affinität bestärken:

1) Wenn man das Farbenbild des Prisma auf Silberauflösung fallen läßt, so geschieht die Färbung, da wo die violetten Strahlen fallen, schnell, langsam aber, wo die rothen fallen; in der Mitte schneller oder langsamer nachdem die Stelle dem violetten oder dem rothen Strahle näher ist.

2) Läßt man Sonnenlicht durch gefärbte Gläser auf salzsaures Silber oder auf Tincturen, die sich entfärben, fallen, so ist die Wirkung durch violette oder blaue Gläser am stärksten und schnellsten, durch rothe am schwächsten und langsamsten.

Dabei ist zu bemerken, daß die violetten Strah-

len des Farbenbildes am wenigsten leuchten, die rothen am meisten, und daß also die größere oder kleinere Intensität der chemischen Wirkung nicht der größern oder kleinern Intensität der Farben zuzuschreiben ist. Es giebt also nicht bloß einen Lichtstoff, sondern vielmehr eine Anzahl von reinen Farbestoffen, deren Zusammenwirkung das weiße Licht erzeugt. Das weiße Licht ist also eine zusammengesetzte Substanz; ob sie eine chemische Zusammensetzung ist, läßt sich nicht leicht entscheiden. Das Phänomen, daß die Farbenstrahlen des prismatischen Spectrum, im Brennraume einer Linse vereinigt, weißes Licht hervorbringen, hingegen aber hinter diesem Brennraume mit ihren eigenthümlichen Farben erscheinen, ist dagegen, und deutet auf ein bloßes Beisammenseyn dieser Stoffe im weißen Lichte.

§. 902.

Bei der Erklärung der Lichtphänomene müssen wir also überall die chemischen Ansichten zum Grunde legen; bei allen diesen Erscheinungen müssen wir Stoffe statuiren, welche vermöge der Affinität der ersten Art durch andere Stoffe wandern, oder vermöge der Affinität der zweiten Art sich mit ihnen binden. So sicher begründet diese Ansicht ist, so ungewiß sind wir aber über den Aggregatzustand der Lichtstoffe. Wir können sie weder als feste Körper in einzelnen Theilchen betrachten, noch als eine Flüssigkeit, eben so wenig als den Wärmestoff. Die über alle Vorstellung weit gehende Feinheit dieser Stoffe, deren stärkste Ansammlung allen unsern Wagen entgeht, die wir also immer noch als imponderabel ansehen müssen, erlaubt uns nicht, die Begriffe von concreten Substan-

zen und von Flüssigkeiten, welche nur auf die gröbere Materie passen, hier anzuwenden. Diese Ungewißheit läßt daher manche Dunkelheit in den Lichtphänomenen zurück, die sich wahrscheinlich nie aufhellen wird. So werden wir z. B. nie wissen, was in mechanischer Rücksicht geschieht, wenn Lichtstrahlen sich kreuzen, und also nie begreifen, wie in der Camera obscura oder im Focalraume einer Linse unzählige Lichtstrahlen sich kreuzen können, ohne ihre Ordnung zu verlieren. Die wohlberechnete Ausflucht, daß die Theile des Lichtstoffs discrete Theile sind, welche 2- bis 3000 Meilen auseinander stehen können, ohne daß die scheinbare Continuität des Lichtstrahls unterbrochen würde, ist sehr sinnreich, aber doch nur — eine Ausflucht. *)

B. Wirkungsart der Lichtmaterie in den optischen Phänomenen.

§. 903.

Sehr mannichfaltig sind die Hypothesen oder vielmehr die Systeme von Hypothesen, welche zur Erklärung der Phänomene des Lichts und der Farben erdacht worden sind. Indeß lassen sie sich alle ziemlich auf drei solche Systeme zurückführen, welche alle drei als Denkmäler des Scharfsinnes ihrer Urheber in der Physik ihren Platz beibehalten werden. **)

*) Daher müssen wir die freilich sehr unbestimmte Vorstellungsart der Lichtmaterie, als von Strahlen, beibehalten, und es unentschieden lassen, ob der Strahl überhaupt ein Continuum oder nur der Weg der Lichtmaterie ist.

**) Dagegen können die metaphysischen Systeme über die Reflexion und Refraction, welche von Fermat, Leibnitz, Maupertuis versucht worden sind, hier keinen Platz finden, weil sie nicht physikalisch, sondern nur teleologisch sind.

§. 904.

Descartes sieht das Licht als eine im Universum allgemein verbreitete Materie (sein zweites Element) an. Dieses Element wird durch die beständige Bewegung des ersten Elements in Bewegung gesetzt, einmal geradlinicht, dann auch rotatorisch. Aus dem Verhältnisse dieser beiden Bewegungen zu einander läßt er die Farben entstehen. Die Brechung sucht er, aber vergeblich, aus mechanischen Gesetzen herzuleiten, so wie auch P. Maignan, Barrow, Johannes Bernoulli und Andere.

§. 905.

Huygens ging von diesen ihm zu grob vorkommenden mechanischen Vorstellungsarten ab, und stellte statt derselben eine feinere Mechanik des Lichts auf, welche Euler 36 Jahre nachher wieder aufnahm, modificirte und mit sehr scharfsinnigen Rechnungen unterstützte; sie ist daher unter dem Namen des eulerschen Systems bekannt. In diesem System wird eine im Universum verbreitete, sehr feine, elastische, flüssige Materie (Aether) statuirt. Das Leuchten der Körper, welches in einem Zittern ihrer Theile gesetzt wird, bewegt den Aether in Schwingungen, wie ein schallender Körper die Luft; die Succession dieser Schwingungen macht den Lichtstrahl aus. Die Brechung wird dadurch erklärt, daß die Wellen des Äthers, wenn sie schief auf einem Körper anstoßen, auf einer Seite früher, als auf der andern, den Körper treffen, und also ihre Richtung ändern müssen. Das Wesen der Farben besteht in der Geschwindigkeit der Wellen oder Vibrationen. Bei schneller erfolgenden Vibrationen entsteht die rothe, bei langsam erfolgen-

den Vibrationen die violette Farbe. (Nachher hat Euler selbst das Gegentheil angenommen.) In diesem Systeme sind leuchtende Körper solche, welche unmittelbar den Äther in Vibration setzen; Spiegel solche Körper, welche die Vibrationen durch mechanische Zurückwerfung reflectiren; farbigte Körper sind solche, welche an ihrer Oberfläche selbst in Vibration gerathen, und neue, ihrer Farbe zukommende, Vibrationen dem Äther mittheilen; durchsichtige Körper endlich sind solche, welche die Vibrationen durch ihre Substanz fortpflanzen.

§. 906.

Beleuchtet man das eulersche System durch Anwendung desselben auf alle Lichtphänomene, so stößt man auf so viele Schwierigkeiten, daß der bloße Optiker schon keine völlige Befriedigung erhält. Der Physiker, der allgemeine Übereinstimmung sucht, kann dieser Vorstellungsart noch weniger beipflichten. Er weiß z. B., daß wenn ein Schall durch eine Öffnung in einen Raum dringt, die Vibrationen desselben an dieser Öffnung sich nach allen Richtungen ausbreiten, nicht so die Lichtstrahlen, die entweder ihren Parallelismus und ihre Divergenz behalten oder ihre Convergenz in Divergenz verwandeln, nachdem sie sich durchkreuzt haben. Von Seiten der Affinitätsphänomene ist vollends Eulers System ganz unhaltbar. Denn wenn die Materie des Lichts das Universum, also jeden unsrer Räume, erfüllt, und das Phänomen des Lichts nur Bewegung dieser ruhigen Materie ist, warum wirkt diese ruhige Materie im Ruhezustande nicht chemisch?

§. 907.

Newton stellte das dritte System auf, drang tie-

fer als seine Vorgänger und Zeitgenossen, und selbst als Euler, in die Geheimnisse der Lichterscheinungen ein. Das Wesentliche davon besteht in Folgendem: Das Licht ist eine Materie, welche aus dem für sich leuchtenden Körper emanirt (daher der Name des Emanationssystems, wie das eulersche den Namen des Vibrationssystems führt). Diese Materie äussert Anziehung gegen alle übrige Materie und leidet auch eine Repulsion von derselben. Die Anziehung des Lichts zum Glase erzeugt die Brechung des Lichts und die Reflexion von der hintern Fläche, und zwar die letztere nur für die Fälle, da sie wirklich Statt findet, wie in §. 833. gezeigt worden ist. Es sey, Fig. XXXV., PQRS eine Glasplatte mit parallelen Gränzflächen, yx und tu die Gränzen, da das Licht anfängt vom Glase angezogen zu werden. Kommt der schiefe Strahl AB an diese Gränze, so muß sein Weg Bc wegen der Anziehung des Glases, die in senkrechter Richtung auf die Oberfläche PQ wirkt, krummlinicht werden, da er in jedem Punkte zwischen xy und PQ eine neue Anziehung leidet, und die Bestimmung der krummen Linie Bc hängt von dem Verhältnisse der Anziehung zu der Geschwindigkeit, die der Strahl hat, nach dem Grundsatze des Parallelogramms der Kräfte, ab. Innerhalb des Glases geht der Strahl geradlinicht nach d; beim Austritte aber wird er durch die Anziehung des Glases wieder gebogen, indem er die entgegengesetzte und gleiche Krümmung dE erhält; von E aus, wo das Glas auf ihn nicht mehr wirkt, muß er geradlinicht in der Tangente der krummen Linie dE, im Punkte E, längs EF fortgehen, und EF muß, aus den gewöhn-

lichen ſtatiſchen Gründen mit BA parallel ſeyn. Iſt die Neigung des Strahls (GB) ſo klein, daß, wenn er in k angelangt iſt, irgend ein Element m ſeiner Krümmung km mit der Ebene SR parallel wird, ſo muß der Strahl, durch das Glas immer angezogen, in der krummen Linie mH ſich umbiegen und im Glaſe die Richtung HI annehmen, das heißt dem Scheine nach zurückgeworfen werden; und da der Theil Hm der Krümmung dem Theile km vollkommen gleich iſt, ſo iſt der Winkel IHS = ikR. Die hier wirkende Anziehung des Glaſes iſt eigentlich der Unterſchied zwiſchen deſſen Anziehung und der Anziehung des umgebenden Mittels, daher wird der Strahl bei ſeinem Eintritte aus Luft ins Glas auch über PQ hinaus noch gebogen, und vor ſeinem Austritte innerhalb SR.

§. 908.

Da in dieſer Darſtellung des Phänomens der Brechung, welche den wirklichen Erſcheinungen ſo ſchön entſpricht, die Brechung bloß von der Geſchwindigkeit des Strahls, und der Geſchwindigkeit, mit welcher er zwiſchen yx und PQ angezogen wird, abhängt, ſo iſt's nothwendig, daß für alle Einfallswinkel das Verhältniß der Brechung für einerlei Mittel beſtändig daſſelbe bleibe. Auch wird dieſer Satz des Snellius immer Statt finden, nach welchem Geſetze die Acceleration des Strahls durch das brechende Mittel Statt finden möge.

Durch dieſe Anſicht des Phänomens liefert Newton einen reinen Begriff der brechenden Kraft. Sie iſt nach ihm die Kraft, mit welcher der Strahl ſenkrecht gegen das brechende Mittel angezogen wird,

und zwar nimmt Newton für ihr Gesetz dasselbe als das der Gravitation an. Es sey, Fig. XXXIV. BD die brechende Ebene, AC der einfallende Strahl, CE der gebrochene Strahl, das Verhältniß der Brechung oder GA : EF = m : n. Es sey ferner CH die Verlängerung von AC. Man zerlege die Bewegung des Strahls in die parallele und die senkrechte AG und GC. Trifft der Strahl in C, so bleibt GA unverändert; nur GC und KH verändert sich und wird LE; das heißt: wenn der Strahl CE mit derselben senkrechten Kraft LE sich bewegte, so würde er, in der Zeit t, in welcher er den Raum AC im vorigen Mittel zurücklegte, nun den Weg KI durchlaufen, da CK = AG unveränderlich ist. Es ist aber $EF = \frac{n}{m}$ und in der angenommenen Hypothese der Acceleration wird die Kraft durch die Quadrate der beschriebenen Wege ausgedrückt, also die für den Weg EF durch $\frac{n^2}{m^2}$. Demnach ist $LE^2 = 1 - \frac{n^2}{m^2} = \frac{m^2 - n^2}{m^2}$. Es ist aber $KI^2 : LE^2 = KC^2 : LC^2$ und KC : LC = m : n; also $KI^2 = \frac{m^2 - n^2}{n^2}$. Da nun in diesem Ausdrucke nur die beständigen Größen m und n vorkommen, so gilt dieser Ausdruck von KI^2 für alle Einfallswinkel, folglich auch für den Fall, da A' CA = 90° oder ACB = o, da dann KI die reine Acceleration des Strahls durch das brechende Mittel und demnach KI^2 die brechende Kraft ausdrückt, welche also

$= \frac{m^2 - n^2}{n^2}$ ist, ein Ausdruck übrigens, der nur die Verhältnisse für brechende Kräfte von verschiedenen Mitteln liefern kann. Es sey z. B. für Glas aus der Luft $m = 31$, $n = 20$, für Schwefelsäure aus der Luft $m = 10$, $n = 7$, so ist die Brechungskraft des Glases zu dem der Schwefelsäure $= \frac{31^2 - 20^2}{20^2} : \frac{10^2 - 7^2}{7^2} = \frac{561}{400} : \frac{51}{49}$ ungefähr $= 1{,}402 : 1{,}041$.

§. 909.

Newton erklärt die Zurückstrahlung durch die undurchsichtigen Körper, und die Reflexion an der vordern Fläche der durchsichtigen durch die Annahme einer Repulsion, welche diese Körper gegen das Licht äussern. Es sey, Fig. XXXV., PQ die Fläche, yx die Gränze, wo diese Repulsion anfängt, KL ein schiefer Strahl. Durch die Repulsion wird er von seinem geradlinichten Wege abgelenkt und beschreibt die krumme Linie Ln, deren Element n endlich mit PQ parallel wird; demnach muß diese Curve sich auf der andern Seite fortsetzen, und die andere Hälfte n m der erstern vollkommen gleich seyn, mithin der Strahl Mn von M an geradlicht fortgehen und den Winkel $PnN = KnQ$ machen.

§. 910.

Die Beugung der Lichtstrahlen hat Newton unerklärt gelassen, und nur in den seiner Optik angehängten Fragen als Problem aufgeworfen: Ob die Körper nicht schon in meßbaren Entfernungen durch Repulsion und Attraction wirken; ob die Strahlen von

verschiedener Brechbarkeit nicht auch eine verschiedene Biegbarkeit haben, und ausserdem mehrmals hin und her auf eine schlangenförmige Art gebogen werden?

§. 911.

Für die Farben im Lichte nimmt Newton besondere Farbestrahlen an, welche zusammen das weiße Licht bilden. Die Richtigkeit dieser Annahme, einer der größten Erfindungen Newtons, ist schon, sowohl in chemischer als in optischer Rücksicht, gerechtfertigt worden. Für die Farben der Körper nimmt Newton an, daß z. B. ein rother Körper nur die rothen Strahlen des Lichts zurückwerfe, die übrigen aber verschlucke. Wie aber dieses Verschlucken Statt findet, hängt von seiner Vorstellungsart über die sogenannten Farben der dünnen Körper ab.

§. 912.

Aus den Phänomenen der Farbenringe zwischen zwei Objectivgläsern und den übrigen dahin gezogenen schließt Newton, daß die Farben der Körper von der Dicke der Lamellen, woraus sie bestehen, abhängt, indem er geradezu annimmt, daß z. B. die rothe Farbe einer gewissen Dicke der Luftschichte in diesem Phänomen zukommt. Daß jenseits der Objective und Prismen auch Farbenringe sichtbar sind, und daß mehrere concentrische Kreise mit allen Farben Statt haben, wodurch also mehrere Dicken der Luftschichte jeder einzelnen Farbe zukommen, sucht er dadurch zu erklären, daß bei dem Durchgange durch sehr dünne Schichten ein Theil des Lichts durchgelassen, der andere aber reflectirt werde, welches er Anwandlungen des leichtern Durchganges und der leichtern Zurückwerfung (Vices facilioris transmissionis vel refle-

xionis) nennt. Endlich vermuthet er, daß der Unterschied der Farbestrahlen in der Größe ihrer Theile bestehe, daß die violetten Strahlen die kleinsten, die rothen die größten Theile haben.

§. 913.

Dieses newtonsche System, dessen ganze Schönheit nur aus den Werken dieses unsterblichen Philosophen gehörig eingesehen werden kann, enthält dennoch viele willkührliche Annahmen, ja sogar solche, welche im offenbaren Widerspruch mit einander stehen, und bedarf also einer strengen Critik, welche im Folgenden besteht:

§. 914.

Newton verwirft die einfache mechanische Hypothese der Reflexion nach der Lehre des Stoßes der elastischen Körper aus zwei Gründen. Der eine ist die Unebenheit auch der polirtesten Flächen. Diese Unebenheit ist allerdings nicht zu läugnen. Allein sind die Erhöhungen und Vertiefungen auf einer Spiegelfläche groß genug, um nach der Lehre des Stoßes Irregularitäten in der Zurückstrahlung hervorzubringen, werden sie es nicht auch seyn, wenn wir die Zurückstrahlung durch die Repulsion entstehen lassen. Es sey AB Fig. XXXVI. die seynsollende Ebene des Spiegels, die aber mit Berg und Thal durchgewühlt ist. Der Strahl EF wird allerdings nicht nach G als von der Ebene AB zurückgeworfen, sondern, weil er auf die schiefe Fläche CHD fällt, nach I. Allein, wenn kcd die Gränze der Wirkung der Repulsion der Flächen KCD ist, so muß der Strahl EH dieselbe Richtung HI nehmen, da die Repulsion in senkrechten Wirkungen sich äussert, wie die Elasticität. Der

zweite Grund ist die scheinbare Reflexion der hintern Seite der durchsichtigen Körper. Aber da Newton selbst, durch die wichtigsten Beobachtungen geleitet, bewies, daß sie eine Refraction ist, so konnte er sie nicht mehr zu den wahren Reflexionen zählen. *) Denn sollte man sie dazu zählen dürfen, so müßte sie unter allen Neigungswinkeln, wie jene, Statt finden.

§. 115.

Von diesen zwei Gründen gedrängt, statuirte Newton die Repulsion zur Erklärung der wirklichen Reflexion, **) und sucht das Daseyn dieser Repulsion durch das Phänomen der Beugung zu rechtfertigen. Betrachten wir die Reflexion und die Refraction an einer und derselben Stelle eines durchsichtigen Mittels, so muß man nach dem Systeme Newtons anneh-

*) So muß auch sein delicater Versuch (Opt. Lib. I, Pars I, propos. 2, exper. 9) genommen werden, wodurch Newton zeigt, daß die blauen und violetten Strahlen, unter verschiedenen von einander wenig abweichenden Neigungen gegen die reflectirende Fläche, früher reflectirt werden, als die orangefarbenen und rothen. Seine sogenannte reflectirende Fläche war die hintere Seite eines Prisma. Mit einem Spiegel würde dieses nicht geschehen, wie überhaupt keine Farbenzerstreuung durch die Spiegel, auch durch die nichtebenen, Statt findet; welches überhaupt eine bedeutende Einwendung gegen die Hypothese der Repulsion ist, da heterogene Strahlen, welche verschiedene Anziehungen zeigen, auch verschiedene Repulsionen äussern sollten, und mithin die Hohlspiegel in ihrem Focalraume dieselben Farbensäume zeigen sollten, als die convexen Linsen in dem übrigen.

**) Man hat Newton rechtfertigen wollen, indem man sagte, daß er die Repulsion nicht förmlich statuire; aber wenn das nur ein Schema für die Construction seyn soll, was sagt uns das Schema? Was lernen wir daraus? Etwa daß der einfallende Strahl eine krumme Linie beschreibt und die Ebene nicht berührt? — Sollen wir das glauben, so muß es bewiesen werden. Oder ist die Attractionstheorie für die Brechung auch nur ein Schema?

men, daß eben dieselbe Materie an eben demselben sichtbaren Orte das Licht anziehe und zurückstoße. Für eine solche Behauptung, welche die Logik durchaus verwirft, steht ein einziges Faktum als Analogie da, ein Phänomen, das viel zusammengesetzter ist als das, welches es erklären soll.

§. 916.

In der bloßen Dioptrik erscheint Newton wieder als Meister in der Kunst logisch und mathematisch zu schließen; sein Schema der Construction ist vollkommen, mit allen Phänomenen harmonirend, und setzt nur eine Ursache voraus, die Attraction, welche sich als allgemeines Gesetz in der ganzen Natur unter tausenderlei Gestalten zeigt. Durchgeführt durch die Erscheinungen der Farben im Lichte, erhält dieses Schema die kräftigste Bestätigung, und zeigt sich mit allen Kennzeichen der Wahrheit.

§. 917.

Die Phänomene der Farbenringe zwischen den Platten, Prismen und Objectivgläsern sind aber wieder eine neue Klippe dem scharfsinnigen Beobachter, und zwar bloß wegen seiner Idee der Reflexion, gewesen. Er fühlte die Schwierigkeit, das gleichzeitige Durchgehen und Zurückprallen des Lichts in so dünnen Räumen zu erklären, und zwar auf Oberflächen von sehr meßbarer Breite. Daher die Idee der Anwandlungen des leichtern Durchgehens und Zurückstrahlens, welche eigentlich nur eine Wiederholung der Anziehung und der Repulsion ist. Consequent ist der Schluß aus diesen Prämissen, daß die Luftschichten von gewissen Dicken die Farbe bestimmen, und daß also eine solche Schichte eigentlich ein gefärbter Kör-

per ist; aber wahrlich nicht mit den Phänomenen übereinstimmend; denn wenn man diese Farbenbilder sehr schräge ansieht, so erweitert sich ihr Durchmesser, und umgekehrt, wenn man sie weniger schräge ansieht. Wären die Luftlamellen als ein gefärbter Körper anzusehen, so müßte das Gegentheil nach den Regeln der Perspective geschehen. Denn, fragt sich's, warum z. B. eine dünne Luftschichte von 9 Millionentheilchen und eine von 18,3, beide roth sind, wenn die Farbe von der Dicke abhängt, und warum eine dritte Schichte, z. B. von 14 solchen Theilchen, blau ist? Und dieses ist der Fall, wenn man die Farben verschiedener Ringe oder Abtheilungen nimmt.

§. 918.

Die Beugung des Lichts und die sie begleitende Farbensäume hat Newton ganz unerklärt gelassen, und nur Muthmaßungen in seinen Fragen hingeworfen. Sein richtiger Blick mag es ihm gesagt haben, daß man durch Anhäufung der Hypothesen für jedes neue Phänomen nichts erklärt.

§. 919.

So stand es bis jetzt um die Erklärung der Lichterscheinungen. Nun gehen wir zu einem vierten, neuen Systeme über, dessen Vortrag am deutlichsten seyn wird, wenn wir zuerst die verwickeltesten Phänomene auf einfachere zurückführen, und dann diese auf allgemeine Naturgesetze. Schon sind die Erscheinungen der Farben der durchsichtigen Körper, §. 876., und der opalisirenden Körper, §. 877., auf die gewöhnlichen Phänomene der Zurückwerfung und der Brechung reducirt. Dasselbe muß nun mit der Beu-

gung und mit den Farben der dünnen Körper geschehen.

§. 920.

Wenn man einen Lichtstrahl durch eine durchsichtige Flüssigkeit von ab- und zunehmender Dichtigkeit durchgehen läßt, so wird er nicht nur gebrochen, wie bei der Lehre der Horizontalrefraction gezeigt worden ist, sondern er wird auch in die gewöhnliche Farbestrahlen zerlegt.

† 1) Man nehme eine argandsche Lampe mit einem flachen Dochte *), und lasse ihr Licht durch eine horizontale Öffnung von etwa 5 Linien Länge und $\frac{1}{10}$ Zoll Breite durchgehen. In Fig. XXXVII. sey F die Flamme, EE die Platte, in welcher die horizontale Öffnung sich befindet; FE = $3\frac{1}{2}$ Zoll. In der Entfernung von 1 Zoll sey ein viereckigtes Glasgefäß mit parallelen Seitenflächen, dessen innere Breite cc = $1\frac{1}{2}$ Zoll. Füllt man dieses Gefäß mit irgend einer klaren Flüssigkeit, so wird der Strahl sich auf einer weißen Ebene LG ungebrochen abbilden, desto größer und schwächer, je größer die Entfernung CH ist. Füllt man aber das Gefäß unten in A, z. B. mit Salzwasser, oben in B mit gemeinem Wasser, wie es bei der Lehre der Affinität geschehen ist, so daß CC′ die Gränze zwischen A und B, und gerade in der

*) Das hiesige Cabinet besitzt eine solche Lampe, deren Licht stärker und weißer ist, als alles, was ich von den besten argandschen Lampen je gesehen habe. Ich bediene mich ihrer oft zu optischen Versuchen, wenn ich die Sonnenstrahlen nicht haben kann, welches, leider, hier zu Lande sehr oft der Fall ist.

Höhe der Öffnung in der Platte CE sey, und hält man die Fläche L G in verschiedenen Entfernungen von dem Gefäße, so wird man jederzeit, in jeder Entfernung der Fläche L G, das Licht gebrochen und in Farben zerlegt erhalten; am deutlichsten und klarsten wird das Farbenbild G erscheinen, wenn CH = 27 Zoll. Man unterscheidet hier eben so rein, als im Farbenbilde des Prisma, die Farbenfolge, welche hier die rothen Strahlen oben hat, die grünen in der Mitte, die violetten unten, ganz den Graden der Brechbarkeit der Farbenstrahlen gemäß. Die Mitte g des Bildes war um 6,5 Zoll unter H; mithin betrug der Winkel HC'g 13° 32'.*)

Dieser höchst wichtige Versuch kann für den Satz, daß die Brechung und Zerlegung des Lichts durch Anziehung geschieht, als ein Experimentum crucis angesehen werden. Denn der Strahl fällt hier senkrecht auf die brechende Ebene, wird aber doch durch das

*) Bei Wiederholung dieses Versuches mit einem ganz besonders dazu geeigneten Apparate, deren Glasflächen vollkommen parallel und 20½''' par. im Lichten von einander entfernt sind, fand sich die mittlere Brechung zu Anfang = 21° 25'. Dabei zeigte es sich, daß sie mit der Zunahme der Mischung des Wassers und des Salzwassers abnimmt, wie es theoretisch zu erwarten ist. Höchstinteressant ist der Versuch, wenn man statt des gesättigten Salzwassers Weingeist nimmt. Die Brechung geht hier nach oben, da der Weingeist stärker bricht, als das Wasser; aber es giebt kein reines Bild, wie im vorigen Versuche, sondern zwei, drei, auch zuweilen vier durch dunkle und helle Räume von einander abgesonderte matte Bilder, welche aus einander entstehen und sich allmählig von einander entfernen: Ein äußerst schönes Bild, in welchem man gleichsam die chemische Wanderung der Stoffe vergrößert sieht.

Mittel gebrochen, deſſen horizontale Schichten ſich nur durch verſchiedene Dichtigkeiten von einander unterſcheiden.

† 2) Legt man bei dem vorigen Apparate das Auge in G an die Stelle der Fläche L G, ſo erhält das Auge alle farbigte Strahlen mit ſehr lebhaftem Eindrucke, aber in umgekehrter Ordnung, nämlich die violetten und blauen oben, die rothen und gelben unten, weil dieſe Strahlen aus verſchiedenen Punkten ihres krummlinichten Weges D C′ in der Flüſſigkeit kommen, und alſo dem Auge in umgekehrter Ordnung erſcheinen müſſen, da ſie als vom Lichte directe kommend erſcheinen; völlig wie bei dem Prisma.

§. 920.

Wenn Licht auf einen Körper fällt, ſo lehrt die gemeinſte Erfahrung, daß er erwärmt wird. Seine Oberfläche, welche die Erwärmung unmittelbar erhält, muß die größte Temperatur haben. Dieſe Oberfläche theilt ihre Wärme der umgebenden Luft mit, ſo auch andern umgebenden Flüſſigkeiten, und die Weite dieſer Fortpflanzung der Wärme von der Oberfläche des Körpers ins Mittel, richtet ſich nach der Leitungsfähigkeit des Mittels. Luft, als der ſchlechteſte Leiter unter den Flüſſigkeiten, wird dieſen Wirkungskreis der Wärme am meiſten einſchränken, Waſſer, Öhle ꝛc. weniger; der ſtrahlende Wärmeſtoff thut hier nichts, eben weil er ſtrahlend iſt. Es bildet ſich alſo an der Oberfläche jedes erleuchteten Körpers eine Hülle von erwärmter Luft, Waſſer, Öhl ꝛc., die aus parallelen Schichten von ungleicher Tempera-

tur besteht, die an der Fläche zunächst liegenden die wärmsten. Die Grade der hier erzeugten Temperatur können nicht gering seyn, da, §. 783., kleine Massen hohe Grade von Wärme bekommen, welche das Thermometer seiner Masse wegen nicht messen kann. Wenn also das Licht die Oberfläche eines Körpers erwärmt hat, so gehen die folgenden Strahlen durch Mittel von verschiedenen Temperaturen, also von verschiedenen Dichtigkeiten, folglich von verschiedenem Brechvermögen. Und die Unterschiede müssen in den Mitteln, welche die kleinste Leitungsfähigkeit für die Wärme haben, also in Luft, am größten seyn, und so auch die Brechung und Zerstreuung. Schon die horizontale Strahlenbrechung liefert Phänomene, welche bloß von einer durch Sonnenstrahlen erleuchteten Wand herrühren.

§. 920.

Es sey nun, Fig. XXXVIII. A ein dünner cylindrischer Körper (das Menschenhaar in Newtons Versuche), auf welchen Lichtstrahlen von der Seite X fallen, so wird dieses erwärmt; und da seine Dicke sehr klein ist, so wird seine ganze Temperatur beträchtlich erhöht. Es bilden sich also um ihn herum concentrische Luftschichten von abnehmender Dichtigkeit von aussen nach innen *) (welche hier durch die gezeichneten concentrischen Halbkreise vorgestellt werden). Es sey nun fa ein Strahl, der in gerader Richtung eben am Rande des Haars vorbeigehen würde, ge ein anderer aber weiter abstehender paral-

*) Sind auch diese Schichten von der Seite Y nicht ganz mit dem Durchschnitte A des Haars parallel, sondern dort etwas enger zusammen gezogen, so thut es im Ganzen nichts.

leler Strahl, hi ein dritter, und so fort; so ists offenbar, daß wenn wir fürs erste, die Zerlegung des weißen Lichts bei Seite setzen, der Strahl ab, indem er schief in die concentrische Luftschichten von verschiedener Dichtigkeit tritt, und von dem Perpendikel auf diese Schichten sich entfernen muß, von dem Haare in der Richtung a c abgelenkt wird. Von c aus tritt er in dichtere Schichten, muß also dem Perpendikel durch diese Schichten genähert werden, und folglich in der Richtung c b fortgehen, mithin noch mehr dem Haare ausweichen. Ist er aus dem Wirkungskreise der Wärme des Haars, so muß er dann geradlinicht nach B gehen. Der zweite Strahl g e und der dritte h i werden eine ganz ähnliche Brechung erleiden; aber da sie weiter vom Haare abstehen, so kommen sie durch weniger Schichten und von andern Dichtigkeiten, deren Unterschied auch kleiner ist. Sie werden also, je weiter sie ursprünglich vom Haare abstehen, je weniger gebrochen; also müssen die Strahlen g e und h i sich selbst und den ersten Strahl durchschneiden. Mithin kommt g e durch K nach D, und h i durch o nach E. Es entsteht also hinter dem Haare über E ein Schatten, der breiter ist, als er seyn sollte, und zwischen E und D, so wie zwischen D und B, auch Schattenstellen. Wäre das Verhältniß der Dichtigkeiten der Luftschichten bekannt, so ließ sich daraus die Breite der Schatten theoretisch berechnen, so wie umgekehrt aus der Breite der Schatten die Brechungsverhältnisse.

§. 921.

Die Zerstreuung des weißen Strahls in farbigte Strahlen, im Phänomen der Beugung, geht nach

eben diesem Gesetze vor. Es sey a der Eintritt des Strahls fa in die concentrische Luftschichten von abnehmender Dichtigkeit. Hier fängt die Zerlegung an, und je weiter der Strahl kommt, desto mehr gehen die farbigten Strahlen aus einander, nicht bloß durch den ursprünglichen Winkel, den sie bei a mit einander machen, sondern, und besonders, weil sie in immer dünnere Schichten und von größern Dichtigkeitsunterschieden kommen, und also bei jedem Übergange eine neue und immer stärkere Brechung erleiden. Da die rothen Strahlen am wenigsten, die violetten am meisten brechbar sind, so werden jene bei c näher am Haare liegen, die violetten weiter, die grünen in der Mitte; wenn also diese Strahlen von c aus geradlinicht fortgingen, so würde der rothe näher am Schatten, der violette weiter von ihm abliegen, wie es im Versuche 1, §. 920., der Fall war. Aber auf dem Wege nach b werden sie noch gebrochen, und zwar dem Perpendikel zu. Da der rothe Strahl weniger brechbar ist, der violette mehr, so wird der rothe Strahl von a nach b eine convexere, der violette eine minder convexe Krümmung erhalten. Folglich müssen sich diese zwei äussersten Strahlen irgendwo in d durchschneiden, und so auch die mittleren Farbestrahlen. Folglich tritt nun der violette Strahl bey B näher am Schatten, der rothe aber entfernt sich mehr davon. Also muß der Saum in B, und so auch die übrigen in D und E, die violetten und blauen Farben dem Schatten am nächsten, die rothen aber am weitesten darstellen; welches genau mit den, §. 885. angeführten, Versuchen übereinstimmt. So ergiebt es sich, durch welchen Mechanismus die brechbarsten Strahlen am

wenigsten beugbar (§. 886.), die am wenigsten brechbaren am meisten beugbar erscheinen. So erklärt es sich, warum im Phänomene der zwei Messerklingen (§. 885. 5.) die innern Säume zuerst verschwinden, wenn der Zwischenraum der Klingen kleiner als $\frac{1}{400}$ Zoll wird.

§. 922.

So einfach construirt sich überhaupt dieses ehemals so räthselhafte Phänomen aus den einfachen Gesetzen der Brechung, und eben so einfach ist die Anwendung auf einzelne Fälle. Zwei nahe an einander gerückte scharfe Messerklingen müssen die nämliche Wirkung äussern, als zwei neben einander gestellte Haare. Die stumpfe Kante zweier Ebenen eines Spiegelglases welche einen großen Winkel mit einander machen, die zwei einwärts gehenden Glasflächen, welche eine feine Ritze auf Glas bildet, kurz je zwei Glasflächen oder jede krumme (convexe oder hohle) Oberfläche eines durchsichtigen Körpers müssen die Wirkung eines Haares erzeugen, wenn nur das überflüssige Licht an den Seiten entfernt wird. Auch schmale Glasstreifen oder sogenannte Glashaare, innerhalb des Glases selbst, müssen die Lichtbeugung hervorbringen, obgleich keine Luft hier im Spiele ist. Denn ein solcher Glasstreifen im Glase ist nicht anders, als ein Antheil Glas von anderm Brechvermögen als die übrige Masse, welcher aus ungleicher Mischung der Ingredienzien bey dem Schmelzen entsteht. Da aber diese Ingredienzien (z. B. Kali und Kieselerde) zu einander Affinität haben, so muß eine so kleine Masse, die von einem der Ingredienzien zu viel oder zu wenig hat, zu der übrigen Masse Affinität

zeigen wie zwei über einander liegende Flüssigkeiten, und also Schichten von verschiedener Mischung und Brechvermögen erzeugen, welche nun die Dienste der Luftschichten von ungleicher Dichtigkeit leisten. Daß endlich Wasser, an die Stelle der Luft, die Beugung und die Farbensäume hervorbringt, ist, der geringern Dilatabilität des Wassers ungeachtet, eben so begreiflich; denn es kommt hier nicht auf die absolute Dilatation des Mittels an, sondern auf den Unterschied der Dilatation der einzelnen Schichten, welcher von der Dilatation im Ganzen nicht abhängt.

§. 923.

Die Phänomene der Farbenringe zwischen zwei Glasplatten oder Objectivgläsern oder Prismen entstehen durch denselben, obgleich etwas complicirtern, Mechanismus als die Beugung. Um diesen Mechanismus ganz deutlich zu verstehen, muß man zuerst untersuchen, wie es überhaupt möglich ist, daß das Auge, welches schräge über ein solches Paar von Glasplatten sieht, das Bild solcher Ringe erhalte, wenn diese Ringe durch Refraction und Reflexion entstehen. Es seyn, Fig. XXXIX., PQ zwei übereinander liegende Platten oder Objectivgläser, C der Berührungspunkt ihrer innern Oberflächen. In A sey das Auge; von der Seite B, B, B komme das Licht unter allerlei Richtungen wie das Tageslicht. Wo das Auge auf der Seite A seyn möge, müssen unzählige Punkte a, a, a, um C seyn, von welchen das reflectirte Licht ins Auge kommt. So entsteht überhaupt ein Bild von einer Fläche. Gehen die Strahlen durch die obere Platte und werden durch die untere zurückgeworfen, so giebt es wieder andere unzählige Punkte a, a, a, die

daſſelbe leiſten. Iſt nun zwiſchen beiden Platten irgend Etwas, das dort Farben in einer gewiſſen Ordnung der Diſtanz um C herum bildet, ſo müſſen dieſe Farben dem Auge als Ringe erſcheinen, indem ſie ſich als concentriſche Kegel in ihm vereinigen.

† Hat man in irgend einer Gegend P ſtatt des Tageslichts ein Talglicht, welches ſchmal und lang iſt, ſo erſcheinen die farbigten Ringe als wären ſie auf den Seiten abgeſchnitten, wie CDEF Fig. XL., wenn AB die Breite des Lichts iſt, und mit ihrer ganzen Lebhaftigkeit. Zugleich ſieht man auch die übrigen Theile CGD, FHE der Ringe, aber ſehr ſchwach; dieſe Theile entſtehen durch das von den umgebenden Körpern reflectirte Licht, werden durch vermehrtes Licht ſtärker, und verſchwinden, wenn man alles übrige Licht abhält. Stellt man endlich zwei Lichte in der Entfernung von einigen Zollen auseinander, ſtatt eines einzigen, ſo erſcheinen die Ringe, mit beiden Augen betrachtet, viel länger und nur den beiden Flammen gegenüber in voller Klarheit. Sieht man ſie aber mit einem einzigen Auge an, ſo erhalten ſie wieder ihre natürlichen Dimenſionen.

Dieſer Verſuch beweiſet directe, daß die Farbenringe nicht wirkliche Objecte, nicht Luftlamellen mit eigenthümlichen Farben ſind, ſondern daß das ganze Phänomen der Farbenringe ein bloßes Phänomen von Farben im Lichte, ein eigentliches Farbenbild, ſey.

§. 924.

Es ſeyn nun, Fig LXI., AB und CB die zwei innern Flächen zweier Glasplatten, welche ſich in B

berühren. Wir nehmen keine Rücksicht auf die Brechung der Lichtstrahlen durch das Glas, weil man annehmen kann, daß die Strahlen von einer Platte zur andern in dieser Rücksicht beinahe parallel ein- und ausgehen. So wollen wir auch fürs Erste noch nicht auf die Wirkung der äussern Flächen der Glasplatten durch Erwärmung der Luft Rücksicht nehmen, sondern bloß auf die Wirkung der innern Flächen. Es sey a b ein schiefer Lichtstrahl, der bei b in den Raum zwischen die Platten tritt. Das überhaupt durchfallende Licht hat die Oberfläche C B der untern Platte erwärmt, und parallele Luftschichten von ungleicher von C B ab nach A B zunehmender Dichtigkeit erzeugt. Da der Strahl schief einfällt, so muß er gebrochen und zerlegt werden. Es fallen also in c die farbigten Strahlen aus b. Würden sie gerade durchgehen und in d aufgefangen werden, so wäre violet oben, grün in der Mitte, roth unten. Ein Theil davon geht auch nach den gewöhnlichen Brechungsgesetzen durch, und bildet die §. 871. beobachteten Farbenringe auf einer weißen Fläche, und es ist klar, daß die violetten hier innerhalb, die rothen ausserhalb der Ringe seyn müssen, wie es auch §. 871. beobachtet worden ist. Der andere Theil der farbigten Strahlen wird, nach dem gewöhnlichen Reflexionsgesetze, zurückgeworfen. Dabei aber kommen diese Strahlen wieder durch die Luftschichten von verschiedener Dichtigkeit zwischen die Platten, werden also wieder gebrochen; daher sie, anstatt in der Richtung c f divergirend zurück zu prallen, sie die Richtung c d' annehmen, wobei der violette Strahl mehr, der rothe weniger gebrochen wird, und folglich alle Farbestrahlen sich etwas über e, jenseits

von AB, vereinigen müssen und dann divergiren. Kommen nun diese farbigten Strahlen ins Auge, so scheint der violette Strahl der nächste am Berührungspunkte B der Platten in der Richtung vv, der rothe der entfernteste in der Richtung rr. So bilden sich also die Farbenreihen in jedem Ringe ganz in der Ordnung, die Newton so sorgfältig beobachtet und aufgezeichnet hat. Es ergiebt sich leicht hieraus, warum, §. 870., die Farbenringe schmäler sind, wenn das Auge näher am Perpendikel durch den Berührungspunkt steht, und breiter, wenn es weiter davon absteht. Das Auge nämlich erhält von c aus die Strahlen in der Richtung cd', welche von ab kommen; je näher das Auge dem Perpendikel steht, desto kleiner muß der Einfallswinkel des Strahls ab seyn, wenn sein reflectirter das Auge treffen soll. Je kleiner aber der Einfallswinkel ist, desto schmaler ist der Raum c, in welchem sich die Farbestrahlen auf CB ausbreiten.

§. 925.

Es scheint aus dieser Construction der Farbenreihen zu folgen, daß jede einzelne Glasplatte für sich durch die Luftrefraction und durch die Reflexion immer solche Farbenringe liefern müßte, und also, daß eine von beiden Glasflächen ganz unnütz sey, welches gegen alle Erfahrung ist. Es muß also noch gezeigt werden, wie die Farbenringe nur zwischen zwei solchen Platten entstehen. Es seyen, Fig. XLII, AB, DE wieder die innern Flächen zweier solcher Platten, ab ein schiefer Strahl, der, durch die dazwischen liegenden Luftschichten von verschiedener Dichtigkeit, auf die vorige Art gebrochen, die farbigten Strahlen v, g, r auf die Kante GF werfe. Es sey ferner

dc ein anderer Strahl, mit ab parallel, der wie dieser gebrochen wird; wären nun für diese beide Strahlen alle Umstände gleich, so würden die Farbestrahlen des Einen mit den gleichfarbigten Strahlen des Andern parallel gehen, auch so zurückgeworfen werden; demnach würde aus mehreren solchen parallelen Strahlen ab, dc, ef, und deren übereinander geschobenen Farben wieder weißes Licht entstehen, sowohl in FG als in H. Daher auch eine einzige Glasfläche keine Farben zeigt. *) Hier aber, zwischen den Glasplatten, sind die Umstände für die nebeneinander einfallenden parallelen Strahlen ab, dc nicht einerlei; denn der Strahl dc geht einen längern Weg hin und zurück zwischen den Platten, und folglich durch die Luftschichten von verschiedener Dichtigkeit, als der Strahl ab; und dieser Unterschied in der Länge der Wege dehnt sich nach AD zu aus, so lange bis AD so groß ist, als der Wirkungskreis der Wärme der Oberfläche DE. Über diese Weite hinaus sind die parallelen Strahlen ab, de, wenn gleich sie auch zwischen die Platten treten, doch unter einerlei Umständen, weil sie alle das Maximum des Weges in den Luftschichten von ungleicher Dichtigkeit durchlaufen und also ganz gleich gebrochen werden müssen, das heißt: weißes Licht reflectiren und durchgehen lassen.

§. 926.

Indem nun der Strahl dc durch mehrere Schichten von ungleicher Dichtigkeit zwischen den Platten

*) Demnach geschieht eine Beugung der Lichtstrahlen bei der Reflexion, aber freilich in einem andern Sinne als nach Newtons Vorstellungsart. Diese Beugung ist eine Brechung, Zerlegung und Mischung.

durchgeht, werden alle seine Farbestrahlen mehr gebrochen, als die des Strahls a b, und so wird sein Violet nun nicht mehr auf das Blaue des Andern, sein Blau nicht mehr auf dessen Grün, und so weiter, fallen, sondern es wird der farbigte Strahl v' des weißen Strahls d c auf den farbigten Strahl v des weißen a b fallen, und die violette Farbe vermehren; so der Strahl g' auf den Strahl g; so r' auf r. Diese Anhäufung von Strahlen von gleicher Farbe auf einer Stelle, oder sehr nahe an einander, findet nur so lange Statt, bis die Zwischenräume zwischen dem Violetten und dem Blauen, dem Blauen und dem Grünen, dem Grünen und dem Gelben, dem Gelben und dem Rothen durch die gleichfarbigten Strahlen der nachbarlichen parallelen Strahlen d c ausgefüllt sind. Sind sie es, dann fallen die folgenden Farben der andern parallelen Strahlen e f auf andere Farben, und nun entsteht eine Farbenmischung, welche zuletzt die weiße Farbe erzeugen muß; dann muß sich das vorige Farbenschema in gleicher Ordnung wieder erneuern, so daß also die Farbenringe eigentlich als Säume der weißen Ringe angesehen werden müssen. So ist es auch begreiflich, daß bei dieser allgemeinen Schiebung der farbigten Strahlen zwischen zwei Ringen, an der Gränze zwischen Violet und Roth, gar keine Strahlen fallen, mithin schwarze Ringe entstehen, weil die Strahlen, welche für das Auge die Ringe liefern, nicht die parallelen sind, sondern etwas convergirende.

Dieser Theorie zufolge muß das Violette des kleinsten Ringes (des dem Schwarzen am nächsten) sehr matt seyn; daher es nicht mehr gesehen wird; und das

Rothe des allerletzten Ringes muß gleichfalls sehr matt seyn; da das Rothe aber überhaupt einen stärkern Eindruck macht, so ist es noch etwas sichtbar. Jenes Violette zerfließt ins Schwarze, dieses Rothe aber ins Weiße, beides genau nach Newtons Angabe. (Opt. Lib. II. P. I. observ. 4.)

§. 927.

So construirt sich also dieses allerdings schwierige Problem der Farbenringe genau nach der Erfahrung aus den einfachen Gesetzen der Brechung und Zurückwerfung. Zur vollständigsten Begründung dieser Theorie diene folgender Versuch.

Es sey, Fig. XLIII., IK ein cylindrischer Affinitätsapparat, in welchem zwei Flüssigkeiten sich im Augenblicke der freiwilligen Mischung befinden, DE die Gränze; AB eine Queckfilberfläche, welche das Tageslicht eines Fensters auffängt, um es etwa in der Richtung CF gegen den Apparat zu werfen. Diese Lichtstrahlen, indem sie in der Gegend der Gränze auffallen, werden gebrochen und zerlegt, und laufen durch die Flüssigkeit in der krummen unterhalb concaven Linie FG, und gehen dann, etwa in der Richtung GH, heraus. Stellt man nun das Auge in H, etwa 15 Zoll von G, so erhält es, nachdem es höher oder tiefer sich hält, die herrlichsten Farbenabwechslungen, Anfangs in schmalen Streifen, dann in ovalen Ringen, welche mit jeder Erhöhung des Auges sich erweitern und verändern. In gewissen Lagen des Auges erblickt man viele solche concentrische Ringe auf einmal mit Abwechslungen von weißen und

schwarzgrauen Ringen in umgekehrter Ordnung, als mit den Objectiven, und viel breiter, größer und lebhafter, aber in der Ordnung, wie sie die Carte FG (Fig. XLII.) darstellt. Ist das Gefäß IK vierkantig, und bietet dem einfallenden Lichte eine Seitenfläche dar, so erhält man nur farbige Streifen, wie §. 2.

Die cylindrische Gestalt, welche den Strahlen von einer Hälfte ungleiche, von der Mitte ab abnehmende, Wege durch die Flüssigkeit darbietet, und zugleich eine Convergenz aller Strahlen bewirkt, die bildet eigentlich aus den farbigten Strahlen die Strahlenkegel, welche dem Auge das schöne Spectrum dieser Ringe liefert, ist also für dieses Phänomen gerade das, was die ungleichen Entfernungen der Glasplatten für jenes Phänomen der Farbenringe. Könnte man in DE eine spiegelgrade Fläche anbringen, so würde das Auge in H' dieselben Farbenringe, aber in umgekehrter Ordnung, d. h. wie die Farbenringe der Glasplatten, erblicken.

§. 928.

Wenn nun die Phänomene der Farbenringe der Erwärmung durch das Licht zuzuschreiben sind, so dürfen wir uns nicht wundern, wenn eine fremde Erwärmung Einfluß auf sie hat. Fürs erste muß sie die Abstufungen in den Dichtigkeiten der Luftschichten verändern. Gesetzt, die Mittheilung der Wärme durch eine Fläche von höherer Temperatur geschehe nach der Reihe $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \frac{1}{6}$ ꝛc.*) und es sey die zwischen zwei

*) Ein solches Gesetz (ob das genannte oder ein anderes) bestimmt die Dimensionen der Farbensäume bei der Beugung. Und umgekehrt bin ich überzeugt, daß die Zeit

Platten befindliche Luft durch das Licht nach diesem Gesetze schon erwärmt, so wird die neue anderweitige Wärme nach denselben Gesetzen wirken, und nichts anders hervorbringen, als die einzelnen Luftschichten, welche durch die Glieder der obigen Reihe ausgedrückt sind, dicker machen, oder, welches dasselbe ist, für dieselbe Dicke der Schichten kleinere Temperatur- und Dichtigkeitsunterschiede erzeugen, folglich in der ganzen Luftschichte zwischen den Platten eine geringere Brechung zulassen, deren Folge nichts anders ist, als eine kleine Erweiterung der Ringe, wie sie auch zu Anfange der Erwärmung im Versuche 5 (§. 873.) immer beobachtet wird.

§. 929.

Die äussere Erwärmung hat aber noch eine andere, weit größere, und zwar mechanische, Wirkung; sie hebt nämlich die Platten durch die Dilatation der Luft auseinander. Zwar hat in den meisten Fällen die Luft Raum auszuweichen; aber bei so engen Räumen, wie die hier vorhandenen (Newton berechnet die Dicke der Luftschichten, schon des 5ten dunkeln Ringes, auf $\frac{1}{88\,850}$ Zoll), widersteht die bekannte große Adhäsion der Luft zum Glase dem Ausweichen, und so muß die Dilatation der Luft die Trennung oder eine größere Entfernung der Gläser bewirken. *)

nicht mehr fern ist, da man mit den äusserst genauen Abmessungen Newtons an den Säumen des gebeugten Lichts und an den Farbenringen das Gesetz der freiwilligen Wanderung der verwandten Stoffe wird nach practischen Data berechnen können.

*) Einen deutlichen Beweis für diese Hebung liefern die Versuche 4 und 5 (§. 873). So lange das obere Objectiv bloß durch seine Schwere drückte, war in der Mitte kein schwarzer Flecken, also keine Berührung der Glas-

Diese Hebung der obern Platte muß bei Objectivgläsern und bei Spiegelglasplatten sich durch verschiedene Wirkungen äussern. Bei diesen, welche (§. 863.) weiter von einander abstehen, als die Objectivgläser, übersteigt die durch äussere Wärme vermehrte Entfernung leicht das Maximum der Entfernung, welche die Phänomene der Farbenringe zuläßt, vernichtet also diese Phänomene allmählig. Bei Linsen aber, die im Mittelpunkte viel näher an einander sind, und dann von da aus schneller zunehmende Weiten haben, (wodurch die engern und schmalern Ringe entstehen) kann die Hebung Statt finden, ohne die Entfernung bis zu jenem Maximum zu bringen. Die schon öfters angeführten Versuche 4 und 5 (§. 863.), wo die Wirkung bei der Linse von 50′ Brennweite viel größer war, als bei der von 100′, beweisen offenbar, daß die Grade der Entfernung hier, wie bei der bloßen Erwärmung, durch Licht, den Unterschied der Phänomene zwischen den Spiegelglasplatten und den Objectivgläsern bewirkten.

§. 930.

Es ist in demselben §. 863. bewiesen worden, daß das Einziehen des Wassers zwischen den Platten und Linsen gleichfalls eine Hebung des obern Glases bewirkt. Dadurch also müssen dieselben Phänomene in Absicht auf Verschwindung oder Verkleinerung der

flächen, wodurch die Durchsichtigkeit entsteht, aber dieser Flecken, mithin diese Berührung, entstand, und zwar nach und nach, durch den Druck. Im ersten Fall mußte also das obere Glas auf einer Luftschichte ruhen. Newton leitet die Veränderung der Farbenringe durch den Druck bloß von der veränderten Krümmung der Objective her, aber offenbar mit Unrecht.

Ringe zwischen Platten und Objectivgläsern entstehen, welches mit den Versuchen völlig übereinstimmt. Bei beiden tritt aber noch ein wichtiger Umstand ein, nämlich, daß wenn man mit Platten durch heftiges Reiben, und mit Objectiven durch einen starken Druck, die Farbenringe im Wasser wieder hervorbringt, sie nur sehr matt sind. Dieses erklärt sich aus den verschiedenen Brechungsverhältnissen der Luft und des Wassers; dieses nähert sich dem des Glases weit mehr als jenes; folglich müssen von den Strahlen, die auf c (Fig XLI.) fallen, viel mehr durchgehen, also viel weniger zurückgeworfen werden durch EB, wenn Wasser, als wenn Luft zwischen den Gläsern liegt.

§. 931.

Es finden bei diesen Phänomenen der Farbenringe noch sehr viele Variationen Statt, worunter auch die Farben der perlenmutterähnlichen und die blättrichtcrystallisirten Körper gehören. Die angeführten sind hinlänglich die hier vorgetragene Theorie, welche auf keiner Hypothese, sondern nur auf Thatsachen beruht, gehörig zu begründen. Aber zu diesen Phänomen gehören weder die der Seifenblasen, noch die der Versuche (§. 116. 5) bei der Ausbreitung der Öhle auf Wasser und Queckſilber. Hier erzeugt weder die Dicke der Wasserhäutchen an der Seifenblase, noch die der Öhlschichte in den caradorischen Versuchen, das Phänomen der prismatischen Farben. In beiden Fällen kann, nach hydrodynamischen Gesetzen, die Flüssigkeit sich nur in kurzen Wellen ausbreiten, die auf einander folgen, wie die Töne in einer musicalischen Fuge. Bei der Seifenblase sind diese

Wellen ganz sichtbar, wenn man die Seifenblase gegen das Licht hält und von hinten durchsieht; sie wechseln gerade eben so geschwinde ab, als die Farben, und hören mit diesen auf. Fällt nun das Tageslicht auf diese Wellen, so wird es gebrochen und zerlegt; dann wird es, in den Öhlversuchen vom Wasser oder Queckſiber, *) bei der Seifenblase von der hintern Fläche derselben reflectirt, und kommt so durch die zweite Brechung ins Auge. Hierbei finden mehrere einzelne Phänomene Statt, deren einige bei dem ersten Blicke dieser Theorie sich nicht anzupassen scheinen, die aber, näher gewürdigt, neue Bestätigungen derselben liefern. Ihre Auseinandersetzung gehört aber nicht hieher.

§. 932.

Nachdem nun alle Lichtphänome auf Reflexion und Brechung zurückgeführt werden, muß man nun sehen, wie diese zwei großen Erscheinungen entstehen. Es ist schon oben gezeigt worden, daß das newtonsche Schema ihrer Construction, dasjenige, welches noch am meisten befriedigt, dennoch nicht naturgemäß ist, weil es Eigenschaften des Lichts und der andern Körper statuirt, welche der unbefangene Geist nicht anerkennen kann, und die durch keine anderen Thatsachen bewährt sind, als diejenigen, welche sie erklären sollen. Auch hat dieses Schema keine Analogie für sich. — Ganz ohne Hypothese wird man freilich in diesem Felde, das (was die Experimente betrifft) zu einer unerreichbaren Micrometrie führt, nicht fortkommen.

*) Ein directer Beweis für diese Reflexion ist, daß die Farben auf Queckſilber weit lebhafter als auf Wasser sind, weil jenes weit mehr Licht reflectirt als dieses.

Allein die aufzustellende Hypothese muß, hier wie überall in jedem Fache der Naturlehre, nur Eine seyn für die ganze Reihe der dahin gehörigen Phänomene; sie muß diese Phänomene bestimmt erklären, und nicht nur keine Thatsachen wider sich, sondern Analogien für sich haben.

§. 933.

Das Phänomen der Reflexion des Lichts, wenn man die, §. 925., angezeigte Beugung an der Oberfläche aller Körper bei Seite setzt, bietet uns durchaus nichts als eine mechanische Zurückwerfung dar, wie die Zurückwerfung elastischer Körper auf harte oder elastische Flächen. Umsonst suchte man daran zu künsteln. Newton hat aber drei Haupteinwendungen dagegen gemacht, welche ihn und die nachfolgenden Physiker bewogen, diese einfache, der Natur der Sache so gemäße, Idee zu verlassen. Die erste ist die Porosität der Materie und die mangelhafte Schleifung auch der besten Spiegel, welche zu dem Schlusse berechtigen, daß jede spiegelnde Fläche nicht eine vollkommene Ebene oder krumme Fläche ist, sondern Vertiefungen und Erhabenheiten hat, welche Zerstreuung und Verschluckung verursachen. Dafür aber zeigt auch die Erfahrung, §. 809., daß bei weitem nicht alle einfallende Strahlen zurückgeworfen werden; und so lange nicht das Verhältniß der ebenen Stellen zu den hohlen genau bestimmt ist (und es wird wohl nie geschehen), und so lange man gleichfalls nicht angeben kann, wie viel an den Poren und an den Gruben, die durch die Schleifung entstehen, durch die feinere Schleifung selbst mit Materie ausgefüllt oder zugedeckt wird, so lange dürfen wir nicht

aus dieſem Grunde von dem Begriffe der einfachen Zurückwerfung abgehen.

Die zweite Einwendung iſt die Reflexion durch die hintere Fläche der durchſichtigen Körper. Allein ihre Einſchränkung auf ein gewiſſes Maximum vom Einfallswinkel für jede Gattung von durchſichtigen Körpern beweiſet, daß dieſe ſcheinbare Reflexion in der That nur eine Refraction ſey, folglich von der wahren Reflexion, die unter jedem Winkel und bei jedem Körper immer dieſelbe iſt, verſchieden.

Die dritte Einwendung iſt von der Beugung des Lichts genommen. Allein da wir geſehen haben, daß dieſes Phänomen ein Refractionsphänomen iſt, ſo fällt dieſe Einwendung von ſelbſt weg.

Endlich könnte noch eine Einwendung von § 925. hergenommen werden; man könnte nämlich die Reflexion als eine Refraction durch die Luftſchichten von ungleicher Dichtigkeit, an der Oberfläche der Körper, anſehen. Allein, ſo annehmbar dieſe Idee ſcheint, beſonders da ſie ſich der newtonſchen Vorſtellungsart nähert, ſo unhaltbar iſt ſie doch, theils, weil es unmöglich iſt, daß die Krümmung der Strahlen durch die Luftſchichten bis zum Parallelismus mit der zurückwerfenden Ebene ſteige, indem es für die erſte Luftſchichte eine unendlich kleine Denſität vorausſetzen würde, und weil die ſenkrecht auffallenden Strahlen nicht zurückgeworfen würden, da die Erfahrung uns lehrt, daß es keine Brechung der ſenkrechten Strahlen giebt. Wir müſſen alſo ſtatuiren, daß der Lichtſtrahl (oder die Lichtſtoffe) indem er mit ſeiner großen Geſchwindigkeit auf einen Körper ſtößt, wie eine Billardkugel von ihm zurückprallt; die Abweichungen

von dem geradlinichten Wege durch die Luftschichten von ungleicher Dichtigkeit, vor und nach der Berührung, compensiren sich wechselseitig in Rücksicht auf die Winkel und für die Farben.

§. 934.

Die Refraction ist bei weitem schwerer zu erklären. Die newtonsche Hypothese ist so sehr allen Brechungsphänomenen analog, daß man ihr bis jetzt, und mit Recht, den unbedingtesten Beifall gab. Aber eine Theorie ist sie nicht, weil sie statuirt, daß der durchsichtige Körper das Licht anzieht, welches, besonders nach dem jetzigen Zustande unsrer Kenntnisse, nicht angenommen werden kann. Denn, abgesehen, daß die Einwendung, welche, §. 914., gegen die mechanische Zurückwerfung gemacht worden ist, hier gegen die Anziehung für die Brechung noch weit mehr, als dort gegen die Repulsion für Zurückstrahlung gilt, so fragt es sich jetzt: Ist die angenommene Anziehung der Körper gegen das Licht eine Gravitation, oder eine Flächenanziehung, oder eine Affinität der ersten oder der zweiten Art? Es kann die Gravitation nicht seyn; sonst müßte sie genau im Verhältniß der Densität des Körpers wirken. Diese genaue Wirkung findet aber bei heterogenen Körpern nicht Statt, und die ganze Classe der entzündlichen Körper macht eine sehr beträchtliche, von Newton schon entdeckte Ausnahme. Diese Attraction ist auch nicht Flächenanziehung, sonst würde ein Strahl, der zwischen zwei flüssigen Schichten, wie §. 920., durchgeht, weder gebrochen noch zerlegt werden. Sie ist auch nicht Affinität, sonst müßte man, nach Biot's Entdeckung, daß die Brechung genau im Verhältniß des im Körper enthalte-

nen Wasserstoffs ist, annehmen, daß das Licht nur zum Wasserstoffe dieser Körper Affinität habe, da es doch in Substanzen, welche gewiß keinen Wasserstoff enthalten, als z. B. im Sauerstoffgase, eine Brechung leidet. Man nehme das Wasser zum Beispiele. Der Strahl leidet im Wasser seine Brechung, entweder durch den Wasserstoff allein, oder durch den Sauerstoff allein, oder durch beide. Im ersten Falle könnte reiner Sauerstoff keine Brechung erzeugen; im zweiten Falle könnte es reiner Wasserstoff gleichfalls nicht; im dritten Falle könnte Biot's Gesetz nicht wahr seyn.

§ 935.

So sind also bei näherer Betrachtung alle mögliche Attractionshypothesen eben so unzulänglich zur Erklärung der Brechung als die mechanischen; und so scheint das ganze Reich der physicalischen Ideen in dieser Absicht umsonst erschöpft zu seyn. Dagegen entscheiden theils die viel größere Brechung in entzündlichen Substanzen, theils die verschiedene Brechbarkeit der Farbestrahlen ganz bestimmt, daß die Erscheinungen der Brechung Affinitätsphänomene sind; sind es nun die Körper selbst nicht, welche die Affinität gegen das Licht ausüben, so muß es ein anderer bisher unbekannter Stoff seyn, der in den durchsichtigen Körpern sich befindet. Die Annahme eines solchen Stoffs ist das Hypothetische, welches wir zur Erklärung der Brechungsphänomene nicht entbehren können. Die Eigenschaften, die wir ihm vorerst assigniren müssen, sind Affinität der ersten Art zu den Lichtstoffen, und zwar für jede Farbe in einem besondern Verhältnisse, woraus die verschiedene Brechbar-

keit der farbigten Strahlen folgt, und die Affinität gleichfalls der ersten Art zu den durchsichtigen Körpern, gleichfalls in verschiedenen Verhältnissen, woraus sich das eigenthümliche Brechvermögen jedes Mittels deduciren läßt. Um einen nicht ganz fremden Namen einzuführen, wollen wir diesen Stoff Äther nennen. Denken wir uns nun diesen Stoff in allen durchsichtigen Körpern verbreitet, so muß der sich nähernde Lichtstrahl von dem Äther (wie in der newtonschen Hypothese vom Körper selbst) angezogen werden. Aus der Geschwindigkeit der Annäherung und der Stärke dieser Anziehung muß irgend eine, der Richtung und Größe nach mittlere Bewegung des Lichtstoffs entstehen, und zwar für jede Gattung von Lichtstoff eine eigenthümliche.

§. 936.

Für die Annahme eines solchen Stoffs in den Körpern, der gleichsam dem Lichte den Weg durch sie bahnt, spricht eine große, sehr deutliche, Analogie, nämlich das Phänomen der undurchsichtigen Körper, welche durch Flüssigkeiten durchsichtig werden. Das Wasser, z. B., welches das Papier, das Opal ꝛc. durchdringt, wird in diesen Körpern gleichsam ein Führer des Lichts durch die Labyrinthe ihres Gewebes, dasselbe, was der angenommene Äther für alle durchsichtige Körper selbst. Dadurch schlängelt sich das Licht zwischen den Theilen des Körpers in unzähligen physisch-unendlich-kurzen Wegen, deren Folge uns geradlinicht vorkommt. Die nicht minder bekannte Thatsache, daß Glas, welches durch Schleifen oder durch einen feinen erdigten Niederschlag matt, das

heißt minder durchsichtig, geworden ist, seine ganze Durchsichtigkeit wieder erhält, wenn man eine dünne Wasserschichte darauf ausbreitet, ist eine neue Rechtfertigung der obigen Hypothese, und zeigt, daß in dem Phänomen des nassen Papiers oder Opals die Wirkung nicht irgend einer chemischen oder andern Veränderung des Körpers durch das Wasser zuzuschreiben ist, da bekanntlich das Wasser das Glas nicht verändert. In dieser Hypothese löset sich die sonst unauflösliche Schwierigkeit auf, daß das Licht durch die durchsichtigen Körper in allen Richtungen geradlinicht durchströmt, ohne im Innern an irgend ein Theilchen anzustoßen und aufgehalten zu werden.

§. 937.

Die Annahme eines solchen allgemein verbreiteten Äthers erklärt ferner die ungeheure Geschwindigkeit des Lichts, welche sonst durchaus unerklärbar ist. Es wird im nächsten Abschnitte gezeigt werden, daß die Wanderung der feinsten Theile eines Stoffs in einem verwandten Mittel mit einer, alle durch mechanische Kräfte erzeugten Geschwindigkeiten übersteigende, Schnelligkeit sich bewegt. Befindet sich nun ein für sich leuchtender Körper in einem Mittel, welchem der Äther beigemischt ist, so durchwandert das Licht, durch die Affinität von Schichte zu Schichte geführt, den Äther, und folglich das ponderable Mittel mit dieser großen Geschwindigkeit, und legt dann mit derselben erhaltenen Geschwindigkeit alle leeren Räume zurück. So wird es begreiflich, daß das Licht in der Sonnenatmosphäre die Geschwindigkeit erhalte, vermöge welcher es in wenigen Minuten zu

der Erdatmosphäre gelangt, in welcher seine Geschwindigkeit noch beschleunigt wird. Es setzt aber diese schnelle Wanderung jedes chemisch bewegten Stoffs eine beständige Entziehung desselben aus dem Mittel, wenn nicht Sättigung, und folglich Stillstand erfolgen soll. Bei dem Lichte geschieht dieses durch Reflexion und Verschluckung oder Bindung (Affinität der zweiten Art) durch die ponderablen Körper, so daß wir an den Phänomenen der allgemeinen Fortpflanzung des Lichts eine unaufhörliche Schwängerung und Entziehung der Lichtstoffe in den Atmosphären der Weltkörper haben.

Durch diese Ansicht schwindet die große Kluft zwischen Bewegung und Affinität, zwischen Mechanik und Chemie. Indeß muß man sich doch noch immer bescheiden, auch wenn die Hypothese des Äthers einst zu einer ausgemachten Wahrheit erhoben werden könnte, daß man dadurch noch nicht den Mechanismus der Bewegung des Lichts kennt. Denn wir kennen den aller chemischen Stoffe nicht.

§. 938.

Nach dieser Hypothese sind die vollkommen durchsichtigen Körper solche, welche keine Affinität zu den Lichtstoffen haben, aber durch den Äther Leiter des Lichts werden. Die opaken Körper sind solche, welche keine Affinität zu dem Äther haben, aber zu den Lichtstoffen eine Affinität der zweiten Art; die schwarzen zu allen Lichtfarben in einem hohen Grade; die rothen zu den gelben und blauen; die blauen zu den gelben und rothen; die

gelben zu den rothen und blauen. Vollkommen weiße undurchsichtige Körper sind solche, die zu keinem Farbestrahl und auch nicht zum Aether Affinität besitzen. Verschiedene Grade der genannten Affinitäten bilden die mehr oder weniger durchsichtigen Körper und die Farben der opaken Körper unter allen Graden der Mischung und Intensität.

§. 939.

So befriedigend das zuletzt aufgestellte System die Erscheinungen des Lichts erklärt, so vermag es doch nicht, die doppelte Brechung im isländischen Crystall mit allen ihren Modificationen zu erklären. Nur in den beiden Erscheinungen, daß auch ein senkrecht auffallender Strahl die ungewöhnliche Brechung erhält, und daß ein solcher Crystall, auch mit parallelen entgegengesetzten Flächen, das durchgehende Licht in die Farbestrahlen zerlegt, finden wir Analogien mit dem 1sten Versuche, §. 920., welche fürs erste wenigstens die Vermuthung erlauben, daß hier Mittel von verschiedener Dichtigkeit wirken, eine Vermuthung, welche durch die Structur der Crystalle und durch Rochon's Versuch viel Wahrscheinlichkeit erhält.*) Aber die übrigen Phänomene, in Betreff

*) Seitdem ich dieses geschrieben, erhalte ich durch die Güte des Herrn Dr. Pansner zwei sehr instructive Doppelspathe, an denen ich den Durchgang durch die zwei kleinen Winkel des Rhombus und unter 45° gegen die Oberfläche äusserst deutlich sehe. An dem kleinern, welcher schon stark verwittert ist, sind alle Durchgänge so erweitert, daß man an einigen Stellen eine Nadel hineinstecken kann. Am andern aber sind sie noch viel

des Wechsels der Brechungen und der Wiederholung jeder Brechung durch einen zweiten Crystall, welche unter gewissen Lagen der Crystalle Statt finden und unter andern nicht, haben in allen übrigen bisher bekannten Erscheinungen des Lichts kein Analogon. Es gehören vermuthlich noch mehrere Beobachtungen zur Erfindung des Schlüssels dieser Räthsel.

§. 940.

Die Lichtstoffe erscheinen uns in verschiedenen Zuständen, deren Auseinandersetzung nicht so leicht als die der Zustände des Wärmestoffs ist. Wir nennen freien Zustand der Lichtstoffe mit Recht denjenigen, in welchem sie strahlend und dem Auge fühlbar sind. In diesem Zustande sind sie in keiner Affinitätsrelation mit den wägbaren Körpern, wohl aber, in der Hypothese des §. 935., mit dem Äther. So oft die Lichtstoffe sich mit den ponderablen Körpern verbinden, hören sie auf strahlend zu seyn. Wir erkennen ihr Daseyn in den Körpern dadurch, daß wir sie daraus entlocken und zu strah-

dichter, jedoch so weit schon aus einander, daß man die Farbenphänomene der Glasplatten und der auf einander gelegten (nicht gedrückten) Objectivgläser so schön wahrnimmt, als man sie nur mit Gläsern wahrnehmen kann, und zwar für alle Arten von Durchgängen. Dieses Phänomen ist bei den Mineralogen unter dem Namen Frisation bekannt. An meinen beiden andern Doppelspathen, welche viel derber sind, hatte ich sie nicht gesehen. Jetzt aber finde ich eine Stelle, die schwach iridirt. Jene zwei Stücke hat Herr Dr. Pansner in der Gegend von Kyachta, das verwitterte Stück an der Oberfläche der Erde, gefunden.

len zwingen, und dieses geschieht in zweierlei Gattung von Phänomenen, nämlich bei dem Phosphorescíren und Glühen der Körper (§. 787. und 788.) und bei den Entzündungen. In den phosphorescirenden und glühenden Körpern ist offenbar der Wärmestoff die Ursache der Lichtentwickelung; in den Entzündungen aber ist es der Sauerstoff der Luft, der, durch seine Verbindung mit den entzündlichen Substanzen durch Affinität der zweiten Art, den Lichtstoff aus ihnen frei macht, den kein Grad des Glühens frei machen konnte. Da nun bei den Phänomenen des Phosphorescirens und Glühens der latente Wärmestoff es ist, welcher den Lichtstoff aus den ponderablen Körpern scheidet, so kann der frei werdende Lichtstoff nur durch Affinität der ersten Art mit den ponderablen Körpern gebunden gewesen seyn; daher wir ihn analogisch latenten Lichtstoff nennen müssen. Aus einem ähnlichen Grunde müssen wir den Lichtstoff, der durch die Entzündung frei wird, ehe er frei geworden ist, gebundenen Lichtstoff nennen. Demnach müssen wir drei Zustände des Lichtstoffs überhaupt statuiren, und zwar für jede Gattung des Lichtstoffs, für jeden Färbestoff im Lichte; denn wir bemerken sowohl bei den Phänomenen des Phosphorescirens und Glühens, als auch bei den der Entzündung, verschiedene Grade der Verbindungen dieser Färbestoffe mit den ponderablen Körpern, sowohl der Quantität der Stoffe, als auch der Intensität der Verbindung nach, da Phosphoresciren, Glühen, Entzünden unter verschiedenen Farbenerzeugungen Statt finden.

Drittes Kapitel.

Relation der Lichtstoffe und des Wärmestoffs zu einander.

§. 941.

Wärme und Licht vereinigen sich in einem Phänomene, welches wir Feuer nennen. Die ältern Naturforscher, die sehr viele Data, welche die Wissenschaft heute darbietet, entbehren mußten, sahen das Feuer als eine eigene Materie an, an welcher sie bald eine Zusammensetzung zu sehen oder wenigstens annehmen zu müssen glaubten. Die Hypotheſen über diese Zusammensetzung vermehrten, modificirten sich auf vielfältige Art. De Lüc war der Letzte, der in den Phänomenen des Lichts und der Wärme eine ponderable Substanz annahm. Seine Vorstellung der fortleitenden Flüssigkeiten (fluides déferents), welche auf die Phänomene der Formänderung durch die Wärme sehr gut paßt, wandte er auf das Phänomen des Feuers an. Ihm ward das Licht die fortleitende Flüssigkeit einer ponderablen Materie, die er Feuermaterie nennt. Die Verbindung dieser beiden Materien, der imponderablen und der ponderablen, soll nach ihm die Wärme erzeugen. Früher hatte Newton schon eine richtigere Ansicht gezeigt, indem er die Flamme fumum candefactum nannte, und das Licht derselben als aus demselben emanirt ansieht. Lavoisier, der das Phänomen der Entzündung ungleich genauer analysirte, sieht das Feuer aus dem richtigen Gesichtspunkte an, nämlich als ein Affinitätsphänomen ponderabler Stoffe, wodurch Licht und

Wärme erzeugt wird. In seinen frühern Schriften sieht er in den Phänomenen des Lichts und der Wärme nur Modificationen eines und desselben imponderablen Stoffs; aber in seinem traité élémentaire de chimie bescheidet sich der große Naturforscher, daß wohl zweierlei Stoffe dabei zum Grunde liegen können, statuirt einen eigenen Stoff, Calorique, für die Wärme, wagt es aber nicht, einen für das Licht zu statuiren. Bertholet, der die Affinitätsphänomene mit einem so philosophischen Auge beobachtet hat, hält sich ziemlich unbedingt an Lavoisiers erster Meinung, und sieht das Licht und die Wärme als Wirkungen eines einzigen Stoffs in verschiedenen Combinationszuständen an.

§. 942.

So wie die Affinitätswirkungen des Lichts (§. 898. und 899.), das heißt die Wirkungen des gebundenen Lichts, das Daseyn eigenthümlicher Lichtstoffe erweisen, so beweisen es die Wirkungen der freien Lichtstoffe, mit den des freien Wärmestoffs verglichen, ebenfalls. Das Licht dringt durch alle durchsichtigen Körper strahlend durch, und wird an den beiden Oberflächen derselben gebrochen. Nicht so der strahlende Wärmestoff; er pflanzt sich nicht durch diese Körper strahlend fort, und wird nicht gebrochen, wenn man ihn durch eine Glaslinse auffängt. Wenn diese beiderlei Stoffe identisch wären, so müßte sich diese Identität besonders da zeigen, wo sie am freiesten wirken. In Rücksicht auf Strahlung überhaupt, und Reflexion, wirken sie auf gleiche geometrische Art; in Rücksicht auf Brechung aber nicht; folglich müssen wir nach der Definition von hetero-

genen Stoffen, §. 11., eben so nothwendig auf die Heterogenität des Licht- und Wärmestoffs schließen, als wir, z. B., auf die zweier Säuren, zweier Gase ꝛc. schließen. Wir müssen also statuiren, daß Licht und Wärme in ihren mechanischen Eigenschaften congruiren, aber, als Stoffe betrachtet, von einander wesentlich verschieden sind. *)

§. 913.

Nach diesen Prämissen, und denen des §. 938., sind die verwickeltesten Phänomene der Wärmeerzeugung durch Licht, und der Lichterzeugung durch Wärme, nichts als Aüsserungen der Affinität dieser imponderablen Stoffe zu den ponderablen Körpern. Wenn die Lichtstoffe Wärme in einem Körper erzeugen, so verbinden sie sich (im vollkommen schwarzen alle, im gefärbten einige Arten derselben, im unvollkommen weißen und im unvollkommen durchsichtigen nur wenige von allen Arten) mit dem Körper und schwächen dessen Affinität mit dem in ihm latenten Wärmestoffe, der nun frei wird, weil die Temperatur desselben die des Mittels nun übersteigt. Die gewöhnlichsten, bekanntesten Erfahrungen beweisen, daß die Wirkung (so weit man sie messen und vergleichen kann) mit der Menge des gebundenen Stoffs im Verhältnisse ist. Auch zeigen die Versuche, daß jede Gattung von Lichtstoff sich dem Grade nach hierin von den andern unterscheidet. Der rothe Lichtstoff erzeugt beträchtlich mehr Wärme als der violette. Nach Rochon ist das Verhältniß ungefähr = 8 : 1;

*) In dieser Vergleichung des Licht- und Wärmestoffs liegt noch ein wichtiger Grund gegen Newtons Vorstellungsart von der Reflexion.

nach Herschel ungefähr = 7 : 2; nach John Leslie, wenn man das Farbenbild in vier gleiche Theile theilt, von der violetten Seite an = 1, 4, 9, 16, welche letztere Angabe wohl am wenigsten brauchbar ist, da sie nicht von einzelnen Farben genommen ist. Wenn Wärme Licht in den ponderablen Substanzen erzeugt, so vermindert die überwiegende Menge des Wärmestoffs die Affinität der Lichtstoffe zu dem Körper, und macht sie also frey; und da bei dem Glühen der Zustand des Rothglühens immer zuerst eintritt, so sind wir berechtigt anzunehmen, wie oben schon geschehen, daß die rothen Strahlen sich in größerer Menge mit den ponderablen Körpern verbinden als die übrigen.

§. 944.

Seit Newtons Entdeckungen über das Licht, hatte sich unter den Physikern die Meinung festgesetzt, daß das Licht nicht an sich wärme, nicht Wärmestrahlen enthalte, eine Meinung, welche de Luc vorzüglich unterstützt und auseinander gesetzt hat. Allein Herschel eröffnete dieses Jahrhundert mit der Bekanntmachung einer ganz entgegengesetzten Meinung, nach welcher er, in Folge vieler von ihm angestellten Versuche, erweisen zu können glaubt, daß in den Strahlen der Sonne nicht bloß leuchtende, sondern auch erwärmende Strahlen vorhanden sind, daß diese Wärmestrahlen denselben Brechungs- und Zurückwerfungsgesetzen unterworfen sind als die Lichtstrahlen, aber eine geringere Brechung leiden, daß also die Sonnenstrahlen an sich nicht bloß leuchten, sondern auch wärmen. Auch vom Kohlen- und Küchenfeuer, von einem rothglühenden Eisen, von

einer Lichtflamme soll dieser Satz gelten. Den Hauptbeweis desselben zieht Herschel aus der von ihm gemachten Beobachtung, daß neben den Farben des prismatischen Bildes, aber in der Brechungsebene, Wärme sich am Thermometer zeigt, neben den rothen Strahlen am stärksten, stärker als im Farbenbilde selbst; neben den violetten gar nicht.

§. 945.

John Leslie hat diese Meinung Herschels analysirt, und dessen Versuche wiederholt; die Resultate fielen ganz gegen diese Meinung aus, und es ist nicht zu läugnen, daß seine Versuche weit mehr das Gepräge der Reinheit und Genauigkeit an sich tragen, als die Herschels, gegen welche das sehr bekannte, so oft wiederholte Factum, daß die durch eine Linse durchgehenden Sonnenstrahlen ein schwarzes Tuch, gerade im Focalraume, und gerade in der Größe des Focalraumes, durchbrennen, immer im Widerspruche stehen wird. Daß Ritter gefunden haben will, nicht nur, daß ungeschwärztes salzsaures Silber in den violetten Strahlen schwarz werde, geschwärztes aber in den rothen wieder weiß, sondern, daß diese doppelte Wirkung neben (ausserhalb des Spectrums) den violetten und rothen Strahlen am stärksten sey, ist zwar eine ungeheure Erweiterung der herschelschen Hypothese, aber keine Bestätigung derselben.

Fünfter Abschnitt.

Phänomene der einfachen ponderablen Stoffe und ihrer Hauptcombinationen.

§. 946.

In den zwei vorhergehenden Abschnitten waren wir im Reiche der Imponderabilien, deren Kenntniß uns jetzt vorzüglich nothwendig ist, weil diese Stoffe nicht bloß bei den Phänomenen des Lichts und der Wärme sich thätig zeigen, sondern weil sie einen entschiedenen, weit umfassenden Einfluß auf die Affinitätsphänomene haben. Jetzt haben wir es mit den ponderabeln Stoffen zu thun, in so fern sie durch Affinität auf einander einwirken, in so fern sie sich mischen und entmischen, und unendlich mannichfaltige Produkte erzeugen. Wollen wir in diesem weiten und schwierigen Felde mit Glück für die Wissenschaft arbeiten, so müssen wir die nämliche Methode befolgen, welche wir bei der Erforschung der Imponderabilien gebraucht haben, nämlich eine Anzahl Thatsachen sammeln, welche unsern fernern Betrachtungen zum Grunde gelegt werden. Diese Data liegen in der

Aufsuchung der einfachen *) ponderablen Stoffe, mit welchen der Anfang gemacht werden muß. Diese ersten Data werden dann durch die Betrachtung anderer noch nicht zerlegten Stoffe vermehrt, deren Zusammensetzung wahrscheinlich, deren Einfachheit also sehr problematisch ist. Dann erst wird die Summe unsrer Kenntnisse von der Wirkungsart der Affinität vermehrt werden können und müssen, ehe wir an ihre so mannichfaltige Wirkungen in der Combination der ponderablen Stoffe unter sich gehen können. Unter den einfachen ponderablen Stoffen ist einer, der Sauerstoff, dessen Thätigkeit ausgebreiteter und besonders weit bestimmter bekannt ist, als die der übrigen Stoffe. Allein man muß hierin nicht einseitig verfahren, und besonders den Wasserstoff und den Stickstoff mit eben der Sorgfalt betrachten, und es wird sich ergeben, daß diese Stoffe eine sehr weit umfassende Rolle in der Natur spielen, deren Kenntniß auf die Kenntniß der Wirkungen des Sauerstoffs selbst viel Licht verbreiten. Die Kenntniß der Verbindungen dieser Stoffe macht den beträchtlichsten Theil der chemischen Combinationslehre aus, und entwickelt sich unmittelbar aus den vorangegangenen Affinitätsgesetzen. Endlich wird noch im letzten Kapitel dieses Abschnitts die Combination der allgemein verbreiteten zusammengesetzten Stoffe, unter sich, besonders betrachtet.

Im Verlaufe dieser ganzen Lehre werden wir die zwei uns bisher bekannten imponderablen Stoffe, den Wärmestoff und den Lichtstoff, eine beträchtliche

*) Es ist wohl überflüssig, hier an §. 12. zu erinnern. Es versteht sich von selbst.

Rolle spielen sehen, die sorgfältig verfolgt werden muß, besonders die des Letztern, eben weil sie versteckter ist als die des Erstern.

Erstes Kapitel.

Darstellung der einfachen ponderablen Stoffe aus den allgemein verbreiteten ponderablen Substanzen.

§. 947.

Die Natur bietet uns in der atmosphärischen Luft und im gemeinen Wasser zwey allgemein verbreitete Stoffe dar, welche in allen ihren Operationen sich höchst thätig zeigen. In der vegetabilischen und animalischen Welt, welche die Oberfläche unsrer Erde bevölkert, findet sich ein dritter Stoff, die Kohle, den wir freilich nur durch die Verbrennung für sich darstellen, den wir aber um so mehr auch als allgemein verbreitet ansehen müssen, als er sich auch, aber unter verschiedenen Gestalten, in der unorganischen Natur sehr häufig zeigt. Sonst kennen wir mit Bestimmtheit keine eigenthümliche Substanz, die in diesem Grade, wie jene drei, allgemein vorgefunden würde.

I. Zerlegung der atmosphärischen Luft.

§. 948.

Die atmosphärische Luft wird in so vielen Processen zerlegt, daß man beinahe behaupten könnte, daß kein chemischer Proceß in der Natur und in der Kunst vorgeht, wobei nicht auch die mit den auf einander einwirkenden Stoffen in Berührung stehende Luft zersetzt würde. Folgende Zersetzungen qualificiren

sich am besten dazu, uns über die Zusammensetzung der Atmosphäre aufzuklären.

§. 949.

Wenn man ein Stück Phosphor in einer über Queckſilber gesperrten Portion atmosphärischer Luft entzündet, so hört nach einiger Zeit die Entzündung auf, obgleich noch vorräthiger Phosphor übrig geblieben ist. Nach der anfänglichen durch die Hitze bewirkten Dilatation findet man, so bald die vorige Temperatur wieder hergestellt ist, das Volum der Luft beträchtlich vermindert. Ein Theil des Phosphors, derjenige, der die Entzündung erlitten hat, ist in ein feines weißes Pulver verwandelt worden, welches mehr wägt, als der Antheil des Phosphors, der verbrannt ist.

Wird der Versuch mit großen Quantitäten Luft angestellt, und sowohl der Phosphor und die Luft nach Gewicht bestimmt, wie es Lavoisier that, so zeigt es sich, daß der verbrannte Phosphor um so viel an Gewicht zugenommen hat, als der verschwundene Antheil Luft ausmacht.

§. 950.

Die zurückgebliebene Luft ist unathembar, und unfähig irgend eine Verbrennung zu unterhalten. Das weiße Pulver ist selbst nicht mehr in der Luft entzündlich, und hat die Eigenschaften einer Säure angenommen.

§. 951.

Wenn man eine kleine Portion Queckſilber in einem luftvollen Gefäße bis beinahe zur Siedhitze erwärmt, und mehrere Tage lang

in dieser Temperatur erhält, so sieht man am folgenden Tage eine rothe Materie auf einzelnen Punkten der Oberfläche des Queckſilbers entſtehen, welche mehrere Tage hintereinander zunimmt, nachher aber nicht mehr. Nachdem die Temperatur ſich wieder hergeſtellt hat, findet man, daß ein beträchtlicher Theil (etwa $\frac{1}{5}$) der Luft verſchwunden iſt; die rothe Materie, mit dem übrigen Queckſilber gewogen, liefert eine Gewichtszunahme, die ſo viel beträgt, als das Gewicht des verſchwundenen Antheils der Luft.

§. 952.

Der Reſt der Luft iſt unfähig, die Athmung oder einen gewöhnlichen Verbrennungsproceß zu unterhalten. Die rothe Materie hat die metalliſchen Eigenſchaften des Queckſilbers verloren, dagegen ganz neue angenommen.

§. 953.

In dieſen beiden Proceſſen ſieht man alſo eine Luftverminderung vorgehen, und der Reſt der Luft iſt von der atmoſphäriſchen Luft weſentlich unterſchieden. Folglich muß die atmoſphäriſche Luft in dieſen Proceſſen einen Antheil verloren haben, der ihr die Eigenſchaften gab, die Athmung und die Verbrennungsproceſſe zu unterhalten; der andere Antheil hat dieſe Eigenſchaften nicht, daher erhielt er den Namen Stickſtoff (Azote).

§. 954.

Erhitzt man die rothe Materie des zweiten Verſuches bis zu der Glühhitze, ſo entwikkelt ſich ein Gas in gleicher Menge, als vorher verſchluckt wurde.

Vereinigt man diese Luft mit der, die in demselben Versuche zurückblieb, so erhält man wieder atmosphärische Luft, mit allen ihren vorigen Eigenschaften, sogar auch in acustischer Hinsicht.

Nimmt man eine andere Portion dieses Gases, und senkt einen brennenden Körper hinein, so verbrennt er mit einer ausserordentlichen Lebhaftigkeit; es verzehrt sich das Material viel schneller, und es entwickelt sich weit mehr Hitze und Licht, als in atmosphärischer Luft. Auch leben Thiere in demselben viel lebhafter und länger, als in einer gleichen Portion gemeiner Luft.

Folglich läßt sich die atmosphärische Luft nicht nur in zwei Bestandtheile zerlegen, sondern auch aus diesen Bestandtheilen wieder zusammensetzen, und da der eine dieser Bestandtheile die Eigenschaften besitzt, die der andere nicht hat, um die atmosphärische Luft zu bilden, so ist's offenbar, daß diese ihre Eigenschaften der Vereinigung dieser beiden neuen Stoffe verdankt. Das zweite Gas, das die Verbrennungen und das Leben der Thiere so sehr befördert, nannte Lavoisier Anfangs Lebensluft; nachher aber zog er es vor, die Eigenschaft desselben, mit dem Phosphor und vielen andern Substanzen Säuren zu bilden, zu dessen Nominalcharakter zu wählen, und nannte ihn Sauerstoff (Oxygène). Das mittlere Verhältniß der Bestandtheile der atmosphärischen Luft ist etwa 0,22 Sauerstoff zu 0,78 Stickstoff.

In der Vorlesung wird des Unfugs erwähnt, den man bald nach der Entdeckung des Sauerstoffs damit trieb, um die Lungensucht zu heilen, so wie des entgegengesetzten Unfugs, dieselbe Krankheit mittelst einer sauerstoffarmen Luft zu curiren.

§. 955.

Die atmosphärische Luft wird noch zersetzt durch sehr viel andere Substanzen und Processe, als die angeführten. Die vorzüglichsten sind die Entzündungen der entzündlichen vegetabilischen und animalischen Substanzen, die Erhitzung mehrerer Metalle, der Athmungsproceß, die Gährungsprocesse, die bloße Berührung derselben mit Schwefelleber, mit irgend ein Amalgama, mit Phosphor, mit Salpetergas. Dabei aber ist zu bemerken, daß der erste der genannten Processe das Volum der atmosphärischen Luft nicht zu vermindern scheint, weil sich in diesem Processe eine neue Luft bildet, welche etwa so viel an Volum ausmacht, als das des verschwundenen Sauerstoffgases. Ausserdem sind die angeführten Processe nicht im Stande, alle gleich viel, oder allen Sauerstoff der atmosphärischen Luft zu verschlucken. Man gewinnt das Sauerstoffgas durch Glühen einiger Metalloxyde (vorzüglich des Braunsteinoxyds) und des Salpeters; jedoch nie im völlig reinen Zustande.

II. Zerlegung des Wassers.

§. 956.

Wenn man in einer Glasröhre reine Eisenfeilspäne (noch besser dünnen Eisendrath) legt, das eine Ende derselben mit einem pnevmatischen Apparate, das andere mit einer mit Wasser angefüllten Retorte in Verbindung setzt, so daß beide Verbindungen luftdicht sind, und dann die Röhre bis zum Glühen erhitzt, zugleich auch das Wasser bis zum Sieden, so entwickelt sich im pnevmatischen Apparate eine große

Menge Luft, welche sich durch ein sehr geringes specifisches Gewicht von den übrigen Luftarten und durch die Eigenschaft an der atmosphärischen Luft zu brennen unterscheidet. Das Eisen ist verändert; es ist brüchigt, wird minder stark vom Magnete angezogen, und hat an Gewicht zugenommen. Vergleicht man die Gewichtsabnahme des Wassers mit der Gewichtszunahme des Eisens und dem Gewichte der erzeugten Luft, so findet man, daß jene diesen beiden gleich ist.

In diesem Versuche sieht man also eine Portion Wasser verschwinden und an ihrer Stelle sich eine Materie als Gas darstellen, und eine andere sich mit dem Eisen verbinden. Wir müssen also schließen, daß das Wasser zwei Bestandtheile hat, nämlich jene gasförmige Substanz, welche Lavoisier Wasserstoff (Hydrogène) nannte, und der Theil, der sich an das Eisen ansetzte, welche sich durch anderweitige Untersuchung als Sauerstoff gezeigt hat.

§ 957.

Wenn man in einem Apparate, mittelst welchem man die Quantitäten der gebrauchten Gase messen kann (Gazometer), Wasserstoffgas in Sauerstoffgas verbrennt, so bildet sich Wasser, das, wenn die Gase sehr rein waren, keine andere Eigenschaften hat, als die des destillirten Wassers. Dabei verschwindet das gebrauchte Sauerstoffgas und Wasserstoffgas, und das Gewicht derselben ist dem Gewichte des erzeugten Wassers gleich.

Demnach kann das Wasser nicht bloß zerlegt, sondern mit den durch dessen Analyse gefundenen

Stoffen wieder zusammengesetzt werden. Das Verhältniß derselben ist dem Gewichte nach 0,85 Sauerstoff zu 0,15 Wasserstoff, dem Volum nach unter gleicher Temperatur und Barometerstande ungefähr 1 : 2; genauer 30 : 71.

§. 958.

Die Natur und die Kunst stellen uns in ihren Processen hundertfältige Zerlegungen des Wassers dar. Mehrere Metalle, die Kohle, der Phosphor (dieser jedoch nur in gewissen Verbindungen, seiner Flüchtigkeit wegen) bringen diese Wirkungen hervor. Auch kann man auf eine sehr bequeme Art das Wasser durch Metalle ohne Glühhitze zerlegen, wenn man z. B. die Affinität des Eisens, oder des Zinks zu dem Sauerstoffe des Wassers durch Schwefelsäure erhöht. So erzeugen auch die Natur und die Kunst Wasser in sehr vielen Processen, namentlich in allen Entzündungen vegetabilischer und animalischer Substanzen. Am auffallendsten ist es in der Entzündung des Weingeistes, von welcher Lavoisier gezeigt hat, daß mit 15 Unzen Weingeist 16 Unzen Wasser erzeugt werden und noch eine sehr beträchtliche Menge Gas. Diese Wassererzeugung und Vermehrung der Quantitäten geschieht durch die Verbindung des Sauerstoffs der atmosphärischen Luft oder des besonders dazu bereiteten Sauerstoffgases mit der entzündlichen Substanz.

III. Zerlegung der Kohle.

§. 959.

Die Untersuchungen über die Kohle, sind vorzüglich mit der vegetabilischen Kohle angestellt worden,

weil sie weniger mit zufälligen Substanzen vermischt ist, als die animalische. Von jener wird in der Regel die Rede seyn, wenn die Kohle überhaupt genannt wird.

Wenn man ein Stück Kohle in einer mit Sauerstoffgas gefüllten und über Queckſilber gestürzten Glocke entzündet, so brennt es mit großer Lebhaftigkeit, und, nachdem alles auf die vorige Temperatur zurückgebracht worden ist, bemerkt man wenig Unterschied im Volum des Gases. Desto größer aber ist der Unterschied der Eigenschaften des Gases vor und nach der Verbrennung. Denn nun ist das Gas unfähig, irgend einen Verbrennungsproceß zu unterhalten, und es zeigt die Eigenschaften einer Säure.

Diese Säure hat den Namen Kohlensäure (acide carbonique) erhalten, ihre Basis constituirt den vierten einfachen Stoff, Kohlenstoff (carbone). Lavoisier begnügte sich mit dieser Art von Untersuchung, und glaubte sich berechtigt, die Kohle für eine einfache Substanz zu erklären. Allein spätere Untersuchungen führten zu andern Resultaten.

§. 960.

Die Kohle, eine sehr leichte und sehr spröde Substanz, hat eine große Adhäsion und eine nicht mindere Affinität zum Wasser. Daher sie aus der Atmosphäre Wasser einsaugt, und nur durch Glühhitze davon befreit werden kann.

1) Erhitzt man bis zum Glühen gemeine Holzkohle in einer gläsernen Retorte, so entweicht ein Antheil Wasser, und zwei gasförmige Flüssigkeiten, deren eine Kohlensäure ist, die andere aber eine

entzündliche Substanz, welche ungefähr im Verhältnisse von 2 : 1 aus Wasserstoff und Kohlenstoff besteht. Bei länger fortgesetztem Glühen hört diese Gasentwickelung ganz auf, und die gebrauchte Kohle hat etwa $\frac{1}{4}$ ihres Gewichts verloren.

Die Erzeugung dieser Producte läßt sich leicht aus der Zersetzung des der Kohle beigemischten Wassers und der vorhandenen atmosphärischen Luft erklären.

2) Läßt man Kohlen an der freien atmosphärischen Luft glühen bis keine Flamme aus ihnen entweicht, stößt dann diese ausgeglüheten Kohlen, noch glühend, und setzt sie dann sogleich der Glühhitze in einer Röhre oder in einer Retorte aus, so geben sie kein Gas, und ihr Gewicht vermindert sich nicht mehr.

Es folgt aus diesen Versuchen, daß ein großer Unterschied zwischen gemeiner und ausgeglüheter Kohle Statt findet, und daß man nur diese als reine Kohle ansehen kann. Mit dieser müssen also die Versuche über die Einfachheit oder Zusammensetzung der Kohle angestellt werden.

§. 961.

1) Wenn man ausgeglühete Kohle und rothes Queckſilberoxyd zusammen der Glühhitze aussetzt, nachdem man beide Substanzen einzeln unmittelbar vorher glühend gemacht hat, um sie von allem Wasser zu befreien, so wird das Queckſilber aus seiner Verbindung mit dem Sauerstoffe wieder hergestellt. Während dieser Operation entsteht

Kohlensäure, und es bilden sich beständig Wassertropfen in den kältern Theilen der Retorte.

2) Wenn man die aus diesem Versuche erhaltene (von allem zufälligen Wasser freie) Kohlensäure dem electrischen Funken anhaltend aussetzt, so vermehrt sich ihr Volum ungefähr im Verhältnisse von 10 : 11. Sondert man die Kohlensäure ab, so bleibt eine Quantität Gas übrig, welche ungefähr $\frac{4}{5}$ der ersten Quantität ausmacht, und sich als Wasserstoffgas durch die Entzündung darstellt.

3) Stellt man den obigen ersten Versuch mit Kohle und Eisenoxyd, und mit derselben Vorsicht gegen zufällige Feuchtigkeit an, und läßt die entstehende Gasart über schmelzenden Schwefel durch eine Glasröhre gehen, so setzt sich an dem zurückbleibenden Schwefel Kohlenstoff an, und das entweichende Gas zeigt sich dann als geschwefeltes Wasserstoffgas. *)

Aus diesen 3 Versuchen folgt klar, daß die ausgeglühete, mithin reine, Kohle nicht nur aus Kohlenstoff, sondern aus Kohlenstoff und Wasserstoff besteht; in welchen Verhältnissen, ist noch nicht bestimmt, und kann auch nicht leicht bestimmt werden, da man

*) Aus der Menge von Versuchen, welche im letzten Decennio des vorigen Jahrhunderts über den Wasserstoffgehalt der Kohle angestellt worden sind, hebe ich hier nur diese drei als die vorzüglichsten aus, die mir durchaus entscheidend vorkommen. Die erste Idee, daß die Kohle, nachdem sie ausgeglüht ist, Wasserstoff enthalte, und die erste Wassererzeugung aus ausgeglüheter Kohle und Sauerstoffgas, gehört dem Herrn Prof. Grindel und mir, obgleich unsre Versuche nicht hinreichend waren, die Sache rein zu entscheiden.

nicht genau bestimmen kann, wie lange die Kohle glühen muß, um als reine Kohle (von zufälligem Wasser frei) dargestellt zu werden.

IV. Haupteigenschaften der einfachen ponderablen Stoffe.

§. 962.

Der Sauerstoff, in seinem einfachesten Zustande, unvermischt mit ponderablen Substanzen, zeigt sich nur in Gasgestalt. Daraus, daß sich dieser Stoff nur als Gas, nicht als tropfbare Flüssigkeit oder als fester Körper ohne Mischung mit andern ponderablen Substanzen, darstellen läßt, eine Einwendung gegen dessen Daseyn machen zu wollen, konnte nur einseitigen Partheigängern einfallen.

§. 963.

Die Haupteigenschaft, wodurch der Sauerstoff sich schon (§. 954.) zu erkennen gab, ist die ausserordentliche Beförderung der Entzündungs- und Athmungsprocesse. Nur durch ihn sind Athmung und wahre Entzündungen möglich, welches weiterhin bestimmter bewiesen werden wird. Bei diesem letztern Processe entbindet sich eine so ungeheure Menge Wärme, welche in der entzündlichen Substanz nicht vorhanden war, daß wir den Sauerstoff als die reichhaltigste Quelle der Wärme, durch Einwirkung der ponderablen Stoffe auf einander, ansehen können. Ob das Licht, welches sich dabei entwickelt, gleichfalls dem Sauerstoffe zuzuschreiben sey, wird sich weiter unten zeigen. Enthielt nun das Sauerstoffgas denjenigen Wärmestoff, der durch den Entzündungsproceß latent und frei wird, so muß diese Menge Wärme-

stoff in ihm gebunden gewesen seyn, da weder mechanische Mittel, noch die Affinitätsmischungen der ersten Art, ihn zum Vorschein bringen. Das Sauerstoffgas enthält also eine große Quantität gebundenen Wärmestoffs, welche ihm als Sauerstoffgas eigenthümlich ist. Aber als Gas überhaupt, als compressible Materie, enthält es auch viel latenten Wärmestoff, wie alle Luftgattungen. Dieses zeigen uns die Versuche des §. 780., und die Angaben der eigenthümlichen Wärmen der Gase. Bei den chemischen Verbindungen des Sauerstoffs haben wir also immer auf diese zwei Mengen des Wärmestoffs Rücksicht zu nehmen, so oft das Sauerstoffgas in eine andere Form übergeht.

§. 964.

Der Sauerstoff hat zu einer zahlreichen Menge von andern Stoffen Affinität der zweiten Art. Er zeigt sie im reinen Zustande ganz ausschließlich zu den entzündlichen Körpern, und in Verbindung mit andern Stoffen zu allen bekannten Substanzen in verschiedenen Graden. Affinität der ersten Art zeigt er auch in beiden Fällen.

§. 965.

Der Sauerstoff, in Verbindung der zweiten Art mit mehreren, vorzüglich mit den entzündlichen Substanzen, erzeugt die Säuren, eine ganze höchstthätige Reihe von Substanzen, die in den chemischen Processen eine der wichtigsten Rollen spielt. Die Substanz, welche sich mit dem Sauerstoffe zu einer Säure verbindet, nennt man das Radical (Basis), welches bald einfach (wenigstens unzerlegt), bald zweifach, bald dreifach ist. Die Säuren mit zwei-

facher Basis, nämlich Kohlenstoff und Wasserstoff, liefert das Pflanzenreich, die mit dreifacher Basis, nämlich Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff, liefert das Thierreich. Endlich giebt es noch 3 Säuren, deren Radical uns unbekannt ist, weil wir diese Säuren weder zerlegen noch zusammensetzen können. Die Kenntniß der Eigenschaften und der Entstehung der vorzüglichsten Säuren ist für den Gegenstand dieses Abschnitts von großer Wichtigkeit.

§. 966.

Die Kohlensäure erzeugen wir durch die Verbrennung der Kohle in atmosphärischer Luft oder in Sauerstoffgas.*) Sie besteht nach Lavoisier aus 28 Theilen Kohlenstoff und 72 Theilen Sauerstoff. Dieses Verhältniß scheint indeß variabel, und der zweite Versuch, §. 961., beweiset, daß sie auch Wasserstoff (ob zufällig oder wesentlich?) enthalte. Sie erscheint im reinen Zustande nur gasförmig, und ihr specifisches Gewicht ist 1½mal so groß, als das der atmosphärischen Luft bei gleicher Temperatur und gleichem Barometerstande. Die Kohlensäure hat eine Affinität der ersten Art zum Wasser, daher die Sauerbrunnen und ihre künstliche Zusammensetzung (Parkers-Maschine); diese Affinität wird durch Wärme überwunden. Sie zeigt Affinität der zweiten Art zu den blauen Pflanzenpigmenten, zu den Alkalien, zu den Erden, zu einigen Metallen und zu den meisten Metalloxyden, wird aber aus den meisten dieser Verbindungen durch alle andere Säuren geschieden.

*) Von anderweitiger Erzeugung dieser Säure wird in der Folge noch die Rede seyn.

§. 967.

Die Schwefelsäure erzeugen wir durch die Verbrennung des Schwefels. Diese Verbindung des Schwefels mit Sauerstoff ist aber mehrerer Verhältnisse fähig, nach dem Grade der Erhitzung des Schwefels. In ihrem größten Sauerstoffverhältnisse enthält diese Säure nach Berthollet 69 Theile Schwefel und 31 Theile Sauerstoff, und heißt Schwefelsäure (acide sulphurique). Nach Klaproth aber ist sie nicht rein, sondern mit Wasser gemischt, und enthält 31,5 Theile Schwefel, 12,9 Sauerstoff und 25,6 Wasser, also die reine Säure 0,578 Sauerstoff und 0,422 Schwefel. Sie verbindet sich heftig durch Affinität der ersten Art mit Wasser, daher man sie nur tropfbarflüssig gewinnt. Durch Affinität der zweiten Art verbindet sie sich mit den Alkalien, Erden, Metallen, und zersetzt die vegetabilischen und animalischen Substanzen. Sie selbst wird durch entzündliche Substanzen unter hohen Temperaturen zersetzt.

In geringern Sauerstoffverhältnissen erscheint die Schwefelsäure dunstförmig und heißt schweflichte Säure (acide sulphureux). Im reinsten Zustande enthält sie 80 Theile Schwefel und 20 Theile Sauerstoff. Sie hat eine sehr heftige Affinität der ersten Art zum Wasser, sogar unter höhern Temperaturen, und löset Eis auf. Ihre Affinität der zweiten Art zu den Alkalien, Erden, Pflanzenstoffen ꝛc. weicht der der Schwefelsäure. Sie wird bei hohen Graden von Kälte concret in crystallischer Form.

Mischungen von schweflichter Säure mit Schwe-

felsäure geben die sogenannte rauchende Schwefelsäure.

§. 968.

Die Stickstoffsäure (Salpetersäure) erzeugen wir durch Verbindung des Stickstoffgases mit Sauerstoffgas, mittelst des electrischen Funkens. Sie ist gleichfalls mehrerer Verhältnisse fähig. Im höchsten Sauerstoffverhältnisse enthält sie 79,5 Sauerstoff und 20,5 Stickstoff, und heißt Salpetersäure (acide nitrique). Sie erscheint tropfbarflüssig und farbenlos. Sie hat mit Wasser Affinität wie die vorhergehenden Säuren, und Affinität der zweiten Art mit den Alkalien, Erden, Metallen, wirkt zerstöhrend auf die vegetabilischen Färbestoffe und auf die andern vegetabilischen und thierischen Substanzen, wird aber dabei selbst zerlegt. Schon durch Einwirkung des Lichts verliert sie einen Theil ihres Sauerstoffs, gleichfalls durch Glühen in einer gläsernen Röhre. In einem geringern Sauerstoffverhältnisse erscheint die Stickstoffsäure in Form eines gelben Dampfes, der sich mit dem Wasser sehr leicht verbindet und ihm Säure und Farbe giebt. In diesem Zustande heißt sie salpetrichte Säure (acide nitreux), und enthält 75 Theile Sauerstoff und 25 Stickstoff. Sie hat noch Affinität mit dem Sauerstoffe, den sie z. B. der atmosphärischen Luft entzieht; sie wirkt auf Alkalien, Erden und die Metalle heftiger als die Salpetersäure.

Mischt man Salpetersäure und salpetrichte Säure zusammen, so erhält man eine rothgelbe Säure, die rothe Dämpfe ausstößt, und durch Mischung mit Wasser grün, dann blau, dann farbelos wird. Sie

führt den Namen der rauchenden Salpeterſäure.

§. 969.

Die Phosphorſäure wird durch die langſame oder ſchnelle Entzündung des Phosphors künſtlich erzeugt. Hat der Phosphor das Maximum von Sauerſtoff angenommen, ſo hat man die Phosphorſäure (acide phosphorique), welche aus 60⅔ Theilen Sauerſtoff und 39⅓ Phosphor beſteht. Sie verglaſet in großer Hitze für ſich, und mit Erden und Metalloxyden. Bei gewöhnlicher Temperatur löſet ſie auch Glas auf. Hat der Phosphor weniger Sauerſtoff angenommen, ſo heißt die Säure phosphorichte Säure (acide phosphoreux). Sie erſcheint bei der eigentlichen Verbrennung des Phosphors als eine weiße flockigte Subſtanz, die ſich bei der Berührung mit Waſſer entzündet, und im Waſſer auflöſet. Sie erſcheint auch als eine farbeloſe Flüſſigkeit bei dem bloßen Leuchten des Phosphors, indem ſie bei dieſer langſamen Bildung Zeit hat, ſo viel Waſſer aus der Luft zu ziehen, als zu ihrer Auflöſung erforderlich iſt.

§. 970.

Die Eſſigſäure (acide acétique) entſteht durch die ſaure Gährung der Vegetabilien, beſonders der zucker- und ſchleimhaltigen Theile derſelben. Ihr Radical iſt Kohlenſtoff und Waſſerſtoff in noch unbeſtimmten Verhältniſſen zum Sauerſtoff. Sie erſcheint immer mit Waſſer gemiſcht als eine klare, farbeloſe Flüſſigkeit, die verſchiedener Grade von Concentration fähig iſt. Dieſe Säure iſt verſchiedener Verhältniſſe des Radicals zum Sauerſtoff fähig,

daher man auch eine Essigte Säure (acide acéleux) hat.

§. 971.

Das vegetabilische Reich liefert noch eine Menge anderer Säuren, welche sich insgesammt durch einen Zusatz von Sauerstoff mittelst der Salpetersäure in Essigsäure verwandeln lassen; daher man alle diese Säuren, als: Sauerklee- Kork- Apfel- Citronen- Weinsteinsäure und die übrigen, als unvollkommene Essigsäuren ansehen kann. Sowohl diese Säuren, als die Essigsäure selbst, kommen oft in der lebendigen vegetabilischen Natur vor. Die meisten derselben werden durch Erhitzung verändert und liefern die sogenannten brandigen Säuren.

§. 972.

Das animalische Reich liefert etwa ein halbes Dutzend Säuren, mit dreifachem Radical, dessen Verhältniß zum Sauerstoffe gleichfalls noch unbestimmt ist. Einige derselben lassen sich in Essigsäure durch Einwirkung der Salpetersäure verwandeln. Unter diesen Säuren ist die Blausäure besonders wichtig. Sie entsteht gasförmig durch Verbrennung thierischer Substanzen, besonders des Blutes, am vollkommensten, wenn die Substanz mit Kali gemischt wird, welches die Säure bindet, und von welchem sie nachher durch Erhitzung oder andere Säuren getrennt wird. Diese Säure verbindet sich mit Wasser, wie die übrigen, leicht, und dient in Verbindung mit Kali, als das empfindlichste Reagens, um Eisen und Kupfer in ihren Mischungen zu erkennen. Jenes wird blau gefällt (daher das Berliner-

blau), dieses in kleinen Quantitäten pfirsichroth, in größern braun.

§. 973.

Auſſer den angeführten Säuren, in welchen die Gegenwart des Sauerſtoffs dargethan worden iſt, giebt es noch 3 Säuren, die man noch nicht in ihrem Radical und Sauerſtoff hat zerlegen können.

Die Salzſäure (acide muriatique) wird vorzüglich durch Schwefelſäure aus dem Kochſalze in Gasform geſchieden. Ihr ſpecifiſches Gewicht iſt zu dem der atmoſphäriſchen Luft = 1,75 : 1,00. Sie wird vom Waſſer plötzlich abſorbirt, auch vom Eiſe, welches ſie ſchnell zerſchmilzt. Verbindet man Salzſäure mit Sauerſtoff durch Erhitzung derſelben mit Braunſteinoxyd, ſo erhält man die oxygenirte Salzſäure, welche aber dadurch ihre Gasform verliert und als ein Dampf erſcheint, der ſich mit kaltem, aber nicht mit ſiedheißem Waſſer verbindet. In der Kälte cryſtalliſirt ſie. Sie iſt die einzige Säure, welche für ſich das Gold und die Platina auflöſet. Sie zerſtört die vegetabiliſchen Farben unwiederbringlich (daher ihre Eigenſchaft zu bleichen). Der Sauerſtoff hängt ihr nur ſchwach an; daher ſich mehrere Körper, als: Phosphor, Zinnober, Kohle, Gold und noch einige andere Metalle, in dieſer Säure entzünden, wenn man die Säure bis etwa 70° R. erhitzt hat. Jedoch macht eine bloße Beimiſchung des Sauerſtoffgaſes mit Salzſäure dieſe nicht zu oxygenirter Salzſäure.

Die Salzſäure iſt einer noch größern Oxygenation fähig, wenn man mit der oxygenirten Salzſäure eine oxydable Subſtanz zuſetzt, wodurch ein Theil zu

gemeiner Salzsäure wird, der andere Theil aber eine größere Quantität Sauerstoff annimmt und daher überoxygenirte Salzsäure genannt wird.

§. 974.

Die Flußspathsäure (Flußsäure, acide fluorique) wird aus dem Flußspathe durch Schwefelsäure unter Erwärmung gasförmig entwickelt. Ihr specifisches Gewicht zu dem der Luft ist 3 : 1. Sie vermischt sich leicht mit Wasser, löset die Kieselerde und das Glas (daher das Ätzen derselben in Glas), viel stärker als die Phosphorsäure, auf. Mit Salpetersäure vermischt, löset sie das Gold auf. Diese Eigenschaft sowohl, als auch ihr Geschmack und Geruch, kann die Vermuthung, daß sie nur eine Modification der Salzsäure ist, wohl zulassen.

§. 975.

Die Boraxsäure (acide boracique) ist ihrer Zusammensetzung nach um so unbekannter, da man den Borax selbst nur noch sehr wenig seinem Ursprunge nach kennt. Er wird aus dem Tinkal (einem Fossil, das aus China und Persien uns zukommt) durch heißes Wasser ausgezogen und crystallisirt. Die Säure wird durch Schwefelsäure aus dieser Lauge ausgeschieden, und erscheint als weiße glänzende Flokken und Schuppen. Sie ist sehr wenig sauer und brennt, auf Papier getrocknet oder mit Alkohol, mit grüner Flamme.

Über die vorzüglichsten Eigenschaften der Säuren werden einige Versuche in den Vorlesungen angestellt.

§. 976.

Aus den angeführten Datis von den Säuren darf man ohne Bedenken den Satz aufstellen, daß

die Säuren aus Sauerstoff und einem Radical, das Affinität zu ihm hat, bestehen. Die wenigen Säuren, aus welchen der Sauerstoff nicht dargestellt werden kann, müssen eine Ausnahme in unsern Kenntnissen, nicht aber im Satze, begründen, besonders da zwei derselben, mit einem Zusatze von Sauerstoff, ihre Eigenschaften als Säuren in einem höhern Grade äussern.

§. 977.

Es folgt ferner daraus, daß mehrere Säuren mit einem Radical möglich sind, nachdem das Radical mehr oder weniger Sauerstoff angenommen hat. Diejenigen Säuren, welche das Maximum von Sauerstoff enthalten, werden vollkommene Säuren genannt, die andern unvollkommene Säuren. Für die Salzsäure hat man eine Ausnahme gemacht, die aber auf keinem wesentlichen Grunde beruht. Jedoch scheint jedes Radical nur auf gewisse zwei oder drei Verhältnisse von Sauerstoff bei der Bildung der Säuren sich einzuschränken, und der Antheil von Sauerstoff, welcher die unvollkommene Säure zur vollkommenen macht, ist lockerer gebunden.

§. 978.

Die Säuren gehen Verbindungen mit einander ein, nach der Affinität der ersten und der zweiten Art. Jedoch nicht alle auf beide Arten. So z. B. Flußspathsäure und Schwefelsäure, Schwefelsäure und Phosphorsäure, Salpetersäure und Schwefelsäure nicht ꝛc. Dagegen wirken nach der Affinität der zweiten Art auf einander, schweflichte Säure und Salpetersäure, oxydirte Salzsäure und schweflichte Säure, phosphorichte Säure und Salpetersäure,

Salpetersäure und die meisten unvollkommenen Essigsäuren, Salpetersäure und Salzsäure. Und allgemein kann man festsetzen, daß vollkommene Säuren unter sich und unvollkommene unter sich nur nach der Affinität der ersten Art auf einander wirken; dagegen die vollkommenen mit den unvollkommenen sich nach der Affinität der ersten Art verbinden, wobei die vollkommene von ihrem Sauerstoff der unvollkommenen abgiebt, und sie zur vollkommenen macht. So z. B. wird die Salzsäure zur vollkommenen oder oxygenirten durch Salpetersäure, und löset Gold auf (Königswasser); so auch die Flußspathsäure; so wird schwefelichte Säure durch Salpetersäure zu Schwefelsäure ꝛc. Jedoch ist diese Einwirkung nicht wechselseitig; es macht Schwefelsäure die salpetrichte Säure nicht zu vollkommener Salpetersäure. Dieses beruht auf den verschiedenen Affinitätsgraden des Sauerstoffs zum Radical in den vollkommnen Säuren, welche man eben aus diesen Mischungen erkennt. Die zersetzbarsten vollkommenen Säuren sind die oxygenirte Salzsäure und Salpetersäure.

§. 979.

Alle Säuren, welche in Gas oder Dunstgestalt dargestellt werden, sind irrespirabel und unfähig die Verbrennungsprocesse zu gestatten, die einzige oxygenirte Salzsäure ausgenommen, welche einige Entzündungsprocesse mit Lebhaftigkeit unterhält, eben weil ihr Sauerstoff (der Antheil, der sie zur oxygenirten Salzsäure macht) äusserst locker mit ihr gebunden ist.

§. 980.

Alle Verbindungen des Sauerstoffs, durch Affini-

tät der zweiten Art *), werden Oxyde genannt, wenn es nicht Säuren sind. Die Oxyde haben, wie die Säuren, eine einfache oder zusammengesetzte Basis. Merkwürdig ist die Eigenschaft der Oxyde mit einfacher Basis, als: Salpeteraas, Kienruß, Phosphoroxyd, Metalloxyde, wozu auch Wasser, als Wasserstoffoxyd, gerechnet werden muß, daß sie keine Affinität der ersten Art mit dem Wasser haben, und daß nur das Salpetergas eine Affinität der zweiten Art zum Wasser zeigt **). Dagegen zeigen alle Säuren eine sehr große Affinität der ersten Art mit dem Wasser. Die Oxyde mit zweifacher Basis (Wasserstoff und Kohlenstoff) liefern in dieser Hinsicht keine übereinstimmende Erscheinung, da z. B. Zucker, Gummi ꝛc. sich im Wasser auflösen, hingegen Harz, fettes Pflanzenöhl ꝛc. nicht. Alle Oxyde mit dreifacher Basis (Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff) sind im Wasser unauflöslich. Durch die Gährung aber und durch hohe Temperaturen entsteht eine wechselseitige Zersetzung.

§. 981.

In den Oxyden erscheint der Sauerstoff in noch mannichfaltigern Verhältnissen, als in den Säuren. Jedoch scheint bei gewissen Oxyden, als z. B. das

*) Ich sage absichtlich durch Affinität der zweiten Art. So ist atmosphärische Luft kein Azotoxyd, wohl aber das Salpeteraas: gleichfalls Wasserstoffgas oder Sauerstoffgas, mit einander ohne electrischen Funken oder Entzündung gemischt, bilden nicht Wasserstoffoxyd, wohl aber ist das Wasser ein Wasserstoffoxyd.

**) Das Salpetergas wird zwar vom Wasser verschluckt; allein es verändert seine wesentliche Eigenschaft. Auch ist's immer ungewiß, wenn das Salpetergas rein ist, und Wasser von atmosphärischer Luft frei ist unmöglich zu erhalten.

Wasser, die Öhle, der Zucker, nur in bestimmten Verhältnissen sich zu verbinden, da hingegen bei vielen Metalloxyden einige Gradation Statt findet. Die Verbindungen des Sauerstoffs, in den Oxyden, sind bei weitem noch nicht so vieler Aufmerksamkeit gewürdigt worden, als dessen Verbindungen in den Säuren, welches aber nothwendig wäre, um eine vollständige Theorie des Sauerstoffs zu entwerfen.

§. 982.

Der Stickstoff, in seinem einfachesten Zustande, erscheint nur als Gas; die Haupteigenschaft, wodurch er sich schon §. 953. zu erkennen gegeben hat, ist, daß er für sich die Athmungs- und Entzündungsprocesse nicht zuläßt. Diese Eigenschaft ist aber nicht absolut. In Verbindung mit Sauerstoffgas, durch Affinität der ersten Art, läßt es die Athmungs- und Entzündungsprocesse zu, welche aber um so schwächer und langsamer Statt finden, je geringer das Verhältniß des Sauerstoffgases ist.

§. 983.

So bedeutend diese Eigenschaft des Stickstoffs ist, so ist sie doch, noch in einem andern Sinne, nicht absolut, da vielmehr der Stickstoff unter gewissen Umständen zur Entzündung nothwendig ist. So leuchtet der Phosphor, unter gewöhnlicher Temperatur, im reinsten Sauerstoffgase nicht; wird aber eine äußerst kleine Quantität Stickgas (eine kleine Blase desselben in einer beträchtlichen Glocke voll von Sauerstoffgas) dazu gethan, so leuchtet der Phosphor sogleich, indem er sich in Stickgas (aber nicht im reinsten Sauerstoffgas) auflöset, und so mit dem Sauer-

stoffe seine Verbindung durch Affinität der zweiten Art eingehen kann.

§. 984.

Der Stickstoff verbindet sich mit dem Sauerstoffe unter sehr verschiedenen Verhältnissen und auf mannichfaltige Art zu vielerlei eigenthümlichen Producten, deren Betrachtung sehr wichtig ist. Mischt man Stickstoff und Sauerstoff, beide im Gaszustande und rein, ohne den Einfluß irgend einer andern Substanz zuzulassen, so verbinden sich beide Stoffe mit einander unter allen Verhältnissen. In den, §. 954., angeführten Verhältnissen bilden sie die atmosphärische Luft. Aber in allen diesen Verhältnissen behalten beide Stoffe ihre natürlichen Eigenschaften. Es war also eine Wirkung der Affinität der ersten Art.

§. 985.

1) Wird eine Mischung von 10 Theilen Stickstoffgas mit etwa 36 Theilen Sauerstoffgas der Einwirkung des electrischen Funkens anhaltend ausgesetzt, so bildet sich Salpetersäure. Aber es geschieht hierbei keine Lichtentwickelung, als die des electrischen Funkens.

2) Gleichfalls wird Salpetersäure oder salpetrichte Säure erzeugt, wenn man gemeine atmosphärische Luft der anhaltenden Einwirkung des electrischen Funkens aussetzt.

3) Entzündet man Wasserstoffgas in Sauerstoffgas, das einige Antheile Stickstoffgas enthält, so erhält das daraus entstehende Wasser alle Eigenschaften einer schwachen Salpetersäure.

Da in diesen Versuchen die Producte so wesentlich verschieden von der einfachen Mischung der Gase sind,

so müssen wir hier auf eine Einwirkung der Affinität der zweiten Art schließen.

§. 986.

1) Legt man Eisen, Kupfer ꝛc. in vollkommene Salpetersäure, so oxydirt sich das Metall, und die Salpetersäure verwandelt sich in salpetrichte, welche wiederum durch bloße Berührung mit Sauerstoffgas sich wieder damit sättigt.

2) Behandelt man die salpetrichte Säure gleichfalls mit einem Metalle, so oxydirt sich dieses und es entsteht ein Gas (Salpetergas), welches eine sehr große Affinität mit dem Sauerstoffgas zeigt, indem es damit wieder salpetrichte Säure erzeugt. In diesem Gase ist das Verhältniß des Stickstoffs zum Sauerstoffe = 32 : 68 nach Lavoisier; 43 : 57 nach Davy. In demselben kann kein Athmungs- und kein Verbrennungsproceß, außer von Phosphor und Pyrophor Statt finden.

3) Behandelt man das Salpetergas auf eine ähnliche Art, so oxydirt sich das Metall *) gleichfalls, und man erhält ein neues Gas (Azotoxyd), welches etwa 63 Theile Stickstoff und 37 Sauerstoff enthält, und für sich irrespirabel ist. Mit atmosphärischer Luft gemischt, hat es eine berauschende Eigenschaft. In Rücksicht auf die Unterhaltung der Entzündungsprocesse zeigt sich dieses Gas sehr thätig. Ein glühen-

*) Eigentlich zersetzt sich das Salpetergas nicht mit bloßem Metall, aber z. B. mit salzsaurem Zinn. Am leichtesten erhält man das Azotoxyd, wenn man sehr verdünnte Salpetersäure durch Eisen oder Zinn sehr langsam zersetzt.

der Holzspan entzündet sich darin; glühende Kohle brennt lebhaft, doch nicht wie im Sauerstoffgase; der Phosphor, sogar der Schwefel, brennt gleichfalls in diesem Gase. Endlich kann Wasserstoffgas in demselben entzündet werden, welche Verbrennungsart das obige Verhältniß der Bestandtheile liefert. Übrigens erscheint dieses Gas wohl unter verschiedenen quantitativen Verhältnissen.

4) Setzt man Azotoxyd einer sehr lange anhaltenten Einwirkung des electrischen Funkens oder der Glühhitze, in einer gläsernen Röhre, aus, so bildet sich etwas Säure, und das übrige Gas ist atmosphärische Luft. Salpetergas kann gleichfalls durch den electrischen Funken atmosphärische Luft liefern.

Diese Reihe analytischer Versuche zeigt uns mehrere Verbindungen durch Affinität der zweiten Art, des Sauerstoffs und Stickstoffs, in verschiedenen Verhältnissen, welche sich alle von den Verbindungen durch Affinität der ersten Art in gleichen Verhältnissen wesentlich unterscheiden, auch sogar dann, wenn der Aggregatzustand scheinbar der nämliche ist. Sauerstoffgas und Stickgas, im Verhältniß von 68 : 32, befördert alle Athmungs- und Entzündungsprocesse sehr mächtig, dagegen aber Salpetergas nicht. Gleichfalls unterhalten jene Stoffe im Verhältniß von 37 : 63 beides, die Athmungs- und Entzündungsprocesse, stärker als atmosphärische Luft; Azotoxyd aber die Athmung nicht, die Entzündung aber besser als atmosphärische Luft; welches anzeigt, daß im Azotoxyd die Verbindung der Stoffe, nach der Af-

finität der zweiten Art, auch vorhanden ist, aber nicht so stark als im Salpetergas, und daß Entzündungsprocesse mächtiger wirken zur Zersetzung solcher Mischungen als das Athmen. *)

§. 987.

Der Stickstoff verbindet sich mit Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff zu einem vierfachen Oxyd in den animalischen Substanzen, und in einigen (nach des Hrn. Prof. Grindels neuesten Versuchen in allen, aber unter geringen Verhältnissen) vegetabilischen Substanzen.

§. 988.

Der Wasserstoff, ungemischt mit ponderablen Substanzen, erscheint nur in Gasform. Dieses Gas ist das leichteste aller Gase, aller ponderablen Stoffe, und hat demnach auch die größte specifische Elasticität. Es ist unathembar und unfähig Entzündungsprocesse anderer entzündlichen Substanzen zu unterhalten.

§. 989.

Das Wasserstoffgas ist selbst höchst entzündlich, welches seine characteristische Eigenschaft ausmacht. Jedoch ist die Entzündlichkeit nicht in allen Verhältnissen möglich. Nach Humbold schränkt sie sich in den Gränzen zwischen den Verhältnissen 16 : 1, das Sauerstoffgas zum Wasserstoffgas und umgekehrt. Das Vortheilhafteste ist dasjenige, das zur Wasserbildung gehört (Knallluft, chemische Harmonica). Diese Verbindung des Wasserstoffs mit dem Sauer-

*) Dagegen wird man in der Folge sehen, daß das Athmen die atmosphärische Luft vollkommener zersetzt als die Verbrennung.

stoffe mittelst des electrischen Funkens oder der Glühhitze geschieht durch die Affinität der zweiten Art, da der Wasserstoff in dieser Verbindung seine Entzündlichkeit verloren hat; sonst verbinden sich Wasserstoffgas und Sauerstoffgas noch durch die Affinität der ersten Art, wenn man sie bloß in Berührung mit einander bringt. Beide behalten ihre Gasform und ihre characterische Eigenschaften.

§. 990.

Bei der Entzündung des Wasserstoffgases entwickelt sich eine ungeheure Lichtmenge, welches Phänomen die wichtige Frage veranlaßt: Ob dieses Licht dem Wasserstoffe oder dem Sauerstoffe zu verdanken ist, ob die Lichtstoffe vor ihrer Entwickelung mit jenem oder mit diesem verbunden waren? Lavoisier, der das Licht für eine Modification des Wärmestoffs hielt, schreibt die Lichterzeugung dem Sauerstoffe zu. Folgende Gründe aber entscheiden die Frage auf eine entgegengesetzte Art:

1) Der Grund, worauf Lavoisier und alle Physiker den Satz, daß die bei den Verbindungen des Sauerstoffs mit den Radicalen erzeugte Wärme dem Sauerstoffe zuzuschreiben sey, ist, daß zur Erzeugung dieser Wärme immer Sauerstoff nothwendig sey, und daß die Wärmeerzeugung ziemlich im Verhältniß des verbrauchten Sauerstoffs sey. Dasselbe gilt ebenfalls vom Wasserstoffe in Absicht auf Lichterzeugung. Nicht nur bei der Entzündung des reinen Wasserstoffgases, sondern auch bei der Entzündung aller andern entzündlichen Substanzen, in denen man das Daseyn des Wasserstoffs dargestellt hat, als z. B. des Ammonium,

des kohlenstoffhaltigen Wasserstoffgases, des Weingeistes, des Äthers, der Öhle, des Zukkers ꝛc., ist die Lichtentwickelung ziemlich im Verhältnisse des verbrauchten Wasserstoffs. Folgender Versuch zeigt sogar, daß bei einer und derselben entzündlichen Substanz die Lichtentwickelung abnehmen kann, indem der Verbrauch des Sauerstoffgases zunimmt.

† Man fülle eine argandsche Lampe mit Weingeist, statt des Öhls, und zünde den Locht an, erst ohne Glascylinder, dann mit dem Cylinder. Im erstern Falle giebt der Weingeist seine gewöhnliche bekannte Flamme, bei welcher man die Hamburger Zeitung in der Entfernung von 1 Fuß lesen kann. Im zweiten Falle muß man sich bis auf wenige Zoll der Lampe nähern, wenn man noch lesen will. Im ersten Falle entwikkelt sich die gewöhnliche Wärme, die der Weingeist liefert; im zweiten Falle ist die Hitze so groß, daß Siegellack, über den Glascylinder gehalten, sogleich fließt, und ein Papier sich 1½ Zoll hoch über dem Cylinder entzündet, welches nicht in dieser Entfernung geschieht, wenn die Lampe mit Öhl brennt. *)

2) Der Stickstoff zeigt in seinen Verbindungen mit dem Sauerstoffe durch die Affinität der zweiten Art keine Lichtentwickelung. Enthielt nun das Sauerstoffgas die Quelle des Lichts, so müßte es bei seinen Zersetzungen durch den Stickstoff

*) Dieses auffallende Phänomen läßt sich dadurch erklären, daß bei dem Aufsetzen des Cylinders weniger Öhl erzeugendes Gas entsteht.

Licht entwickeln, wie es solches bei seinen Zersetzungen mit dem Wasserstoffgase entwickelt. Der Kienruß (ein Kohlenstoffoxyd), auf einer rothglühenden Platte in der atmosphärischen Luft gelegt, entzündet sich nicht, sondern glühet nur, da hingegen der Glanzruß, welcher ein Harz, also Wasserstoffhaltig ist, sich entzündet. Es giebt also zwei Stoffe, der Stickstoff und der Kohlenstoff, welche, wenn sie rein sind, keine Lichtentwickelung bei ihren Verbindungen mit dem Sauerstoffgase liefern.

§. 991.

Wir müssen also die Lichtstoffe als mit dem Wasserstoffe gebunden, den Wasserstoff, vorzüglich das Wasserstoffgas, als die Quelle des in den Entzündungsprocessen entwickelten Lichts ansehen, gerade so wie wir den Sauerstoff, vorzüglich das Sauerstoffgas, als die Quelle der entbundenen Wärme betrachten. Demnach sind wir berechtigt, von jenem Stoffe wie von diesem Formänderungen zu erwarten.

§. 992.

Wir kennen noch keine Säure, welche aus der Verbindung des Wasserstoffs mit dem Sauerstoffe entsteht. Vielleicht ist die Salzsäure eine solche Verbindung. Die Gründe zu dieser Muthmaßung gehören aber nicht hieher.

§. 993.

Der Kohlenstoff kommt nie im reinen Zustande, das heißt ungemischt, mit ponderablen Stoffen vor. In Verbindung mit Wasserstoff kommt er uns in doppelter Gestalt vor, nämlich im concreten Zustande als Kohle und im gasförmigen als Kohlen-

stoff-Wasserstoffgas. Jedoch ist die Gegenwart eines kleinen Antheils Sauerstoff in diesen beiden Mischungen sehr wahrscheinlich. Beide entstehen durch die trockne Destillation der vegetabilischen Substanzen (Thermolampe).

§. 994.

Eine andere Mischung von Kohlenstoff und Wasserstoff ist das öhlerzeugende Gas, das durch Einwirkung der Schwefelsäure auf das Alkohol und auf den Äther entsteht, oder durch Treiben dieser beiden Flüssigkeiten in Dampfgestalt durch eine glühende thönerne Röhre. Mit oxygenirter Salzsäure vermischt, erzeugen sie eine öhlichte Substanz, welche wie ätherisches Öhl brennt.

§. 995.

Durch Glühen der Kohle, mit Metalloxyden, entsteht eine Verbindung von Kohlenstoff mit Sauerstoff in Gasgestalt, in welcher Berthollet noch einige Theile Wasserstoff entdeckt hat. Sie entsteht auch bei der Zersetzung der Kohlensäure durch glühende Kohlen.

§. 995.

Alle diese gasförmigen Verbindungen des Kohlenstoffs mit Wasserstoff und Sauerstoff sind entzündlich, und unterscheiden sich dadurch wesentlich von der Kohlensäure. Die übrigen Verbindungen dieser Stoffe, in concreter oder tropfbarer Form, sind die bekannten entzündlichen Substanzen aus dem vegetabilischen Reiche, wohin auch die verschiedenen Rußarten gehören, welche in einzelnen Fällen gar zu leicht für bloßen Kohlenstoff gehalten worden sind.

In den Vorlesungen werden einige der Hauptversuche über die Eigenschaften der einfachen Stoffe angestellt.

Zweites Kapitel.

Von den problematisch einfachen Stoffen.

§. 996.

Diese Substanzen, über deren Einfachheit oder Zusammensetzung die Naturlehre noch nicht entschieden hat, sind: der Phosphor, der Schwefel, der Diamant, die Metalle, die Alkalien, und die Erden. *)

§. 997.

Der Phosphor, eine höchst entzündliche Substanz, schmilzt und entzündet sich in der atmosphärischen Luft bei + 32° R. Er ist aber zweier Entzündungen fähig, einer förmlichen, welche bei der angeführten Temperatur mit Heftigkeit geschieht, und die flockigte unvollkommene Phosphorsäure bildet. Dabei entwickelt sich eine sehr große Wärme- und Lichtmenge, und der größte Theil des Sauerstoffgases ist von dem Stickgas getrennt. Die andere Entzündung, welche schon bei + 5° R. Statt findet, und bis 32° immer zunimmt, aber erst bei dieser Temperatur in die heftige Entzündung übergeht, heißt gewöhnlich Leuchten des Phosphors. Diese langsame Verbindung des Phosphors mit dem Sauerstoffe kann am sorgfältigsten beobachtet werden, und liefert viele wichtige Resultate.

§. 998.

Hängt man eine Stange Phosphor in eine mit atmosphärischer Luft gefüllte Röhre, bei einer mittleren Temperatur von 12° bis 15° R., so sieht man

*) Über die Gewinnung dieser Substanzen kann in den Vorlesungen das Wesentlichste angeführt werden.

bei Tage einen Rauch von Phosphor mit einiger Heftigkeit herabfließen, und sich am Boden legen. Nach und nach nimmt die Menge des Rauches ab, bis endlich er ganz unmerklich wird, noch ehe aller Sauerstoff sich mit dem Phosphor verbunden hat. Ist die Luft sehr feucht, so ist dieser Rauch dicker, in größerer Menge und länger anhaltend; der ganze Proceß geht beträchtlich schneller vor sich und zu Ende. Ist aber die Luft vorher ihrer Feuchtigkeit beraubt worden, so sieht man auch zu Anfange keinen Rauch, und der Proceß ist minder lebhaft. Im ersten Fall findet man zu Ende des Versuches die unvollkommene Phosphorsäure, in tropfbarer Gestalt, auf dem Boden und an den Wänden der Röhre, im zweiten aber im trokkenen Zustande, und gewöhnlich gelb. Der beobachtete Rauch ist also eine Verbindung der Phosphorsäure mit dem in der Luft enthaltenen Wasserdunst, und dieser befördert den Proceß. Betrachtet man dasselbe Phänomen bei Nacht, so sieht man den herabfallenden Rauch nicht, der keinen Grad des Leuchtens zeigt. Dagegen leuchtet der Phosphor selbst lebhaft, und scheint eine brennende durchsichtige Substanz zu seyn. Anfangs ist dieses Leuchten sehr lebhaft, so daß man in seiner Nähe eine Schrift lesen kann; aber es erstreckt sich nicht weiter als die unmittelbare Oberfläche des Phosphors selbst. Nach und nach aber erweitert sich der Schein, so daß es endlich den dreifachen Durchmesser der Phosphorstange erhält. Dabei aber ist dennoch die Menge des entwickelten Lichts viel kleiner als Anfangs. Zuletzt wird dieser ausgebreitete Schein immer schwächer und verschwindet am Ende ganz. Legt man die warme Hand an die

Flasche an einer Seite, so entsteht ein schwacher Schein in der eingeschlossenen Luft an dieser Seite. Aus diesen Phänomenen folgt unmittelbar, daß der bei Tage sichtbare Rauch und das Leuchten bei Nacht zwar gleichzeitig und durch gleiche Ursache erzeugt, aber doch verschiedene Phänomene sind. Es folgt daraus ferner, daß der gegen Ende des Processes an Größe zunehmende Schein dennoch viel schwächer ist, weniger Licht liefert, also eine geringere Verbindung des Phosphors mit Sauerstoff anzeigt, als der Anfangs schmalere und grelle Schein, und überhaupt, daß es nicht die Stange selbst ist, welche leuchtet, sondern ausgedünstete Theile derselben, welche zu Anfang, bei einer größern Menge gegenwärtigen Sauerstoffgases, sich unmittelbar an der Oberfläche entzünden, nachher aber, so wie die Luft an Sauerstoffgas ärmer wird, sich unentzündet mehr verbreiten, und erst in größern Entfernungen ganz entzünden können. Bei diesem Processe entsteht immer eine Temperaturerhöhung, welche man bis zur förmlichen Entzündung des Phosphors, treiben kann, wenn man die Operation bei 18° bis 20° R., in einer Röhre von etwa 1 Zoll Durchmesser, vornimmt. So entzündet sich der Phosphor auch förmlich in einer sehr verdünnten Luft, bei der gewöhnlichen Temperatur, wenn man ihn mit Baumwolle umgewickelt hat.

§. 999.

Läßt man den Phosphor in einer mit Queckſilber oder Wasser gesperrten Glocke leuchten, so steigt das Wasser oder Queckſilber allmählig in die Glocke; die Phänomene des Leuchtens sind dieselben als vorher bis zu Ende; als aber der Phosphor zu leuchten

aufgehört hat, erscheint plötzlich ein neues Leuchten in der Glocke, an dem der Phosphor auch Theil nimmt, der aber schnell verschwindet, und dann noch ein- oder zweimal wieder kommt. Bei genauerer Aufmerksamkeit sieht man, daß dieser plötzliche Schein durch eine sich aus der sperrenden Flüssigkeit entwickelnde Luftblase entsteht. Dasselbe findet Statt, wenn man ein neues Stück Phosphor unter die Glocke bringt oder das alte herausnimmt und wieder hinein legt. Auf dieses Phänomen zum Theil hatte Göttling die Behauptung, daß der Phosphor im Stickgas leuchte, und eine sonderbare Hypothese gegen Lavoisiers Lehre, gebaut. Am schönsten läßt sich dieses wiederholte Leuchten hervorbringen, wenn man Phosphor in einer Art von Queckſilberluftpumpe leuchten läßt.

Am sichersten beweiset folgender Versuch, daß der Phosphor im Stickgas nicht leuchtet:

† Die Flasche A, Fig. XLIV., sey mit atmosphärischer Luft gefüllt und enthalte eine Phosphorstange P. Anstatt des gewöhnlichen Stöpsels sey die Röhre B, welche oben einen vorstehenden Rand a b habe. Unten ist sie durch den Kork c luftdicht verschlossen, über welchen die, die ganze Röhre B ausfüllende, Phosphorstange d steht. Oben wird die Röhre gleichfalls luftdicht durch den Kork e, der ganz in die Röhre gestoßen werden kann, verschlossen. Ein dritter Kork f sey in Bereitschaft, um, wenn man ihn auf e aufsetzt und drückt, c herausdrücken und den Phosphor fallen zu lassen, indem die Röhre zugleich von oben dadurch verschlossen wird. Verschließt man nun die Flasche mit dieser Vorrichtung und

etwas Kitt, so wird der Phosphor P dieselben Phänomene zeigen als gewöhnlich. Sind sie nun zu Ende, so stößt man mit dem Korke f den Kork c und den Phosphor d herunter. Es zeigt sich nun, bei dem Zutritt dieses neuen Phosphorstücks, nicht das geringste Leuchten, weder in der Luft, noch an den Phosphorstangen.

§. 1000.

Bei einer niedrigern Temperatur, als etwa 24° R., leuchtet der Phosphor in ganz reinem Sauerstoffgase nicht, sondern braucht dazu einen kleinen Antheil Stickgas, wie in §. 983. gezeigt worden.

§. 1001.

Der Phosphor ist eine sehr verdunstbare Substanz. Er verdunstet in verschiedenen Gasen (aber nicht im Sauerstoffgase, mit welchem er sich durch die Affinität der zweiten Art verbindet), welches die Phänomene des größern aber schwächern Leuchten desselben in Sauerstoff-armer Luft, und das plötzliche Leuchten des Stickgases bei dem Zutritte einer Blase von Sauerstoffgas erklärt. Das Sonnenlicht, und auch das Lampenlicht, schlägt ihn, wie §. 899. gezeigt worden, in concreter Gestalt, dendritischer Figur und brauner Farbe nieder; ein Phänomen, wodurch diese Ausdünstung sich von der Ausdünstung der tropfbaren Flüssigkeiten unterscheidet. Allein es findet noch ein anderer weit wichtigerer Unterschied zwischen dieser und der gewöhnlichen Ausdünstung Statt, nämlich der ausgedünstete Phosphor ist nicht elastisch.

† 1) Man fülle zwei gleiche Barometerröhren mit gewöhnlichem trockenen und reinen Queckſilber,

ohne weder das Queckſilber, noch die Röhre zu kochen, und kehre ſie im Queckſilber um; es wird in dem torricelliſchen Raume, wie bekannt, etwas atmoſphäriſche Luft ſich befinden, welche einige Linien Queckſilber trägt. Läßt man nun in der einen Röhre eine kleine Phosphorſtange aufſteigen, und in der andern ein durchaus gleiches Stück weißen Wachſes; ſogleich fällt das Queckſilber in beiden durch die mit hinauf geriſſene Luft um Etwas, aber das Queckſilber, wo der Phosphor iſt, ſteht gleich um etwa 0,7‴ höher, als das wo das Wachs iſt; *) dieſer Unterſchied bleibt derſelbe auch nach 20 und mehreren Stunden; auch durch alle Temperaturen von + 2° R. bis + 16° R. und unter verſchiedenen Barometerſtänden. Dieſer Unterſchied iſt der Zerſetzung der atmoſphäriſchen Luft zuzuſchreiben, wobei man ſogleich auch den Phosphor mit Dunſt umgeben ſieht.

† 2) Füllt man eine ſehr genau graduirte Röhre, von etwa 1 Zoll Durchmeſſer und 2 bis 3 Fuß Länge, mit höchſt reinem und trockenem Waſſerſtoffgas, ſetzt ein Stück Phosphor hinein und verſchließt ſogleich die Röhre, ſo ſieht man Dämpfe ſich vom Phosphor aus nach allen Seiten verbreiten, und bald darauf ſinken. Läßt man den Apparat 24 Stunden lang liegen, während welcher Zeit man den Phosphor an verſchiedenen Stellen der Röhre gehen läßt, um die ganze

*) Bei einem andern Verſuche hatte ich einen Unterſchied von 1,1‴, der auch conſtant blieb.

Luft mit den Dünsten bald anzufüllen, und öffnet dann die Röhre wieder in Queckſilber, ſo zeigt ſich, nach geſchehener Correction, für die Variationen des Barometers und Thermometers ſchlechterdings weder Dilatation noch Condenſation des Gaſes. Öffnet man dann die Röhre im Dunkeln, ſo ſieht man das Gas nach und nach längs der ganzen Röhre leuchten; welches Letztere auch geſchieht, wenn man die Röhre beſtändig in verticaler Lage, und den Phosphor am unterſten Theil derſelben, erhalten hat.

Im erſten dieſer Verſuche mußte die große Dilatation der Luft von etwa 28 Zoll Queckſilber die Ausdünſtung ſehr befördern, wie ſie es auch in der Queckſilberluftpumpe thut. Mithin war im torricelliſchen Raume gewiß viel Phosphor verbreitet; im zweiten zeigt ſich deſſen Gegenwart durch das Leuchten, und dennoch zeigt ſich keine Dilatation. Folglich war der verbreitete Phosphor nicht in elaſtiſcher Form. In tropfbarer Form konnte er auch nicht ſeyn, da keine Erwärmung hinzukam, welche dieſe Formänderung hätte bewirken können, und ſonſt der Niederſchlag des erhitzten, flüſſigen, verdampfenden Phosphors wieder in Tropfen geſchieht. Auſſerdem hätte dieſer in flüſſiger Form unter etwa 2° R. verbreitete Phosphor im erſten Verſuche ſich bei der Temperatur von + 16° R. in Dunſt verwandeln, und eine Depreſſion des Queckſilbers erzeugen ſollen. Demnach müſſen wir annehmen, daß der Phosphor in den Temperaturen unter ſeinem Schmelzpunkte in concreter Geſtalt verdunſtet, und folglich in den Gaſen nur auſſerordentlich fein zertheilt iſt; und

da dieser concrete Dunst sich von selbst in den Gasen auf unbestimmte Weiten verbreitet, so müssen wir diese Verbreitung als ein Phänomen der Affinität der ersten Art ansehen, welches in den tropfbaren Flüssigkeiten sein Analogon nicht hat. Dieser höchst wichtige Satz wird durch das häufig vorkommende Phänomen bestätigt, daß der Phosphor, welcher durch den Lichtstoff gelb oder schon etwas roth geworden ist, wenn er in einer durch 8 bis 12 Zoll Queckſilber dilatirten Luft sich befindet, sich in ein feines, für sich entzündbares, hellgelbes, Pulver verwandelt, welches in sehr großer Quantität sich an der Phosphorstange selbst und an den Wänden und Boden des Gefäßes ansetzt (Feuerzeug mit Phosphor).

§. 1002.

Der Phosphor ist für sich im Wasser unauflöslich, ist aber doch in demselben einer merkwürdigen Veränderung ausgesetzt; es entsteht nämlich an seiner Oberfläche eine weiße Kruste, die ihm stark anhängt. Man hielt sonst diese Entstehung der weißen Kruste für eine Verbindung des Phosphors mit dem Sauerstoffe des Wassers, welches durch den Phosphor zersetzt seyn sollte. Allein diese Meinung ist durchaus falsch, welches aus folgenden Versuchen erhellt.

† 1) Man lege eine Phosphorstange in ein wasservolles Glas, und stürze dieses volle Glas mit dem Phosphor in ein wasservolles Gefäß. Die Bildung der weißen Kruste wird langsam Statt finden, und es entwickelt sich gar kein Gas, am wenigsten ein solches, welches mit Sauerstoffgas detonnirt.

† 2) Man lege zwei gleiche Stücke Phosphor in zwei Portionen destillirten Wassers, welches man vorher hat kochen und (verschlossen) erkalten lassen. Das Eine der beiden Gläser verschließe man sehr sorgfältig, sobald der Phosphor darin ist; das Andere lasse man offen. Schon nach 24 Stunden ist im offenen Glase ein merklicher Anfang von weißer Kruste am Phosphor, welcher mit der Zeit immer zunimmt. Dahingegen nach mehreren Wochen und Monaten sich keine Kruste im verschlossenen Glase zeigt.

Diese zwei Versuche zeigen offenbar, daß die atmosphärische Luft, welche durch das Wasser dringt, und sich mit ihm durch Affinität der ersten Art verbindet, die Kruste erzeugt, indem sie ihren Sauerstoff dazu hergiebt, nicht aber das Wasser. Auch im Queckſilber hat man die Phänomene des zweiten Versuches. Diese Thatsachen erklären das Leuchten des Wassers, in welchem Phosphor lang gelegen hat, wenn man es in atmosphärischer Luft schüttelt. Die in Wasser befindliche atmosphärische Luft läßt einen Theil ihres Stickgases darin zurück, welches sich mit Phosphordunst schwängert, der beim Schütteln sich dann an dem Sauerstoffgas der äussern atmosphärischen Luft entzündet.

§. 1003.

Diese weiße Kruste am Phosphor ist keine Säure, sondern bloß ein Phosphoroxyd. Sie wird am Lichte gelb und orangefarbig, und hängt nicht mehr am Phosphor fest, sondern kann durch Wasser davon abgespült werden.

§. 1004.

Der Phosphor zersetzt die Salpetersäure, die salpetrichte Säure und die oxydirte Salzsäure sehr leicht; die Schwefelsäure schwerer. Die Entzündung des Phosphors durch Schwefelsäure, nachdem er im warmen Wasser geschmolzen worden, geschieht eigentlich nur in der atmosphärischen Luft. Die Säure hat nur so viel Hitze bewirkt als nöthig, um den Phosphor zum Kochen zu bringen. Bei dieser Hitze sprüht er aus der Flüssigkeit, und entzündet sich erst an der Luft.

§. 1005.

Mit Wasserstoffgas verbindet sich der Phosphor durch bloße Berührung nicht; er dunstet bloß darin aus, und wenn man Sauerstoffgas zuläßt, entzündet sich der Phosphor allein. Wird aber eine Mischung von Phosphor, Wasser und einem ätzenden Alkali erhitzt, so zersetzt sich das Wasser; es entsteht Phosphorsäure, die sich mit dem Alkali verbindet, und es geht ein Gas über (gephosphortes Wasserstoffgas), das sich selbst an der atmosphärischen Luft entzündet, und wie Knallluft detonnirt. Die in dem Wasserstoffgas vorhandene Menge Phosphor ist hinlänglich, um die Hitze, die zur Entzündung des Wasserstoffgases nöthig ist, zu liefern. Aber höchst merkwürdig ist der Umstand, daß man diese Menge Phosphor nur durch Zersetzung des Wassers dem Wasserstoffgase beimischen kann. Diese Gasart verliert übrigens bald ihre Selbstentzündlichkeit, wenn sie nur mit Wasser oder Queckſilber gesperrt ist.

§. 1006.

Der Phosphor löset sich in allen Öhlen, besonders in den ätherischen, auf, und leuchtet in dieser Ver-

bindung an der atmosphärischen Luft. Daher die artigen Spielereyen mit Phosphorschriften. Er verdampft in einer mäßigen Hitze mit Schwefel, und diese Verbindung wird in kaltem Wasser zu einer festen Masse, welche, gerieben oder mäßig erwärmt, leuchtet, und in der Siedhitze sich entzündet.

§. 1007.

Die Frage, ob der Phosphor eine einfache Substanz sey? ist noch nicht völlig entschieden. Die Einwirkung des Lichts auf ihn, und die Trennung einer kohligten Substanz durch das Schmelzen aus dem braunen Phosphor, so wie die Bleichung desselben durch oxygenirte Salzsäure, spricht gegen seine Einfachheit. Nach diesen Datis besteht wahrscheinlich der Phosphor aus Kohlenstoff und Wasserstoff; und demnach wäre die Phosphorsäure eine Kohlenstoff-Wasserstoffsäure. Daß der Phosphor etwas Sauerstoff und Stickstoff enthalte, ist aus andern Gründen zu muthmaßen.

§. 1008.

Der Schwefel, eine entzündliche, bei mittlerer Temperatur concrete spröde Substanz von gelber Farbe, schmilzt bei etwa 90° R. förmlich, erweicht aber schon unter kleinern Temperaturen. Nach dem Schmelzen crystallisirt der Schwefel in der Kälte nadelförmig. Die Natur liefert zuweilen octädrischen Schwefel. Bei jeder Erhitzung durch äussere Wärme oder Reibung giebt der Schwefel einen eigenthümlichen Geruch, den er in den mittleren Temperaturen nicht hat. Über den Punkt seiner Flüssigkeit erhitzt, wird er zäher und roth; wirft man ihn in diesem Zustande ins Wasser, so bleibt er eine Zeit lang

weich wie Wachs, und dient zu Abdrücken (Pasten). Nach dem völligen Erkalten wird er wieder fest und gelb.

§. 1009.

Schmilzt man den Schwefel, ohne Zutritt von atmosphärischer Luft, und erhält ihn bei dieser Temperatur, so steigt ein dicker weißer Rauch von ihm auf, der sich in einem kältern Gefäße als ein feines Pulver, auch in Gestalt zarter Nadeln, ansetzt.

Diese Sublimation des Schwefels zeigt dem bloßen Auge das, was vom Phosphor §. 1001. gezeigt worden, noch deutlicher, nämlich eine Verdünstung in concreter Gestalt. Ob dabei eine Dilatation (ausser derjenigen der in den Gefäßen enthaltenen Luft) Statt finde oder nicht, ist noch nicht ausgemittelt.

§. 1010.

In mittlerer Temperatur oxydirt sich der Schwefel an der atmosphärischen Luft nicht, wohl aber bei höherer Temperatur. Der Geruch zeigt den Anfang dieser Oxydation an. Bei 120° R. entzündet er sich mit blauer schwacher Flamme, und unter Entwickelung von nicht sehr beträchtlicher Hitze. Seine Verbindung mit dem Sauerstoffgase liefert die schwefelichte und die Schwefelsäure.

§. 1011.

Der Schwefel ist im Wasser, im Weingeiste, im Äther, in Säuren nicht auflöslich. Dagegen zersetzt der Schwefel einige Säuren. Mit Schwefel zersetzt sich die oxygenirte Salzsäure, und bildet nun mit dem

damit aufgelöseten Schwefel eine Schwefelsalzsäure. Ist der Schwefel in sauerstoffhaltigen Substanzen unauflöslich, so verbindet er sich um so mehr mit solchen Substanzen, welche gar keinen oder nur wenig Sauerstoff haben. Dahin gehören Kohlenstoff, Wasserstoff, Phosphor, alle Öhle (Talg und anderes Fett mit inbegriffen), die Metalle, der Stickstoff und alle Alkalien.

§. 1012.

Wenn man Schwefeldünste über glühende Kohlen streichen läßt, so erhält man eine grünlichgelbe tropfbare Flüssigkeit, welche sehr flüchtig ist, etwa wie Äther, und, wie dieser, sich mit dem Wasser nicht vermischt, und in Sauerstoffgas sich entzündet. Bei dieser Entzündung bemerkt man einen Schwefelgeruch und eine niedergeschlagene kohligte Substanz. Da die Färbestoffe concrete Substanzen sind (wie in der Folge ausführlicher gezeigt werden wird), so ist diese erhaltene Flüssigkeit ein wahrer Äther mit concretem Schwefel und Kohle verunreinigt, welche, bei der Entzündung, jener schweflichte Säure bildet, dieser sich als Ruß niederschlägt; das Verpuffen, welches bei der Entzündung Statt findet, deutet auf eine der des Schießpulvers analoge Wirkung.

§. 1013.

Der Schwefel, im Augenblicke der Verflüchtigung, verbindet sich unmittelbar mit Wasserstoffgas, und bildet das sogenannte geschwefelte Wasserstoffgas, welches leicht entzündlich ist, den Geruch von faulen Eiern verbreitet, mit kaltem Wasser sich leicht vermischt. Die Entzündung dieses Gases liefert schweflichte Säure und Wasser. Ganz ähnlich

ist das Gas, das man erhält, wenn man eine Verbindung eines Metalls oder eines Alkali mit Schwefel in Gegenwart von Wasser durch Schwefelsäure trennt. Diese bis zur Entzündung oxydable Substanz, welche den Sauerstoff aus der Luft auch ohne Entzündung entzieht, die Metalle zum Theil desoxydirt, ist dennoch von Einigen für eine Säure ohne Sauerstoff (Hydrothion-Säure) gehalten worden, weil sie die Lackmustinctur röthet, von den Alkalien und Erden verschluckt wird und die Seife zersetzt. Allein die gewöhnliche Bereitungsart läßt vermuthen, daß sie etwas schwefelichte Säure enthält, welche die Zersezzung der Seife und die Röthung der Lackmustinctur bewirkt. Ihre Verwandtschaft mit den Erden und Alkalien hat sie mit dem Wasser und mehrern andern Substanzen, die nicht Säuren sind, gemein. Der wahre Begriff von Säure macht eine solche Verwechselung unmöglich.

§. 1014.

Sowohl durch bloßes Zusammenschmelzen, als durch Sublimation, verbindet sich der Schwefel mit dem Phosphor zu einer gelben Masse, welche bei 80° R. sich entzündet und mit gelbem Lichte brennt. Diese Mischung schwillt im Wasser auf, zersetzt das Wasser langsam und bildet geschwefeltes Wasserstoffgas, welches anzeigt, daß sie durch Affinität der zweiten Art entstanden ist.

§. 1015.

In der Hitze verbindet sich der Schwefel mit allen Öhlen zu Schwefelbalsamen. Bei der völligen Sättigung mit Schwefel wird die Masse (die bei weniger Schwefel noch flüssig war) fest und zähe. Die

Schwefelbalsame sind insgesammt mehr oder weniger braunroth (wegen Erhitzung des Schwefels) und verbreiten in mittlerer Temperatur einen starken stinkenden Geruch, der weder dem Schwefel noch dem Öhle eigenthümlich ist.

§. 1016.

Die meisten Metalle (Gold, Platina und Zink nicht) verbinden sich mit dem Schwefel (Schwefelmetalle). Die Natur liefert sie; die Kunst ahmt viele derselben durch Schmelzen nach. Schon durch bloßes Zerreiben von Schwefel und Queckſilber geht ein Anfang dieser Verbindung vor sich. Durch Erhitzung dieses Gemisches bis zur Sublimation entsteht der Zinnober, in schönrother crystallinischer Gestalt, eine Substanz, die weder im Wasser noch im Alkohol, noch in Säuren (die oxygenirte Salzsäure ausgenommen) auflöslich ist, aber im offenen Feuer zerstöhrt wird.

§. 1017.

Höchst wichtig sind die Einwirkungen des Schwefels auf einige Metalle. Zu gleichen Theilen mit Eisen gemischt, und mit Wasser angefeuchtet, explodirt das Gemisch und entzündet sich. Das Wasser wird durch die vereinigte Wirkung des Schwefels und des Eisens zersetzt; es bildet sich geschwefeltes Wasserstoffgas unter Erhitzung der Masse, und bei der Explosion entzündet sich das erhitzte Gas an der Luft. *) Wird

*) Übrigens ist es mir höchst wahrscheinlich, daß die atmosphärische Luft, mit welcher das Wasser imprägnirt ist, den ganzen Proceß einleitet, indem sie das Eisen oxydirt, und dadurch die Temperatur erhöhet. Denn weder der Schwefel, noch das Eisen, werden vom Wasser aufgelöset, wirken auch trocken und unter kleiner Temperatur nicht auf einander.

ein Gemenge von Schwefel und Kupferfeile bis zum Schmelzen des Schwefels erwärmt, so nimmt dann, nach den Versuchen der holländischen Chemiker, die Hitze so beträchtlich zu, daß das Gemisch zum Glühen kommt, und eine große Helligkeit verbreitet. Dieses findet in jeder Luftart, auch in sehr verdünnter atmosphärischer Luft, Statt.

§. 1018.

Die Natur liefert in einigen Mineralquellen eine Verbindung des Schwefels mit Stickstoff von unangenehmem Geruche, welche wie Schwefelwasserstoffgas auf Metallauflösungen wirkt.

§. 1019.

Endlich verbindet sich der Schwefel mit den Alkalien und den sogenannten alkalischen Erden. Diese Gemische sind äusserst oxydabel und zersetzen die atmosphärische Luft. Wird Wasser zugesetzt, so wird es zerlegt, und es entwickelt sich Schwefelwasserstoffgas; noch heftiger mit Säuren, wobei sich ein Theil des Schwefels niederschlägt. In diesen Phänomenen sehen wir also die Affinität des Schwefels zum Sauerstoffe durch die Gegenwart der Alkalien erhöhet.

§. 1020.

Über die Zusammensetzung des Schwefels weiß man noch weniger Bestimmtes als über die des Phosphors. Folgende Data können indeß Muthmaßungen begründen. Der Schwefel ist (§. 1009.) in der Wärme sehr verdunstbar (flüchtig); er verbindet sich mit Substanzen, die reich an Sauerstoff sind (§. 1011.), nicht; er bildet ein Äther (§. 1012.) mit bloßer Kohle; bei seiner Verbrennung nimmt er

(§. 967.) weniger Sauerstoff auf, als andere entzündliche Substanzen; lauter Phänomene, welche darauf deuten, daß der Schwefel ein Oxyd mit vielem Sauerstoffe sey. Die sehr kleine, blaue, schwache Flamme desselben zeigt an, daß die Basis nur wenig Wasserstoff enthalten kann.

§. 1021.

Der Diamant, die härteste aller bekannten Substanzen, durchsichtig, crystallinisch, mit dem größten Brechvermögen begabt, kann durch keine Hitze geschmolzen werden, man sieht nur, daß er etwas aufwallt und blättert. Sowohl im Sauerstoffgas, als in atmosphärischer Luft, entzündet er sich, jedoch mit sehr wenig Flamme, und liefert Kohlensäure. Ohne Zutritt von Luft verflüchtigt er sich in der heftigsten Hitze. Nach Morveau's Versuchen, welcher Diamant in Sauerstoffgas mittelst eines Brennglases entzündete, werden 82,12 Theile Sauerstoff erfordert, um 17,88 Diamant in Kohlensäure zu verwandeln, dahingegen bei der Kohle, nach Lavoisier, das Verhältniß 72 : 28 ist; woraus Guyton-Morveau schloß, daß der Diamant reiner Kohlenstoff seyn müsse, die Kohle aber Kohlenstoffoxyd, und daß folgende Reihe von animalischen kohlenstoff- und sauerstoffhaltigen Substanzen Statt finde, deren letzte am meisten Sauerstoff enthält: Diamant, Kohle, Reißblei, Kohlenstein (Anthracit). In der That leistet der Diamant die Dienste der gewöhnlichen Kohle. (Schade, daß das Gegentheil noch nicht herausgebracht ist!) Man kann damit Stahl aus Eisen machen, Schwefelsäure zersetzen ꝛc. Allein Morveau's Satz ist dadurch nicht erwiesen, vielmehr

hat nachher Berthollet gezeigt, daß Morveau sich in der Berechnung geirrt hatte, da er von dem Wasserstoff der Kohlensäure dabei keine Notiz genommen hatte. *) Demnach ist es ausgemacht, daß der Diamant aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehe, in noch nicht rein bestimmten Verhältnissen, und wahrscheinlich aus Etwas Sauerstoff, welches auf eine Entstehung desselben aus dem vegetabilischen Reiche deutet.

§. 1021.

Die Metalle bilden eine höchst merkwürdige Reihe von Substanzen, deren Character bis jetzt noch nicht gehörig bestimmt werden konnte. Es bleibt also nichts übrig, als die Eigenschaften derselben aufzuzählen, ohne eine oder einige derselben als die characteristische ansehen zu können. Ohne Widerrede behaupten jetzt 22 Substanzen den Rang der Metalle, nämlich Platin, Gold, Wolfram, Queckſilber, Blei, Silber, Wismuth, Nickel, Kobalt, Kupfer, Eisen, Zinn, Zink, Braunstein (Magnesium), Spießglanz, Arsenik **), Molybdän, Uran, Titan, Chrom, Tellur, Niccolan; minder bestimmt: Columbium, Iridium, Cerium, Palladium ꝛc. ***)

Die Eigenschaften der Metalle sind: Dichtigkeit, Undurchsichtigkeit, Dehnbarkeit, Schmelzbarkeit, Verflüchtigbarkeit, Cry-

*) Schon früher hatte ich aus den Versuchen Morveau's selbst deducirt, daß der Diamant Wasserstoff enthalte, und auf die Möglichkeit eines solchen Rechnungsfehlers aufmerksam gemacht.

**) Bis dahin in der Ordnung ihres specifischen Gewichts.

***) Davy's sogenanntes Kalimetall ist nach den Resultaten der meisten Untersuchungen, besonders Grindels, Gay-Lussac und Thenard, nichts als eine Modification des Alkali durch eine Verbindung desselben mit Wasserstoff.

stallisirbarkeit, wechselseitige Auflöslichkeit, Unauflöslichkeit in Wasser, Alkalien, Alkohol ꝛc., Verwandtschaft mit dem Sauerstoffgase und den Säuren, Entzündlichkeit.

§. 1022.

Die Metalle sind die dichtesten aller bekannten Substanzen. Das Platin kann durchs Hämmern und Walzen bis zu 22,069 verdichtet werden, Molybdin, das leichteste Metall, hat ein specifisches Gewicht von 6,000, dagegen die schwerste Erde, blätterichter Schwerspath nur von 4,800. Dieser großen Dichtigkeit verdanken die Metalle zum Theil ihren großen Glanz.

§. 1023.

Die Undurchsichtigkeit der Metalle, die man ziemlich allgemein und unbedingt voraussetzt, ist es nicht. Am Goldblatte bemerkt man nicht nur Durchsichtigkeit, sondern auch Färbung der Bilder. Daß man ein ähnliches Phänomen an andern Metallen nicht wahrgenommen hat, liegt vielleicht daran, daß man keine so dünne Lamellen davon zubereiten kann.

§. 1024.

Die Metalle liefern die dehnbarsten Substanzen im Golde, Platin, Blei, Zinn, Silber ꝛc., und sind alle wenigstens so dehnbar, daß sie sich hämmern und pressen lassen. Aber die ganze Reihe der Metalle liefert beträchtliche Variationen in den Graden der Dehnbarkeit; so lassen sich z. B. Zink, Arsenik, Magnesium ꝛc. kaum noch hämmern, obgleich auch bemerkt werden muß, daß man das Zink jetzt so zu behandeln gelernt hat, daß es sich wie die dehnbarsten Metalle verhält, treiben und zu Folie bearbeiten läßt.

Vielleicht sind alle Metalle höchst dehnbar, wie Gold und Blei, und daß es nur auf eine langsamere Abkühlung nach dem Schmelzen ankommt, um ihnen diese wichtige Eigenschaft zu lassen, die bei der gewöhnlichen Abkühlung ihnen vielleicht nur geraubt wird. *) Durch das Hämmern werden alle Metalle spröder. Die Dehnbarkeit trägt wahrscheinlich zum Glanze der polirten Metalle bei, indem bei dem Poliren die festen Theile nicht bloß weggeschliffen, sondern auch gebogen werden und dadurch die Poren ausfüllen.

§. 1025.

Alle Metalle sind für sich, ohne Zusatz, schmelzbar; dabei aber findet die allergrößte Gradation in der erforderlichen Wärme Statt. Queckſilber schmilzt bei — 32° R.; eine Mischung aus 5 Theilen Wismuth, 3 Theilen Blei und 3 Theilen Zinn (leichtflüſſiges Metall) schmilzt bei + 80°, Eisen bei + 7528° R., Platin bei 14331° R. Viele Metalle schmelzen vor der Glühhitze in ganzen Massen, namentlich Queckſilber, Zinn, Blei, Wismuth, Zink; andere glühen vor dem Schmelzen in ganzen Massen, als: Platin, Gold, Silber, Kupfer, Eisen, Nickel, Kobalt, Magnesium. Alle schmelzen plötzlich, Platina und Eisen ausgenommen, welche vorher weich werden. Übrigens muß bei dem Schmelzen der Metalle nicht vergessen werden, daß die Temperatur der äussern Theile der Masse immer höher ist, als die der innern Theile, und daß also bei dem Glühen der Metalle eine Schmelzung der Oberfläche wahrscheinlich

*) Ob das dehnbare Zink seine niedrige Stufe der Leitungsfähigkeit für die Electricität noch behauptet, ist eine der Beantwortung sehr werthe Frage. Ich bezweifle es.

Statt findet, welches bei den schweißbaren Metallen, als: Eisen und Platin, sichtbar ist. Bei dem Schmelzen behaupten die Metalle in nicht metallenen Gefäßen eine convexe Oberfläche, welches einen Beweis der großen Adhäsion der flüssigen Metalle unter sich giebt.

§. 1026.

Alle Metalle verflüchtigen (sublimiren) sich bei den gehörigen Graden der Hitze, wobei die meisten sich an der atmosphärischen Luft oxydiren; Platina, Gold und Silber nicht. Daß die Metalle, im Zustande der Verflüchtigung, vor ihrer Oxydation eine elastische Substanz bilden, ist vom Queckſilber namentlich sehr bekannt. Das Entgegengesetzte der Verflüchtigbarkeit nennt man Feuerbeständigkeit; sie hat natürlich sehr verschiedene Grade.

§. 1027.

Bei dem Erkalten nach dem Schmelzen crystallisiren mehrere Metalle. Sehr deutlich sieht man die Crystallisation am Zink, Wismuth, Spiesglanz, Arsenik, Eisen, Queckſilber. Bei dem Platin, Golde, Silber, Kupfer, Blei ꝛc. ist sie weniger sichtbar. Vielleicht kommt es auf Grade der Temperatur des erkaltenden Mittels auch an. Merkwürdig ist's, daß gerade die Metalle, welche am sichtbarsten crystallisiren, sich auch am leichtesten unter Oxydation sublimiren. Bei dem Erkalten werden die meisten Metalle specifisch schwerer; einige aber specifisch leichter, als: Wismuth, Eisen, Zink. Die Crystallisirung bewirkt offenbar diesen Unterschied.

§. 1028.

Die meisten Metalle mischen sich durch das Schmelzen untereinander, unter allerlei Verhältniß-

sen, mit mehr oder weniger Leichtigkeit. Diese Mischung ist, nach den bisherigen Beobachtungen zu urtheilen, Folge einer Affinität der ersten Art; namentlich zeigt sich das an den Queckſilberverbindungen. Jedoch bemerkt man, daß bei einigen solcher Mischungen, namentlich Gold und Silber zu gleichen Theilen, eine mechanische Mengung erforderlich (wenigstens zur schnellern Mischung) ist. Entscheiden ließ sich die Sache, für alle Fälle, wenn man die Metalle lange im Flusse erhielt, die specifisch schwerern unten, wie es mit den tropfbaren Flüssigkeiten überhaupt der Fall ist. Die auffallendste Gattung dieser Verbindungen ist die des Queckſilbers, welche mit vielen Metallen im concreten Zustande und in der gewöhnlichen Temperatur Statt findet (Amalgama). Hier wirkt das Queckſilber auf Gold, Silber, Blei, Zinn ꝛc. völlig wie das Wasser auf Zucker, Gummi, Salz ꝛc.; auf Eisen wirkt es aber gar nicht, weder unter gewöhnlicher Temperatur, noch bei der Schmelzhitze des Eisens. Daraus folgt aber nicht, daß das Queckſilber und das Eisen keine Affinität zu einander hätten. Diese Affinität kann aber nicht wirken, weil im Falle der Schmelzhitze des Eisens, das Queckſilber sich verflüchtigt, noch ehe es das Eisen berührt, und in gewöhnlicher Temperatur die Adhäsion des Queckſilbers zu sich selbst, §. 107. und 114., beinahe fünfmal größer ist als die des Queckſilbers zum Eisen, mithin jene große Adhäsion der Affinität entgegen wirkt. Dagegen ist die Adhäsion des Queckſilbers zu jedem der übrigen Metalle größer als zu sich selbst, da das Queckſilber alle diese Metalle naß macht. Metallverbindungen haben ein specifisches Gewicht, das

bald größer, bald kleiner ist, als das aus dem Verhältnisse der Mischung berechnete. Aber die Dehnbarkeit ist immer geringer, und die Crystallisirbarkeit größer.

§. 1029.

Es ist längst bekannt, daß reine Metalle und reine Alkalien (diese mögen kohlensauer seyn oder nicht) gar nicht auf einander einwirken, so wie reine Metalle und Erden. Aber man glaubte bisher, daß die meisten Metalle das Wasser in der gewöhnlichen Temperatur zersetzen, weil sie sich in demselben oxydiren. Folgende Versuche beweisen das Gegentheil, und daß es die atmosphärische Luft ist, welche die Metalle unter Wasser oxydirt.

† 1) Man fülle 5 kleine Flaschen mit destillirtem, stark ausgekochtem, noch siedendem Wasser, versenke sogleich darin metallene kleine Stangen, welche sehr rein und polirt sind, nämlich Eisen, Zink, Blei, Messing, Kupfer, und verschließe sie vollkommen mit Kork, Kütt und Blase.

Von demselben destillirten und ausgekochten Wasser gieße man etwa ½ Zoll hoch in 5 offene Schalen, und lege gleiche Metallstücke in dieselben, so daß die Metalle mit etwa 3 bis 4 Linien Wasser gedeckt werden. Von Zeit zu Zeit ergänze man den Verlust in den Schalen, den die Ausdünstung verursacht.

Nach 4 Wochen ergiebt sich folgendes Resultat: Im verschlossenen Wasser hatte das Kupfer nicht die geringste Veränderung erlitten; das Messing gleichfalls; das Zink hatte noch seinen Glanz, schillerte aber an seiner ganzen

Oberfläche ins Meergrüne und Violette. Das Blei war grau angelaufen, ohne doch seinen ganzen Glanz zu verlieren; das Eisen hatte etwas von seinem Glanze verloren, war aber nicht gefärbt.

Im offenen Wasser hatte das Kupfer keine Veränderung erlitten; das Messing war braun angelaufen, und auf einigen Stellen eingeätzt. Das Zink war grau und an einer Stelle weiß oxydirt, und zwar so beträchtlich, daß es Etwas von seinem Oxyd ins Wasser abgestoßen hatte. Das Blei hatte seinen Glanz beinahe ganz behalten, nur an zwei Stellen war es beträchtlich (weiß) oxydirt. Das Eisen ausserordentlich stark, und zwar roth, oxydirt. Eine beträchtliche Menge des Oxyds war rings um das Metall, auf dem Boden der Schale, zerstreut. Filtrirt man jede dieser Wasserportionen sorgfältig, sowohl die verschlossene als diese, so zeigt sich durch die empfindlichste Reagention keine Spur von aufgelöstem Metalle in denselben. *)

Die Veränderungen, am Zink, Eisen und Blei, in den verschlossenen Gefäßen, deuten auf einen An-

*) Schon im Jahre 1802 hatte ich ähnliche Versuche angestellt, und, wo ich nicht irre, irgendwo erwähnt. Im Jahre 1808 ersuchte mich mein Freund, der Hr. Prof. Grindel, um die Mittheilung derselben, für sein Jahrbuch der Chemie und Pharmacie. Dies veranlaßte mich zu einer Wiederholung und Vervielfältigung derselben. Jetzt, 1810, lese ich in Gilb. Annalen, daß Guyton-Morveau eine ähnliche Wirkung der atmosphärischen Luft am Blei beobachtet hat, welches also meinen Versuchen zur Bestätigung dient.

fang von Oxydation; sey es, daß das ausgekochte Wasser noch Spuren von Luft enthielt, oder daß die angewandte Art, die Flaschen zu verschließen, nicht vollkommen genug war. Aber diese Veränderungen sind völlig unbedeutend gegen diejenigen, welche diese Metalle, so wie das Messing, im offenen Wasser erleiden; welche beweisen, daß diese Oxydation der atmosphärischen Luft zuzuschreiben ist. Hier wirkt die Affinität auf folgende Art; die Affinität der zweiten Art, zwischen dem Metall und dem Sauerstoffe der im Wasser enthaltenen Luft, verbindet diese zwei Stoffe; die Affinität der ersten Art, zwischen dem Wasser und der atmosphärischen Luft, ersetzt den Verlust an Sauerstoffgas, den die Oxydation bewirkt hat, wodurch die fortgesetzte Oxydation möglich wird. Ganz diesem Phänomene analog, ist die Auflösung des Kupfers im Ammonium, welche ohne Zutritt von Sauerstoffgas gar nicht geschieht.

† 2) Setzt man ein Stück Eisen oder Stahl in ein Glas voll gekochtem (oder ungekochtem) Queckſilber, und verstopft es sorgfältig, dann ein gleiches Stück in offenes Queckſilber, so aber, daß es vom Queckſilber bedeckt sey, so wird nach mehreren Monaten jenes Stück Eisen nicht oxydirt seyn, dieses aber sehr beträchtlich, und zwar nicht völlig roth, sondern rothbraun.

† 3) In völlig trockener atmosphärischer Luft oxydirt sich kein Metall unter mittlerer Temperatur.

Um den Satz der Oxydation der Metalle unter Wasser durch Zersetzung nicht des Wassers, sondern der im Wasser enthaltenen und nach und nach ersetz-

ten Luft, über jeden Zweifel zu erheben, dienen noch die zwei folgenden Versuche:

† 4) Man setze ein Stück Eisen unter Wasser, in einem cylindrischen Glase, und kehre es in einer Schale um, so daß es durch etwa $\frac{1}{4}$ Zoll Wasser gesperrt werde, so wird sich das Eisen nach und nach oxydiren, und es wird sich keine Luft entwickeln, kein Wasserstoffgas.

† 5) Man lege in eine einen Zoll weite und drei Fuß lange sehr genau eingetheilte Röhre etwa $\frac{1}{2}$ Unze sehr reiner Eisenspähne, gieße darin nur so viel destillirtes Wasser, daß die Spähne davon naß werden, und verschließe die Röhre sorgfältig. Durch Schütteln vertheile man die Spähne auf der innern Wand der Röhre herum. Die Oxydation wird nun schnell vor sich gehen, und wenn man nach einigen Stunden die Röhre im Wasser öffnet, so bemerkt man eine beträchtliche Luftverminderung. Prüft man diesen Rückstand mit Phosphor, so findet man, daß der verschwundene Antheil Sauerstoffgas ist. *)

§. 1030.

Alkohol, Äther und Öhle verbinden sich mit den Metallen nicht. Dagegen verbinden sich alle Metalle mit den Schwefelalkalien, letztere bald im concreten

*) In dem von mir angestellten Versuche fand ich einen Luftverlust von 0,176, nachdem die Eisenspähne und das Wasser etwa 40 Stunden lang auf die Luft eingewirkt hatten. Der Rest von Luft, durch den Phosphor geprüft, zeigte einen Sauerstoffgehalt von 0,05 an; da nun der gewöhnliche Sauerstoffgehalt der Luft zwischen 0,22 und 0,23 fällt, so ist's offenbar, daß die obigen 0,176, welche verschwanden, Sauerstoffgas waren.

Zustande durch Wärme, bald im flüssigen Zustande unter gewöhnlicher Temperatur. Mit dem Phosphor verbinden sich die meisten Metalle durch Schmelzung; jedoch weniger als mit dem Schwefel; für die schwerflüssigen Metalle muß man aber besondere Kunstgriffe anwenden, weil der Phosphor sich so leicht verflüchtigt.

§. 1031.

Alle Metalle zeigen Affinität zum Sauerstoffe, und zwar Affinität der zweiten Art. Diese Affinität zeigt sich aber nicht bei allen zu dem Sauerstoffgase. Platin, Gold, Silber und Nickel wirken auf den Sauerstoff der atmosphärischen Luft gar nicht, weder unter gewöhnlicher Temperatur, noch unter den heftigsten Graden der Hitze, noch im Wasser. Alle übrigen Metalle zersetzen die atmosphärische Luft; einige unter gewöhnlicher Temperatur, zwar nicht im trockenen Zustande, sondern unter Zutritt von Feuchtigkeit, andere aber unter Einfluß der Glühhitze. Alle Metalle entzünden sich förmlich, unter Einwirkung der Electricität, in der atmosphärischen Luft; Eisen und Stahl, ohne Electricität, in reinem Sauerstoffgas unter Weißglühhitze. Vermöge dieser Verwandtschaft der Metalle zum Sauerstoffe werden mehrere Substanzen ihres Sauerstoffs beraubt.

§. 1032.

Die Affinität der Metalle zum Sauerstoffe zeigt sich vorzüglich bei ihrer Verbindung mit den Säuren. Jedes Metall wird wenigstens durch eine Säure aufgelöset; einige durch mehrere Säuren (Metallsalze). Allein vor der völligen Auflösung geht meistens eine bloße Entziehung des Sauerstoffs aus der Säure

durch das Metall vor; so daß man es allgemein annimmt, daß die Metalle zuerst in den Säuren sich oxydiren, und dann erst als Oxyde aufgelöset werden. Woraus zu schließen ist, daß die Säure eigentlich zum Metall keine Affinität hat, sondern nur der Sauerstoff derselben, in so fern er nicht hinlänglich mit der Basis der Säure gebunden ist. Daher nur gewisse Säuren gewisse Metalle angreifen, z. B. die oxygenirte Salzsäure, in welcher der Sauerstoff nur sehr leicht gebunden ist, das Gold; dahingegen alle Säuren alle Metalloxyde auflösen. Indeß ist es nicht zu übersehen, daß das reine Sauerstoffgas die Metalle in gewöhnlicher Temperatur nicht oxydirt, daß also seine Verbindung mit einer Basis, das heißt, die Säure als Säure allein die Oxydation möglich macht.

§. 1033.

Die Verbindungen der Metalle mit Sauerstoff liefern in der Regel nur Oxyde. Davon sind ausgenommen: Arsenik, Molybdän, Wolfram, Chromium, welche bei der Glühhitze sich entzünden, und eine Säure liefern. Zur Erzeugung der Metalloxyde verbindet sich der Sauerstoff in verschiedenen quantitativen Verhältnissen nicht nur mit verschiedenen Metallen, sondern auch mit jedem einzelnen Metalle. Daher man verschiedene Grade der Oxydation statuirt, welche sich schon durch die Farbe zu erkennen geben. So ist das Eisenoxyd bald schwarz, bald grau, bald orange, bald roth, nach den Graden der Oxydation. Im Wasser oxydirtes Eisen zeigt alle diese Nüancen. Allein die Farbe der Metalloxyde ist sehr veränderlich nach den Zusätzen. So z. B. wird das schwefelsaure

Eisen durch Kali gefällt, zum Theil weiß; alle Fällungen des Eisenoxyds, durch blausaures Kali, sind blau; die Auflösungen von Kupfer werden durch Ammonium blau, durch blausaures Kali hellroth oder braun; durch die Electricität werden die Metallauflösungen meistens weiß gefällt. Bei allen diesen Entstehungen und Veränderungen der Farben in den Metalloxyden spielt das Wasser eine wichtige Rolle (Hydrate), höchstwahrscheinlich durch seinen Wasserstoff, wovon ein Mehreres in dem vierten Kapitel dieses Abschnittes.

§. 1034.

Alle Metalloxyde lassen sich desoxydiren, d. h. den Sauerstoff vom Metall in ihnen trennen. Einige werden es durch bloße Glühhitze, als z. B. Queckſilberoxyd, Goldoxyd, Nickeloxyd, Magnesiumoxyd. Die meisten aber erfordern noch ausser der Hitze eine oxydable Substanz, als z. B. Kohle, Fett, oder ein anderes nicht oxydirtes Metall. Auch gehen die Desoxydationen mehrerer Metalloxyde ohne Erhizzung vor sich, durch andere oxydable Substanzen, als: durch Wasserstoffgas, Hydrothiongas, andere Metalle, Lichtstoff, wenn die Metalloxyde in Säuren aufgelöset sind, welches die Chemiker auf nassem Wege nennen. Die Metalloxyde, welche in der Glühhitze gar nicht oder nicht ganz reducirt werden, schmelzen in dieser Hitze zu Glas und befördern die Schmelzung der Erden.

§. 1035.

Aus dieser Übersicht der Eigenschaften der Metalle läßt sich, wie schon erinnert worden, kein ganz

bestimmter Character der Metalle angeben. Das große specifische Gewicht kann dazu nicht dienen, da man in der Angabe des specifischen Gewichts des Molybdäns von 8,60 bis 4,13 variirt, und Baryt 4,80 hat. Auch würde Niemand eine Substanz, die sich sonst wie Metall verhielt, deswegen nicht für solches anerkennen, weil es ein specifisches Gewicht von 3,00 oder noch ein geringeres hätte. In der Dehnbarkeit werden mehrere Metalle vom Wachse und dem Phosphor bei einer Temperatur von etwa 24° R. übertroffen, und die dehnbarsten Metalle verlieren in großem Grade der Kälte diese Eigenschaft. Die chemischen Eigenschaften können eher zur Characteristik der Metalle dienen; sie sind in der That sehr merkwürdig. Es giebt nämlich unter allen bekannten Stoffen nur drei, mit welchen die reinen Metalle Affinität haben, nämlich Sauerstoff, Schwefel und Phosphor. Die Säuren selbst lösen kein reguliniſches Metall, sondern nur Metalloxyde auf. Weder Wasser noch Alkalien wirken weder auf die reinen Metalle noch auf ihre Oxyde; die Alkalien, welche die Metallsalze zerlegen, desoxydiren die Oxyde nicht. Wir müssen also bis jetzt sagen: Metalle sind solche Substanzen, welche nur zum Schwefel, Phosphor und Sauerstoffgas Affinität haben, und zwar zu diesem nur unter Einfluß der Schmelz- oder Glühhitze des Metalls oder im höchstverdichtesten Zustande des Gases in einer tropfbaren Flüssigkeit. *)

*) Ich glaube, daß der Ausdruck Metallität keinen Sinn hat. Wir werden nie aus den vielen Eigenschaften der Metalle (die sie mit andern Substanzen gemein haben) eine collective Eigenschaft machen können.

§. 1036.

In Rücksicht auf die Einfachheit oder Nichteinfachheit der Metalle, liefern uns die obigen Data keine Resultate. Dürfte man indeß aus den negativen, wie aus den positiven, Eigenschaften der Metalle schließen, so könnte man die Vermuthung aufstellen, daß die Metalle aus Wasserstoff und Stickstoff bestehen, da sie mit diesen beiden Stoffen keine Affinität zeigen, hingegen entzündlich sind. Die Metalloxyde würden demnach sich an die Alkalien und Erden anreihen (ohne jedoch Alkalien oder Erden zu seyn), mit welchen sie ohnehin zwei merkwürdige Eigenschaften gemein haben, die Ätzbarkeit und die Bildung von Salzen mit den Säuren. Jedoch sind solche Vermuthungen nichts mehr als Winke, die den Naturforscher in neuen Untersuchungen leiten können. *)

§. 1037.

Die Erden und Alkalien bilden eine neue Reihe von Substanzen, welche eine höchst wichtige Rolle in den Naturphänomenen spielen. Ihr Charakter, besonders die Unterscheidungszeichen zwischen

*) So wenig solche Hypothesen als Theorien aufgestellt werden können, so sehr glaube ich, daß sie berücksichtigt werden müssen, weil sie aus einem reinen Grundsatze fließen, nämlich, daß homogene Stoffe keine Affinität zu einander haben, ein Satz, der freilich nicht überall umgekehrt werden kann; wäre dieser Grundsatz einer allgemeinen Inversion fähig, so wäre aber auch dann die Hypothese eine Theorie. Die Geschichte der Zersetzung der Kohle zeigt den Nutzen, den die Probe mit einer solchen Inversion leisten kann. Der Hr. Prof. Grindel und ich waren die Ersten, welche die Gegenwart des Wasserstoffs in der ausgeglüheten Kohle vermutheten, und zwar Anfangs bloß, weil diese Kohle zum Wasserstoffgas gar keine Affinität zeigt.

Alkalien und Erden, ist noch nicht bestimmt worden, und man ist noch nicht darüber einig, was man bestimmt zu den Erden, was man zu den Alkalien rechnen soll, und man hat daher alkalische Erden als Mittelgattung statuirt. Die gewöhnliche Eintheilung ist folgende: Erden: Kieselerde, Circonerde, Talkerde oder Magnesia, Glycin oder Beryllerde oder Süßerde, Thon oder Alaunerde; alkalische Erden: Kalk, Strontian, Baryt oder Schwererde; Alkalien: Ammonium, Natron oder Soda, Kali oder Potasche. Es bleibt nichts übrig, als jede dieser Substanzen besonders nach ihren Eigenschaften kennen zu lernen, um darin die Data zu der Characteristik der Arten aufzusuchen.

§. 1038.

Die Kieselerde ist wahrscheinlich die auf der Erdkugel am meisten ausgebreitete Erdart, kommt aber nie rein vor. Ihr specifisches Gewicht ist 1,975. Im reinen Zustande ist sie für sich unschmelzbar; wird aber durch Zusätze von Alkalien, oder Phosphorsäure, oder Boraxsäure, oder Metalloxyden in Fluß gebracht. Ein großer Überfluß von Kali bildet damit in der Glühhitze eine Substanz, die sich im Wasser auflöset und Wasser aus der Luft ziehet (Kieselfeuchtigkeit). Die reine Kieselerde ist im Wasser unauflöslich; sie bindet kein Wasser, zeigt zum Wasser nur die gewöhnliche Flächenanziehung. Sie zeigt keine Affinität zu oxydablen Substanzen, als: Phosphor, Schwefel, Fett ꝛc. Auf nassem Wege zeigt sie keine Affinität zu den Alkalien. Nur zwei Säuren, Phosphorsäure und Flußspathsäure, lösen sie auf. Letztere kann als ihr eigentliches Auflösungsmittel in

mittleren Temperaturen angesehen werden. Ihre Salze sind im Wasser unauflöslich.

Die Zirconerde ist im Feuer für sich unschmelzbar, nur mit Boraxsäure in Fluß zu bringen; im Wasser unauflöslich, vereinigt sich aber mit Wasser zu einer gallertartigen Masse. Sie zeigt keine Affinität zu den oxydablen Stoffen, auch nicht zu den Alkalien, weder auf nassem Wege noch in der Glühhitze. Sie ist auflöslich in Kohlensäure, Salpetersäure, Essigsäure, Weinsteinsäure und Salzsäure. Nur die salz- und salpetersauren Salze derselben sind im Wasser unauflöslich.

Die Talkerde ist in der Glühhitze unschmelzbar, fließt aber für sich vor dem Löthrohre mit Sauerstoffgas, jedoch nur sehr schwer; geglüht wird sie phosphorescirend. Sie ist im Wasser unauflöslich, bindet auch kein Wasser. Von allen oxydablen Substanzen verbindet sie sich nur mit wasserstoffhaltiger Schwefelleber; gegen die Alkalien auf nassem und trockenem Wege ist sie unempfindlich. Dagegen verbindet sie sich mit allen Säuren, ausgenommen oxygenirte Salzsäure. Ihre Salze sind (das sauerkleesaure ausgenommen) alle mehr oder weniger im Wasser auflöslich, und schmecken meistens bitter; daher ihr Name, Bittererde.

Die Glycin ist im Feuer für sich unschmelzbar, löset sich im Wasser nicht auf, scheint aber Wasser durch Affinität zu binden, da sie, mit Wasser geknätet, eine klebrigte Masse bildet, von welcher nur hohe Grade der Hitze das Wasser verflüchtigen können. Sie zeigt keine Affinität mit den oxydablen Substanzen, wohl aber mit den Alkalien, in welchen sie auf

naſſem Wege auflöslich iſt. Sie verbindet ſich mit allen Säuren, ausgenommen Arſenik- Benzoe- Blau- Bernſtein- Fluß- und Boraxſäure. Ihre meiſten Salze ſind im Waſſer auflöslich; einige ſogar nicht cryſtalliſirbar. Die meiſten derſelben ſchmecken ſüßlich, daher ihr Name Süßerde.

Die Thonerde iſt für ſich nur vor dem Löthrohre mit dem Sauerſtoffgas ſchmelzbar. Sie iſt im Waſſer unauflöslich, aber ſie bindet das Waſſer ſtärker als die Glycin; in den Alkalien auf naſſem Wege ſehr auflöslich, aber ſie hat keine Affinität mit den entzündlichen Subſtanzen. Sie iſt mit allen Säuren verwandt, auſſer mit der Kohlenſäure; die ſauerklee- und weinſteinſauren Salze derſelben ſind im Waſſer nicht auflöslich; alle übrigen aber ſind es in ſo hohem Grade, daß mehrere davon nicht zum Cryſtalliſiren zu bringen ſind.

Auſſer dieſen eigentlichen Erden zählt man noch die Yttererde und die Ochroïterde; deren Eigenſchaften aber nicht ſo genau beſtimmt ſind, die vielleicht gar Metalloxyde ſind.

§. 1039.

Die Kalkerde iſt im Ofenfeuer nicht völlig ſchmelzbar, ſondern geht nur einen Anfang von Schmelzung ein, wofür man das Wort ſintern hat, aber die Kieſelerde wird von ihr geſchmolzen. Sie iſt im Waſſer auflöslich (Kalkwaſſer), im Verhältniß von 1 Theil Kalk in 680 Theilen kalten und 500 ſiedenden Waſſers. Sie bindet das Waſſer in beträchtlicher Menge; daher die große Erhitzung bei dem ſogenannten Löſchen des Kalks, welche, wenn man nur wenig Waſſer braucht, bis zu einem gewiſ-

sen Grade der Entzündung geht; ein Phänomen, welches wahrscheinlich in einer Zersetzung des Wassers seinen Grund hat. Sie hat eine große Affinität zum Schwefel, Phosphor, geschwefelten Wasserstoffgase und zu den animalischen Substanzen, welche sie zerstört (Ätzbarkeit). Sie wirkt auf die vegetabilischen Färbestoffe, wie die Alkalien. In der Glühhitze zeigt der Kalk zu den Alkalien Affinität und schmilzt mit ihnen zu einer Art von Glas, doch schwerer als die Kieselerde. Auf nassem Wege löset sich der Kalk nicht in den Alkalien auf, sondern der Kalk wird durch die Alkalien aus dem Kalkwasser niedergeschlagen. Der Kalk hat mit allen Säuren Verwandtschaft. Dessen Salze mit Salpeter- Salz- Essig- und Benzoe-Säuren sind leicht im Wasser auflöslich; alle übrigen sind es gar nicht oder nur wenig. Salpetersaurer, noch mehr aber salzsaurer, Kalk auf Papier getrocknet, oder in Weingeist aufgelöset, giebt, vorzüglich nach Grindel, der Flamme eine carminrothe Farbe. Der Kalk nimmt den faulenden Stoffen ihre Fäulniß, zersetzt den Weingeist unter Einfluß der Wärme. Alle angeführten Eigenschaften kommen nur dem reinen Kalke zu, welches auch von den übrigen folgenden Erden gilt. Sobald er mit Kohlensäure verbunden ist (welches der gewöhnliche Zustand des Kalks ist), hört er auf diese Eigenschaften zu zeigen. Sein technischer Gebrauch ist sehr ausgedehnt und bekannt.

Die Strontianerde ist im Glühefeuer nicht schmelzbar, phosphorescirt aber stark. Zu Kieselerde zugesetzt, schmelzen beide. Sie ist im Wasser auflöslich im Verhältniß von 1 Theil Strontian auf 200 Theile Wasser. Sie bindet das Wasser eben so

ſtark als der Kalk mit Erzeugung von Hitze. Sie zeigt dieſelbe Affinität zu dem Phosphor, Schwefel, Schwefelwaſſerſtoff und den mineraliſchen Subſtanzen als die Kalkerde, und zwar in einem noch höheren Grade, ſo wie auch die alkaliſche Einwirkung auf die vegetabiliſchen Pigmente. Sie verbindet ſich mit allen Säuren; auch ſind nur 4 ihrer Salze, nämlich das ſalz- eſſig- borax- und blauſaure, im Waſſer auflöslich. Die ſalz- und ſalpeterſaure Strontianerde, auf Papier oder in Weingeiſt aufgelöſet, geben der Flamme eine noch intenſivere rothe Farbe als die Kalkſalze.

Die Schwererde iſt für ſich im höchſten Glühfeuer und vor dem Löthrohre mit Sauerſtoffgas ſchmelzbar. Sie iſt ein kräftiges Mittel zum Schmelzen der Kieſelerde und aller übrigen Erden. Sie iſt im Waſſer auflöslich, im Verhältniß von 1 Theil Baryt auf 20 Theile kalten und 2 ſiedenden Waſſers. Sie bindet das Waſſer noch ſtärker als der Kalk und Strontian. Sie zeigt die größte Affinität zu dem Phosphor, Schwefel, beſonders zu dem Schwefelwaſſerſtoff. Sie wirkt zerſtörend auf die animaliſchen Stoffe und alkaliſch auf die Pflanzenpigmente, ſtärker als Kalk und Strontian und als die Alkalien ſelbſt, und iſt alſo in dieſen Rückſichten das höchſte Reagens. Sie verbindet ſich mit allen Säuren zu Salzen, welche insgeſammt giftig ſind, welches andeutet, daß dieſe Erde auch in dieſer Verbindung ihre Ätzbarkeit nicht ganz verloren hat. Alle dieſe Salze ſind, das ſalz- und das eſſigſaure ausgenommen, im Waſſer unauflöslich.

§. 1040.

Das Kali (vegetabilisches Alkali, Pottasche) schmilzt bei mäßiger Hitze, verflüchtigt sich in der Glühhitze und ist in dieser Temperatur ein mächtiges Schmelzmittel für mehrere Erden. Es verbindet sich unter Erhitzung mit dem Wasser, jedoch nicht so heftig als die alkalischen Erden (vermuthlich weil es vorher im Wasser schmilzt), ist im Wasser so auflöslich, daß 100 Theile Kali nur 75 Theile Wasser dazu erfordern; bei dieser Schmelzung wird die Temperatur erniedrigt. Das Kali zerstört alle weiche animalische Substanzen, indem es sich mit ihnen zu einer gallertartigen Substanz verbindet. Mit Phosphor allein verbindet es sich nicht unmittelbar; aber unter Einfluß des Wassers bildet es gephosphortes Wasserstoffgas und Phosphorsäure, welches anzeigt, daß das Kali die Affinität des Phosphors zum Sauerstoffe des Wassers erhöhet. Mit dem Schwefel verbindet sich das Kali auf trocknem und nassem Wege und liefert das schon erwähnte Schwefelkali. Das Kali verbindet sich mit allen Säuren, jedoch schwächer als die Schwererde, da diese (in der Regel diese allein) die Salze des Kali zersetzt. Diese Salze sind, das essigsaure und das äpfelsaure ausgenommen, alle crystallisirbar, und nur 5 derselben sind an der Luft zerfließbar oder verwittern, nämlich das citron- benzoe- fett- blau- und bernsteinsaure.

Das Natron (mineralisches Alkali) besitzt alle Eigenschaften des Kali, die Schmelzbarkeit mit eingerechnet, aber alle in einem geringen Grade, die Eigenschaft die Kieselerde in Fluß zu bringen ausgenommen, die es in höherem Grade hat als das Kali. Es

verbindet sich auch mit allen Säuren, und kann durch Kali daraus getrennt werden. Seine Salze sind auch von den Salzen des Kali verschieden. Die meisten derselben sind nicht luftbeständig, sondern zerfließen oder verwittern (effloresciren); das neutrale boraxsaure Natron crystallisirt gar nicht, sondern bildet nur eine dicke Flüssigkeit; luftbeständig sind nur das bernstein- salz- oxygenirte salz- und flußsaure.

Höchst merkwürdig ist die Eigenschaft des oxygenirt-salzsauren Kali und Natron mit leicht oxydablen Substanzen, als: Kohle, Schwefel, Phosphor, unter Erwärmung oder Reibung sehr heftig zu detonniren.

Das Ammonium ist im reinen Zustande gasförmig, also darin von den Alkalien sehr verschieden. Dieses Gas ist erstickend, in Sauerstoffgas durch die Flamme oder den electrischen Funken entzündlich. Es wird vom Wasser sehr stark verschluckt, unter beträchtlicher Erwärmung, bis zur Hälfte des Gewichts des Wassers; das Gemisch ist specifisch leichter als das reine Wasser (da hingegen die übrigen Mischungen von Alkalien und Wasser specifisch schwerer sind), und friert erst bei — 30° R.; daher das Ammonium das gefrorene Wasser angreift, flüssig macht und dadurch Temperaturverminderung erzeugt. Mit dem Phosphor und dem Schwefel, wenn sie verflüchtigt werden, verbindet sich das Ammonium; so auch mit dem Schwefelwasserstoffgas. Mit der glühenden Kohle liefert es die sogenannte Blausäure. Es wirkt auf die vegetabilischen Färbestoffe, wie die übrigen Alkalien, aber minder stark; es färbt die Kupferoxyde blau. Es hat mit allen Säuren Affinität und bildet lauter Salze, die im Wasser sehr auflöslich sind;

mit der oxygenirten Salzsäure entzündet es sich und zerlegt sie und sich dabei.

§. 1041.

Übersieht man die angeführten Eigenschaften der Erden und Alkalen, so ergeben sich folgende Resultate:

1) Die Kieselerde erscheint als eine Substanz, die, ausser ihrer Affinität zu zwei Alkalien und einigen alkalischen Erden, nur in zwei Säuren auflöslich ist. *) Sie gehört also zuletzt in die Reihe dieser Stoffe und ist die einfachste aller dieser Substanzen; und da es keinen Grund giebt, sie für eine zusammengesetzte Substanz anzusehen, auch nur ihre Zusammensetzung zu vermuthen, so darf die Naturwissenschaft die Kieselerde zu den einfachen Stoffen zählen.

2) Ausser der wechselseitigen Affinität mehrerer dieser Substanzen, besitzen sie vorzüglich 6 Eigenschaften, nämlich die Affinität zu den Säuren, die Auflöslichkeit im Wasser, die Bindung des Wassers in concreter Gestalt, die Affinität mit oxydirbaren Substanzen, die Veränderung der vegetabilischen Färbestoffe, und die Schmelzbarkeit ohne Zusatz. Alle diese Eigenschaften besitzen die Alkalien und die alkalischen Erden in verschiedenen Graden. Daher man sie sämmtlich als Alkalien ansehen kann.

3) Thon, Glycin, Talk und Zircon bilden Mittelsubstanzen zwischen der Kieselerde und den alkalischen Erden, indem sie einige der obigen Eigenschaften, und zwar in sehr verschiedenen Graden, besitzen.

*) Auf nassem Wege nur in der Flußspathsäure.

4) Der Begriff der Ätzbarkeit (Causticität) ist noch nie genau bestimmt worden. Übersieht man aber die obigen Eigenschaften, so sieht man leicht ein, daß weder die Verwandtschaft zu den Säuren, noch die Auflöslichkeit im Wasser, noch die Schmelzbarkeit, noch die Einwirkung auf die vegetabilischen Färbestoffe, die Ätzbarkeit restituiren; denn viele andere Substanzen besitzen diese Eigenschaften in einem hohen Grade, ohne einige Ätzbarkeit zu zeigen. Die Ätzbarkeit kann also nur in der vereinigten Eigenschaft, Wasser zu binden und sich mit den oxydablen Substanzen zu vereinigen, bestehen, und zwar nur in diesen zwei vereinigten Eigenschaften. Denn die Metalle z. B. vereinigen sich mit Schwefel, Phosphor ꝛc., binden aber kein Wasser; dagegen alle Salze das Wasser binden. Viele der concentrirten Säuren zeigen auch Ätzbarkeit, binden auch Wasser, und haben Affinität zu den oxydablen Stoffen; aber bei ihrer Verbindung mit ihnen werden sie zersetzt, wodurch sie sich in dieser Hinsicht von den Alkalien unterscheiden. Also besteht in den drei vereinigten Eigenschaften, nämlich das Wasser zu binden, sich mit oxydablen Substanzen zu vereinigen und dabei keine Zersetzung zu erleiden, die Ätzbarkeit, das Eigenthümliche der Alkalien.

5) Das Einwirken der Alkalien auf die vegetabilischen Färbestoffe, welches so oft zur Entdeckung der Alkalien in den Mischungen dient, ist höchst wahrscheinlich nur eine Folge der Einwirkung der

Alkalien auf das Wasser, nicht der gesammten Ätzbarkeit, da die Kohlensäure die Verbindung der Alkalien auf die oxydirbaren Stoffe verhindert, nicht aber die Bindung des Wassers und die Wirkung auf die Pflanzenpigmente.

§. 1042.

Diese Betrachtungen zeigen, daß wir nur eine einzige Erde haben, welche gar keine alkalische Eigenschaft besitzt, die Kieselerde, daß aber alle übrigen, vom Zircon an bis zum Baryt, eine Stufenfolge von Erden liefern, die an dieser Eigenschaft mehr oder weniger participiren. Ob diese Erden und die Alkalien zusammengesetzte Substanzen sind oder nicht, diese Frage hängt von der Beantwortung einer andern Frage ab, nämlich, ob es einen eigenthümlichen alkalisirenden Stoff giebt oder nicht. Giebt es einen solchen, so sind alle Erden (die Kieselerde ausgenommen), und die eigentlichen Alkalien selbst, zusammen gesetzt.

§. 1043.

Die Beantwortung der Frage, ob die eigentlichen Alkalien zusammengesetzt sind, ist einer befriedigenden Antwort nahe, da die Frage über das Ammonium schon entschieden ist. Schon Scheele und Priestley hatten Versuche angestellt, welche sehr bestimmt auf die Zusammensetzung deuteten; Berthollet führte den analytischen Beweis vollständig durch. Ausser der Zersetzung mehrerer Oxyden durch das Ammonium unter Erhitzung, wobei das Ammonium viel Stickgas liefert, sind folgende Versuche entscheidend.

1) Läßt man 2 Theile oxygenirte Salzsäure und 1 Theil Ammonium, beide in Gasgestalt, sich verbinden, so entsteht eine Entzündung mit De-

tonnation; die Producte sind salzsaures Ammonium, Wasser und Stickgas.

2) Entzündet man Ammonium in Sauerstoffgas (gewöhnlich geschieht es durch das Treiben der Gase durch eine glühende Röhre), so bildet sich unter Detonnation Wasser und Stickgas, auch Salpetersäure.

3) Läßt man durch reinen Ammonium den electrischen Funken anhaltend schlagen, so vergrößert sich sein Volum. Hat durch anhaltende Einwirkung der Electricität diese Volumvermehrung aufgehört (welche etwa bis zum dreyfachen geht), so zeigt sich dieses Gas bei der Prüfung als aus Stickstoff und Wasserstoff bestehend.

Durch diesen letzten genau angestellten Versuch bestimmt Berthollet die Bestandtheile des Ammonium auf 80 Theile Stickstoff und 20 Theile Wasserstoff. Der synthetische Beweis ist noch nicht so vollständig geführt worden. Indeß hat Austin durch Befeuchtung von Zinn mit Salpetersäure Ammonium erzeugt, welches bei einem Zusatze von Kali sich durch den Geruch zu erkennen gab.

§. 1044.

Die concreten Alkalien (die man feuerbeständige Alkalien nennt, weil sie erst nach dem Schmelzen sich verflüchtigen) sind schwerer zu zerlegen als das Ammonium, und sind in der That bis jetzt noch unzerlegt; dasjenige, was man hierüber hat, besteht in folgenden Datis:

Nach Curaudau liefert eine Kali- oder Natronauflösung in siedendes Öhl geschüttet Ammonium. So entsteht auch Ammonium und Blausäure, wenn

man Kali und Kohle mit einander glüht. Guyton-Morveau glaubt, in Kali Kalkerde, in Natron Talkerde gefunden zu haben.

Dolomieu und Pelletier erzeugten durch das Glühen von Quarz und trockenem ätzenden Kali eine beträchtliche Menge von Stickgas, und etwa halb so viel Wasserstoffgas. Zwar hat man dagegen eingewandt, daß dieses Stickgas durch die Poren der Retorte hereingedrungen seyn könne. Allein eine genauere Betrachtung aller Umstände des Versuches hebt diesen Zweifel.

Beim Glühen des Kali oder Natron mit Eisen, zur Erzeugung des sogenannten davyschen Metalls, erzeugt sich, nach Grindel und Saussure, Ammonium und Blausäure.

Es ist bekannt, daß die Kalkerde sich in der animalischen Organisation erzeugt, indem es erwiesen ist, daß die Eierschalen mehr reine Kalkerde enthalten als die gesammte Nahrung der Henne enthielt.

Bei der Weingährung des Traubensaftes erzeugt sich weinsteinsaures Kali, ohne daß das Kali präexistirend gewesen wäre.

Endlich entsteht das Kali durch die Verbrennung der Vegetabilien; es ist in denselben nicht präexistirend. Es kann also nur aus den Bestandtheilen der Luft und der Vegetabilien zusammengesetzt seyn. Merkwürdig ist es, daß man noch nicht geprüft hat, ob die Asche einer in reinem Sauerstoffgase verbrannten Kohle auch Kali enthält oder nicht.

Jedes dieser Data, einzeln genommen, ist unzureichend, um uns über die Zusammensetzung der concreten Alkalien hinlänglichen Aufschluß zu geben;

aber zusammengenommen sind sie hinreichend, um uns zu überzeugen, daß die Alkalien und alkalische Erden keine einfache Substanzen sind, und daß der Stickstoff zur Grundmischung der Alkalien gehört. Fügen wir ferner noch die Bemerkung hinzu, daß im Ammonium viermal so viel Stickstoff ist als Wasserstoff, und daß unter den vielen Verbindungen des Wasserstoffs mit oxydablen Substanzen keine die alkalischen Eigenschaften zeigt, ohne die Gegenwart des Stickstoffs, so müssen wir dem Stickstoffe die alkalisirende Eigenschaft zuschreiben oder **den Stickstoff als die alkalisirende Substanz ansehen**, so wie wir den Sauerstoff als die sauermachende ansehen. Dadurch tritt der so allgemein verbreitete Stickstoff in die Reihe der thätigsten Substanzen, und übernimmt, gewiß den Absichten der Natur gemäß, eine sehr active Rolle statt der passiven, die man ihm lange assignirte.

Drittes Kapitel.

Ergänzung der allgemeinen Lehre der Affinität.

§. 1045.

In dem ersten Abschnitte ist gezeigt worden, daß die Affinität eine Wanderung der Stoffe bewirkt. Diese Wanderung ist eine Bewegung von Massen; folglich zeigt sich die Affinität schon dadurch als eine Kraft in mechanischer Hinsicht, und zwar als eine bewegende Kraft. So zeigt sie sich gleichfalls als eine ruhende Kraft in folgenden sehr wichtigen Phänomenen.

† 1) Man fülle ein sogenanntes Zuckerglas mit reinem Alkohol und binde eine befeuchtete Blase sehr fest über die Öffnung, so daß zwischen der

Blase und dem Alkohol keine Luft übrig bleibe, und versenke dann dieses Zuckerglas in reinem Wasser. Nach 2 bis 3 Stunden wird man finden, daß die Blase sich beträchtlich nach aussen gewölbt hat, und sticht man sie mit einer Stecknadel durch, so springt der Weingeist zu einer Höhe von 8 bis 10 Fuß.

† 2) Kehrt man den Versuch um, indem man Wasser in das Zuckerglas legt, und setzt das zugebundene Gefäß in Alkohol, so wölbt sich die Blase mit großer Gewalt nach innen zu.

Im ersten Versuche ist Wasser ins Zuckerglas, im zweiten aber aus dem Zuckerglase, beides zum Weingeiste übergegangen; welches die aräometrische Probe zeigt. Die Kraft, mit welcher diese Verbindung Statt gefunden hat, wird ausgedrückt durch die Spannung der Blase, welche in 1sten Versuche auf 10 Fuß Wasserhöhe oder etwa $\frac{1}{3}$ des Drucks der Atmosphäre geschätzt werden kann. Übrigens ist zu bemerken, daß diese Spannung der Blase nur die Größe der Affinität, da schon ein beträchtlicher Grad der Schwängerung Statt gefunden hatte, ausdrückt; daß mithin der ersten Verbindung eine weit größere Kraft zukomme. Durch den Anblick der unwiderstehlichen Äusserungen von Kraft, welche die Affinität durch Formänderungen, z. B. im Schießpulver, im Knallsilber ꝛc., zeigt, hat man sich an die Idee gewöhnt, daß die Affinität sich um die mechanischen Kräfte nicht bekümmere. Allein es geschieht nur da, und zwar nur scheinbar, wo man die mechanischen Kräfte nicht gehörig anwendet. Dort aber, wo man die mechanischen Kräfte gehörig anbringt, zeigen sie schon ihre

Wirksamkeit. So z. B. befördert der mechanische Druck der Atmosphäre die Verschluckung der Gase durch das Wasser, die Aufhebung dieses Drucks trennt die Verbindung.

§. 1046.

Die Flächenanziehung kann auch, mechanisch betrachtet, eine Kraft genannt werden; und da sie, wie die Affinität, in der Berührung wirkt, so müssen diese Kräfte sich in jedem Affinitätsphänomen combiniren, und bald gemeinschaftlich, bald einander entgegen wirken. In so fern die Affinität zwei Substanzen vereinigt, wirkt die Flächenanziehung zu ihrem Vortheile dadurch, daß sie die beiden Substanzen mit einer gewissen Kraft in Berührung mit einander bringt; in so fern aber die Affinität concrete Stoffe flüssig, tropfbar-flüssige elastisch zu machen strebt, wirkt die Flächenanziehung ihr entgegen.

§. 1047.

Die erste Frage, welche bei der Wanderung der Stoffe durch Affinität sich wie von selbst aufwirft, ist: wandern beide Substanzen zu einander, oder wandert nur eine von beiden? Zur Beantwortung muß man die Affinitätsphänomene erster Art und zweiter Art von einander unterscheiden. Gesetzt, man habe eine Säure unter Wasser. Die einander berührenden heterogenen Schichten vermischen sich, und bilden nun eine Schichte, welche Wasser und Säure enthält, und nun beiderseits zu der nächsten Wasserschichte und zu der nächsten Schichte von reiner Säure Affinität hat. Die mittlere theilt sich also zwischen beiden und nimmt von beiden gleich viel auf. So geht es von Schichte zu Schichte fort; mithin wandert die Säure zum

Wasser und das Wasser zur Säure mit gleicher Geschwindigkeit. Allein diese Wanderung geschieht nicht in meßbaren Massen, sonst würden zufällige Substanzen, welche keine Affinität zu den sich mischenden Substanzen haben, auch mit wandern, welches aber (§. 133.) nicht geschieht. Der daselbst angestellte Versuch mit Schwefelsäure und Lackmustinctur beweiset noch überdies, daß Stoffe in concreter Form, wenn sie auch Affinität zu einer der beiden Flüssigkeiten haben, dennoch zu derselben nicht wandern, sondern an ihrem Orte von derselben modificirt werden.

§. 1048.

Sind die übereinander liegenden Flüssigkeiten durch Affinität der zweiten Art mit einander verwandt, so entsteht durch die Verbindung zweier zunächst liegender Schichten eine dritte Schichte, welche die Mittelsubstanz aus den beiden heterogenen ist. Diese dritte ist nun entweder in dem Menstruo auflöslich oder nicht. In beiden Fällen werden die Substanzen der nächsten anliegenden Schichten eine Affinität der ersten Art zu der Mittelschichte haben und in sie wandern; aber diese Affinität wird ungleich seyn, mithin die Wanderung von einer Seite schneller als von der andern. Daher kommt es z. B., daß, wenn man Kali und Schwefelsäure über einander legt, das crystallisirte schwefelsaure Kali sich in dem Raume der kalischen Flüssigkeit bildet, nicht in der sauren.

§. 1049.

Im §. 135. ist die Wanderung der Stoffe im Allgemeinen angezeigt worden. Eine genauere Betrachtung dieses Phänomens wird uns höchstwichtige

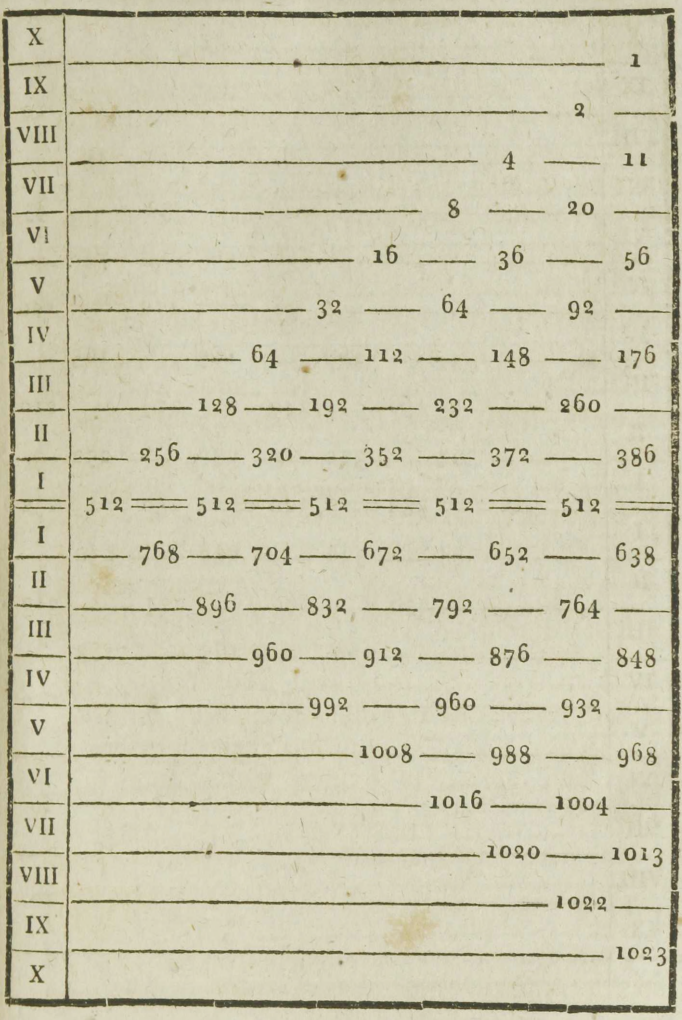
Tab. I. ad §. 1049, p. 335.

0	$\frac{1}{1024}$	X
0	$\frac{1}{512}$ $\frac{1}{1024}$	IX
0	$\frac{1}{256}$ $\frac{1}{512}$ $\frac{11}{1024}$	VIII
0	$\frac{1}{128}$ $\frac{1}{256}$ $\frac{10}{512}$ $\frac{11}{1024}$	VII
0	$\frac{1}{64}$ $\frac{1}{128}$ $\frac{9}{256}$ $\frac{10}{512}$ $\frac{56}{1024}$	VI
0	$\frac{1}{32}$ $\frac{1}{64}$ $\frac{8}{128}$ $\frac{9}{256}$ $\frac{46}{512}$ $\frac{56}{1024}$	V
0	$\frac{1}{16}$ $\frac{1}{32}$ $\frac{7}{64}$ $\frac{8}{128}$ $\frac{37}{256}$ $\frac{46}{512}$ $\frac{176}{1024}$	IV
0	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{16}$ $\frac{6}{32}$ $\frac{7}{64}$ $\frac{29}{128}$ $\frac{37}{256}$ $\frac{130}{512}$ $\frac{176}{1024}$	III
0	$\frac{1}{4}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{5}{16}$ $\frac{6}{32}$ $\frac{22}{64}$ $\frac{29}{128}$ $\frac{93}{256}$ $\frac{130}{512}$ $\frac{386}{1024}$	II
0	$\frac{1}{2}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{4}{8}$ $\frac{5}{16}$ $\frac{16}{32}$ $\frac{22}{64}$ $\frac{64}{128}$ $\frac{93}{256}$ $\frac{256}{512}$ $\frac{386}{1024}$	I
1	$\frac{1}{2}$ $\frac{3}{4}$ $\frac{4}{8}$ $\frac{11}{16}$ $\frac{16}{32}$ $\frac{42}{64}$ $\frac{64}{128}$ $\frac{163}{256}$ $\frac{256}{512}$ $\frac{638}{1024}$	I
1	$\frac{3}{4}$ $\frac{7}{8}$ $\frac{11}{16}$ $\frac{26}{32}$ $\frac{42}{64}$ $\frac{99}{128}$ $\frac{163}{256}$ $\frac{382}{512}$ $\frac{638}{1024}$	II
1	$\frac{7}{8}$ $\frac{15}{16}$ $\frac{26}{32}$ $\frac{57}{64}$ $\frac{99}{128}$ $\frac{219}{256}$ $\frac{382}{512}$ $\frac{848}{1024}$	III
1	$\frac{15}{16}$ $\frac{31}{32}$ $\frac{57}{64}$ $\frac{120}{128}$ $\frac{219}{256}$ $\frac{466}{512}$ $\frac{848}{1024}$	IV
1	$\frac{31}{32}$ $\frac{63}{64}$ $\frac{120}{128}$ $\frac{247}{256}$ $\frac{466}{512}$ $\frac{968}{1024}$	V
1	$\frac{63}{64}$ $\frac{127}{128}$ $\frac{247}{256}$ $\frac{502}{512}$ $\frac{968}{1024}$	VI
1	$\frac{127}{128}$ $\frac{255}{256}$ $\frac{502}{512}$ $\frac{1013}{1024}$	VII
1	$\frac{255}{256}$ $\frac{511}{512}$ $\frac{1013}{1024}$	VIII
1	$\frac{511}{512}$ $\frac{1023}{1024}$	IX
1	$\frac{1023}{1024}$	X

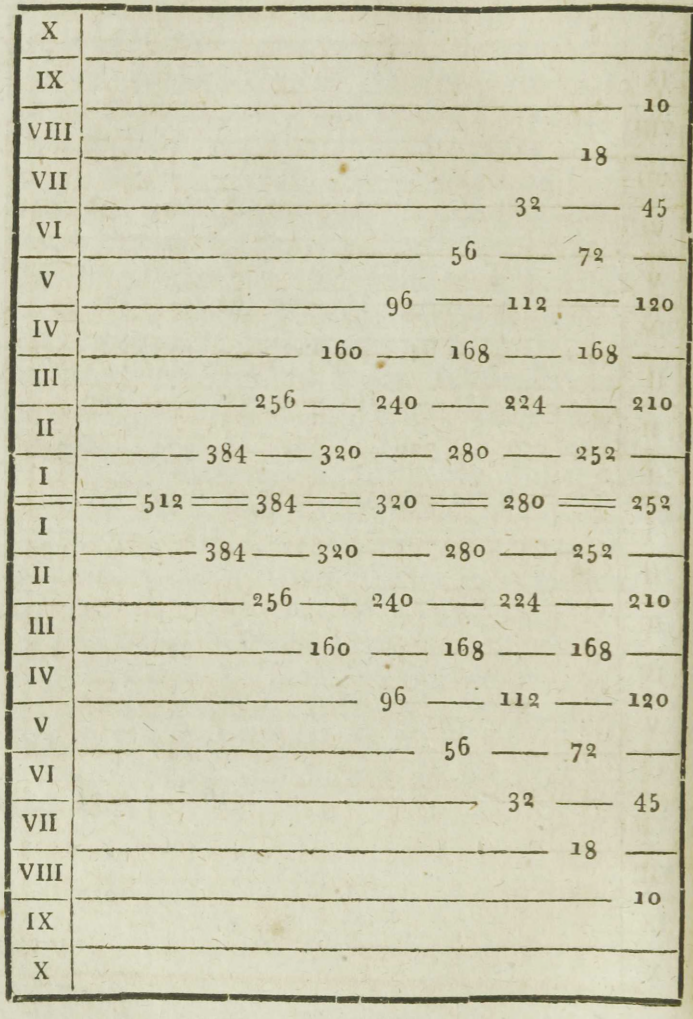
Diese Tabelle I. giebt die Zahlverhältnisse für die Wanderung der Säure an, deren Gehalt in der untern Flüssigkeit = 1 gesetzt worden. Eine ganz ähnliche aber umgekehrte Tabelle kann man sich denken für die Wanderung des Wassers, dessen Gehalt in der obern Flüssigkeit gleichfalls = 1 gesetzt würde. Diese und die folgenden Tabellen gelten auch für die Gase, welche bei ihrer Mischung nicht tropfbar und nicht concret werden, das heißt, für alle Mischungen durch Affinität der ersten Art. Bei Mischungen dieser Art läßt sich kein andres Mischungsverhältniß zwischen zwei Schichten als das Einfache der halben Summe der Gehalte der Schichten denken, welches sich auch durch das endliche Resultat, die vollständige Mischung, bestätigt.

Bei den Mischungen der zweiten Art, sowohl bei tropfbaren Flüssigkeiten als bei Gasen, ist das reine Mischungsverhältniß der Schichten dasselbe als das Sättigungsverhältniß; und in diesem Sinne ist keine eigentliche Wanderung der nach Affinität der zweiten Art sich mischenden Stoffe in einander, sondern diese Stoffe wandern, bei tropfbaren Flüssigkeiten, nur im Auflösungsmittel (gewöhnlich Wasser) durch die Affinität der ersten Art zum Auflösungsmittel; bei Gasen aber durch das zerstörte Gleichgewicht der Elasticität.

Tab. II. ad §. 1049, p. 335.



Tab. III. ad §. 1049, p. 335.



Tab. IV. ad §. 1049, p. 335.

X	1	1	$3\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$	8	8
IX	1	6	$3\frac{1}{2}$	12	8	19
VIII	11	6	20	12	30	19
VII	11	$33\frac{1}{2}$	20	$47\frac{1}{2}$	30	61
VI	56	$33\frac{1}{2}$	75	$47\frac{1}{2}$	92	61
V	56	116	75	137	92	$154\frac{1}{2}$
IV	176	116	$198\frac{1}{2}$	137	217	$154\frac{1}{2}$
III	176	281	$198\frac{1}{2}$	$297\frac{1}{2}$	217	311
II	386	281	$396\frac{1}{2}$	$297\frac{1}{2}$	405	311
I	386	512	$396\frac{1}{2}$	512	405	512
I	638	512	$627\frac{1}{2}$	$512\frac{1}{2}$	619	512
II	638	743	$627\frac{1}{2}$	$726\frac{1}{2}$	619	713
III	848	743	$825\frac{1}{2}$	$726\frac{1}{2}$	807	713
IV	848	908	$825\frac{1}{2}$	887	807	870
V	968	908	949	887	933	870
VI	968	$990\frac{1}{2}$	949	$976\frac{1}{2}$	933	$963\frac{1}{2}$
VII	1013	$990\frac{1}{2}$	1004	$976\frac{1}{2}$	$994\frac{1}{2}$	$963\frac{1}{2}$
VIII	1013	1018	1004	$1012\frac{1}{2}$	$994\frac{1}{2}$	1006
IX	1023	1018	1021	$1012\frac{1}{2}$	1017	1006
X	1023	1023	1021	1021	1017	1017

Tab. V. ad §. 1049, p. 335.

X			
	5	$8\frac{1}{2}$	11
IX			
	$16\frac{1}{2}$	22	
VIII			
	$27\frac{1}{2}$	$35\frac{1}{2}$	42
VII			
	55	62	
VI			
	$82\frac{1}{2}$	$89\frac{1}{2}$	$93\frac{1}{2}$
V			
	$123\frac{1}{2}$	125	
IV			
	165	$160\frac{1}{2}$	$156\frac{1}{2}$
III			
	198	188	
II			
	231	$214\frac{1}{2}$	201
I			
	231	214	
I			
	231	$214\frac{1}{2}$	201
II			
	198	188	
III			
	165	$160\frac{1}{2}$	157
IV			
	$123\frac{1}{2}$	125	
V			
	$82\frac{1}{2}$	$89\frac{1}{2}$	$93\frac{1}{2}$
VI			
	55	$61\frac{1}{2}$	
VII			
	$27\frac{1}{2}$	36	$42\frac{1}{2}$
VIII			
	$16\frac{1}{2}$	$22\frac{1}{2}$	
IX			
	5	$8\frac{1}{2}$	11
X			

Tab. VI. ad §. 1051, p. 337.

V					$\frac{1}{32}$
IV				$\frac{1}{16}$	$\frac{11}{64}$
III			$\frac{1}{8}$	$\frac{9}{32}$	$\frac{55}{128}$
II		$\frac{1}{4}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{35}{64}$	$\frac{155}{256}$
I	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{21}{32}$	$\frac{85}{128}$	$\frac{341}{512}$
	1	1	1	1	1

oder in ganzen Zahlen.

V					16
IV				32	88
III			64	144	220
II		128	224	280	310
I	256	320	336	340	341
	512	512	512	512	512

Tab. VII. ad §. 1051, p. 337.

V					72
IV				112	132
III			160	136	90
II		192	112	60	31
I	256	192	176	172	171

Bei der Berechnung der VIten Tabelle ist angenommen worden, daß unmittelbar über der concreten auflöslichen Substanz eine Schichte von Flüssigkeit sich bildet, welche ein beständiges Gehalt hat, deren Gehalt also = 1 gesetzt werden kann, weil unmittelbar unter dieser Schichte die berührende concrete Substanz das nach und nach Entzogene immer wieder ersetzt.

Sätze liefern. Wir denken uns, wie damals, zwei Flüssigkeiten, welche eine Affinität der ersten Art zu einander haben (allenfalls eine Säure und Wasser), mit einander in Berührung, und wir wollen die Grade des Gehalts an Säure in allen Schichten unter und über der Gränze während der Mischung aufsuchen. Wir müssen aber in Rücksicht auf die Zeit sogleich zwei Perioden der Mischung uns denken; die erste nämlich da (vorausgesetzt, daß die Quantitäten der Säure und des Wassers gleiche Höhen im cylindrischen Gefäße einnehmen) die Mischung geschieht, bis die oberste Wasserschichte den ersten Antheil Säure und die unterste Schichte den ersten Antheil Wasser erhält; die zweite die darauf folgende Zeit, während welcher die Mischung nur nach andern Verhältnissen fortgesetzt wird. Wir denken uns in jeder der beiden Flüssigkeiten die ersten 10 Schichten von der Gränze an gerechnet, setzen den Gehalt an Säure in jeder Schichte der untern Flüssigkeit = 1, und betrachten die Wanderungen in 10 Zeitmomenten. Die Tabelle I. zeigt die Resultate in Brüchen; die Tabelle II. zeigt sie in ganzen Zahlen, wobei die doppelten Zahlen weggelassen worden; die Tabelle III. enthält die Unterschiede der Gehalte für alle 10 Zeiten. Die zweite Periode der Mischung ist in der IVten und Vten Tabelle enthalten; jene enthält in der 1sten Columne die Resultate aus der IIten Tabelle, nämlich die letzte Columne derselben mit Wiederherstellung der doppelten Zahlen, und in den übrigen die fortlaufende Gehalte während der Mischung; diese enthält die Unterschiede; beide aber nur für 5 Zeitmomente.

§. 1050.

Die Übersicht dieser Tabellen liefert folgende Sätze:

1) So lange die erste Periode der Mischung dauert, sind die Grade der Schwängerung der letzten Schichten, in den successiven Zeitmomenten, in abnehmender geometrischer Progression.

2) In der ersten und zweiten Periode der Mischung ist der Gehalt der Schichte, in der Gränze, an Säure und Wasser gleich, oder der Grad der Schwängerung des Wassers $= \frac{1}{2}$.

3) Die Unterschiede der Gehalte der Schichten, in der ersten und zweiten Periode, sind in gleichen Entfernungen von der Gränze gleich, so daß die nte Schichte auf einer Seite eben so viel an Säure oder Wasser bekommen hat, als die nte Schichte auf der andern Seite verloren hat.

4) Diese Unterschiede sind nahe an der Gränze am größten, und nehmen von da nach unten und nach oben ab. *)

5) Die Reihen der Unterschiede in den successiven Zeitmomenten werden immer kleiner, und jede Reihe der Mischungsgrade nähert sich immer mehr der Gleichförmigkeit; in der 2ten Periode der Mischung müssen alle Glieder der letzten Reihe endlich einander gleich werden, d. h. die Unterschiede $= 0$; aber in der ersten Periode kann

*) In der Hoffnung, ein Gesetz für diese Abnahmen zu finden, habe ich das Problem allgemein betrachtet, und die Zahlen in Potenzen ausgedrückt. Allein es hat mir nicht glücken wollen. Sollte diese Aufgabe nicht des Scharfsinns eines La Place's würdig seyn? — noch mehr als die Theorie der Capillarität?

dieses nie Statt finden, da die mittlere Schichte immer $= \frac{1}{2}$ ist.

§. 1051.

Denkt man sich den untern Theil eines Gefäßes mit einer Portion geschmolzenen und dann erkalteten Gummi, Salz, Zucker ꝛc. angefüllt, und eine Wasserschichte darüber, so wird diese Substanz sich im Wasser auflösen, durch die Wasserschichten wandern, und sie in verschiedenen Graden schwängern. Diese Grade und ihre Unterschiede sind für die erste Periode der Wanderung in der VIten und VIIten Tabelle enthalten. Die Resultate dieser zwei Tabellen sind den der IIten und IIIten völlig analog, obschon nicht gleich, weil der Gehalt der Gränzschichten 1 ist und nicht $\frac{1}{2}$, und die Sätze 1, 4, 5 (§. 1050.) sind auch von den Mischungsverhältnissen in diesem Falle wahr.

§. 1052.

In den bisherigen Betrachtungen haben wir vorausgesetzt, die Gefäße seyn cylindrisch oder prismatisch. Wäre ihre Figur aber eine andere, z. B. die eines Kegels, so ist's gewiß, daß die obigen Tabellen anders ausfallen würden, und es ist wenigstens problematisch, ob die horizontalen Schichten alsdann in allen ihren Theilen gleiche Gehalte haben würden, in welchem Falle aber sich ein mechanisches Gleichgewicht einstellen müßte. Also haben die Figuren der Gefäße einen Einfluß auf die Wanderung der Stoffe, das heißt auf die Aufserungen der Affinität.

§. 1053.

Die obigen Betrachtungen sind für die Wanderungen der imponderablen Stoffe eben so wahr, als

für die ponderablen, *) und es lassen sich vorzüglich mit dem Wärmestoffe dieselben Versuche anstellen, als die in §. 134. Nur ist zu bemerken, daß, da wir keinen andern imponderablen Stoff dem Wärmestoff entgegen setzen können, nur dieser die Wanderung durch ponderable Flüssigkeiten oder feste Körper antritt. Wenn also ein heißer Körper (fest oder flüssig) eine Luft- oder Wassermenge unter solchen Umständen so erhitzt, daß keine Strömungen in der Flüssigkeit Statt finden können, so müssen die Grade der Erwärmungen den Resultaten der Tabelle I und II. analog seyn, mit dem Unterschiede, daß der Wärmestoff sowohl aus der erwärmenden, als auch aus der erwärmten Substanz ausserdem noch nach allen Richtungen ausweicht, und also die Resultate im Ganzen kleiner ausfallen müssen.

§. 1054.

Würde man einen Körper annehmen, der seine Temperatur, der Mittheilung seines Wärmestoffs ungeachtet, nicht verliert (indem sein Verlust ihm ersetzt würde), so gehörten diese Phänomene zu der Cathegorie derjenigen, welche in §. 1051. betrachtet worden sind. Dieser Fall findet im Concreto namentlich bei allen durch die Sonnenstrahlen erwärmten Körpern Statt. Folglich muß jeder Körper, der in einer durchsichtigen Flüssigkeit sich dem Lichte ausgesetzt findet,

*) Vor 8 Jahren betrachtete ich schon die Wanderung des Wärmestoffs aus diesem Gesichtspunkte in meiner Widerlegung der rumfordschen Hypothese von der Nichtleitung der Flüssigkeiten, d. h. von der Nichtwanderung des Wärmestoffs durch die Flüssigkeiten, und erklärte daraus die Phänomene, welche Rumford als die stärksten Stützen seiner Hypothese ansah.

die ihn umgebenden Schichten der Flüssigkeit erwärmen, und zwar in Verhältnissen, welche im §. 1051. angezeigt sind; mithin die Flüssigkeit um sich herum in Schichten vertheilen, deren Dichtigkeit am Körper selbst am kleinsten, und deren Dichtigkeitsunterschied daselbst am größten ist; woraus die Phänomene der Beugung des Lichts und der Farbenringe zwischen Glasplatten erklärt worden sind.

§. 1055.

Aus der Analyse §. 1049. bis 1051. folgt, daß die Mischung im Verhältniß des Unterschieds des Gehalts der zunächst an einander liegenden Schichten ist, folglich daß sie zu Anfange am lebhaftesten ist, da die Unterschiede der Gehalte der Schichten mit den Zeiten immer abnimmt. Dieses ist ein neuer Grund für die Langsamkeit überhaupt, mit welcher diese Processe, wenn sie ganz ungestört sind, vor sich gehen. Es ist also, so wie aus dem §. 135. angeführten Grunde, begreiflich, warum eine Schichte Säure und eine Schichte Wasser oder Kali, jede nur von 1 Zoll Höhe, in mehreren Wochen noch nicht völlig gemischt werden; ja es wäre nicht unerwartet, daß die vollkommene Mischung auf diesem Wege Jahre erforderte. Diese große Langsamkeit der Mischung ist ein mächtiger Vortheil, dessen sich der Physiker und der Chemiker nun bedienen können, um die chemischen Processe in sich selbst zu betrachten, welches bei den bisherigen stürmischen Mischungen unter Einfluß der mechanischen Bewegung unmöglich Statt finden konnte.

§. 1056.

Die Wanderung hingegen der einzelnen Theile der Stoffe geschieht mit der größten Schnelligkeit;

denn, wenn wir diese Wanderung als eine Bewegung von Massen ansehen (und sie ist es in der That), welche bei jeder Schichte durch die nächstfolgende angezogen werden, so ist diese Bewegung eine accelerirte. Um sich einen Begriff von der ungeheuren Größe der hiebei erlangten Geschwindigkeit zu machen, braucht man nur die Erfahrung mit diesen Betrachtungen zu verbinden. Angenommen, daß die oberste Schichte einer Wassermasse von 1 Zoll Höhe nach 1000 Secunden einen Gehalt an Säure bekommen habe, der durch $\frac{1}{1000000}$ ausgedrückt wird (die Schwängerung geht etwas schneller vor sich), und vorausgesetzt, daß in der zweiten Periode der Mischung dasselbe Gesetz der geometrischen Progression Statt finde als in der ersten, so würde jeder einzelne Antheil von Säure, der nach und nach in diese oberste Wasserschichte kommt, durch $(\frac{1}{2})^{10000}$ ausgedrückt werden. So vielmal nun dieser Bruch $(\frac{1}{2})^{10000}$ im Bruche $\frac{1}{1000000}$ enthalten ist, so vielmal muß der Raum eines Zolls von einem solchen kleinen Theilchen Säure in der Zeit von 1000 Secunden durchgelaufen worden seyn, da der Gehalt an Säure in der obersten Wasserschichte durch Anhäufung solcher Theilchen entsteht. Es kann aber die Zahl $\frac{1}{1000000} : (\frac{1}{2})^{10000}$ ungefähr durch 1 nebst 2995 Nullen ausgedrückt werden. Folglich wäre eine solche Anzahl von Zollen in 1000 Secunden, oder eine Zahl von Zollen durch 1 nebst 2992 Nullen in 1 Secunde durch jedes Theilchen der Säure zurückgelegt worden. Zwar geht die Mischung in der zweiten Periode nach einer nicht so schnell abnehmenden Progression vor als die geometrische; allein es bleibt

dennoch immer für die Geschwindigkeit der Wanderung eine solche mögliche Schnelligkeit übrig, welche alles übersteigt, was die Natur uns darbietet; denn diese Geschwindigkeit übersteigt die des Lichts noch so sehr, daß wir dieses Verhältniß nicht mehr mit Worten in unserm arithmetischen Systeme ausdrücken können. Diese über alle Vorstellung reichende Geschwindigkeit findet aber wahrscheinlich in der Natur deswegen nicht wirklich in dem Grade Statt, weil die Theilbarkeit der Materie wohl nicht bis zu dem Grade Statt findet, der dem Bruche $(\frac{1}{2})^{10000}$ entspricht. Aber diese Betrachtung zeigt uns, daß die Geschwindigkeit der Wanderung der Stoffe in einander das Maximum seyn muß, welches die Feinheit der Materie gestattet. So liefert uns das Phänomen der ungestörten Affinitätsmischung die zwei höchsten Extreme in der Natur, die äusserste Schnelligkeit der Bewegung und dabei die äusserste Langsamkeit in der Schwängerung.

§. 1057.

Es ist §. 133. gezeigt worden, daß die Färbestoffe nicht ins Wasser wandern, auch dann, wenn ein anderer Stoff ihnen beigemischt ist, der dieser Wanderung fähig ist. Allein dieser Satz ist nur in so fern wahr, als der wandernde Stoff keine Affinität zum Färbestoffe hat. Ist aber der wandernde Stoff mit dem Pigmente durch Affinität verbunden, so tritt der Färbestoff auch die Wanderung an, indem er durch den andern mit fortgerissen wird.

† 1) Legt man rothen Wein über Wasser, so sieht man den Färbestoff allmählig, bald schneller, bald

langsamer, nachdem es eine Art Weins ist, wandern. Die Gränze verwischt sich und das Wasser wird bald tingirt; die vielen im Wasser auflöslichen Theile des Weins, Alkohol, Schleim, Weinstein wandern jeder für sich und schleppen den Färbestoff nach.

† 2) Legt man eine einfache rein rothe Auflösung von Fernambucholz unter Wasser, so geht der Färbestoff in gelblicht-rothen Tinten allmählig ins Wasser über, so daß in 2 Stunden eine $1\frac{1}{2}$ Zoll hohe Wasserschichte davon schwach tingirt wird.

† 3) Wird bei dem vorigen Versuche 2 etwas concentrirte Kalianflösung unter die Tinctur nachgegossen, so färbt sich die Tinctur unterhalb der Gränze hoch rubinroth und gewinnt sehr an Intensität. Zugleich aber hört aller Übergang von Färbestoff ins Wasser auf und nur das Kali wandert.

† 4) Man tingire eine Portion Wasser mit einigen Tropfen salzsauren Eisens, wodurch eine angenehme Tinctur von Goldfarbe entsteht und lege diese Tinctur unter Wasser. Nach 2 Stunden sind die obersten Wasserschichten schon sehr merklich sauer; und dennoch ist noch kein Färbestoff übergegangen. Erst nach 24 Stunden ist etwa $\frac{1}{4}$ Zoll des Wassers schwach tingirt.

† 5) Man übersättige eine essigsaure Kupferauflösung mit Ammonium und Kali, und lege diese blaue Tinctur über Wasser, so wird man allerdings eine Wanderung des Färbestoffs wahrnehmen, und zwar eine schnellere als in 4, aber das Kali geht immer voran.

† 6) Essigsaure Kupferauflösung unter Wasser gelegt, giebt einen schwachen Anfang von Färbung des Wassers in einer Höhe von 1½ Zoll über der Gränze erst nach 31 Stunden; da hingegen dieselbe Wasserschichte schon nach 2 Stunden merklich sauer ist.

† 7) Färbt man die Tinctur von 5 durch Essigsäure grün, so daß das Kali noch schwach prädominire, so sieht man erst nach 24 Stunden Spuren von Kali im Wasser, 1½ Zoll hoch über der Gränze; der Färbestoff aber kommt erst nach 3 Tagen nach.

Diese Versuche, welche sich noch sehr vervielfältigen lassen, liefern folgende Resultate: Die Färbestoffe sind für sich im Wasser unauflöslich, also der Wanderung im Wasser unfähig. Sie können aber durch Substanzen, welche zu ihnen einige Affinität haben, als: Säuren, Salze, Gummi, Zucker, vorzüglich Alkohol, ins Wasser gezogen werden. Die Alkalien vermindern diese Wirkung, obgleich sie selbst im Stande zu seyn scheinen die Färbestoffe auch mit sich zu schleppen. Indessen geht immer die für sich wandernde Substanz dem Färbestoffe voraus, der nur dann nachkommt, wenn von jener Substanz so viel entzogen ist, daß sie nicht mehr durch das Wasser vom Färbestoff getrennt werden kann.

§. 1058.

Das Merkwürdigste an den obigen Versuchen ist, daß in den Versuchen mit metallischen Auflösungen das Metallsalz eine von seinem Färbestoffe verschiedene Substanz zu seyn scheint, da es nicht wahrscheinlich ist, daß das Wasser die Säure allein aus der

Mischung zu trennen im Stande sey; denn es müßte sonst ein Niederschlag entstehen. Diese Vermuthung bestätigt sich schon dadurch, daß, wenn man Wasser, das über salpetersaurem Kupfer einige Zeit gestanden hat, sorgfältig abzieht, ehe es einen merklichen Theil Färbestoff angenommen hat, und blausaures Kali darauf gießt, die Mischung roth erscheint, gerade als hätte man eine verdünnte, aber blaue Auflösung des Kupfers genommen. Aber folgender Versuch beweiset diesen Satz unwidersprechlich.

† Man hänge einen Glaskörper an einen Arm einer hydrostatischen Wage, bestimme sein absolutes Gewicht und seinen Gewichtsverlust in sehr reinem destillirten Wasser, dann senke man ihn (immer an der Wage hängend) in ein beträchtliches Glasgefäße, in welchem eine concentrirte Auflösung salpetersauren Kupfers von reiner, klarer blauer Farbe unter Wasser sich befindet, im Augenblicke der anfangenden Mischung. Man lasse den in den obersten Wasserschichten hängenden Glaskörper ganz ruhig ein paar Tage lang hängen, indem man nur von Zeit zu Zeit sehr kleine Gewichte auf die entgegengesetzte Waagschale legt, um das nach und nach gestörte Gleichgewicht wieder herzustellen; sobald man bemerkt, daß der Färbestoff der Kupferauflösung den Glaskörper zu erreichen im Begriff ist, zapft man die obere noch ungefärbte Flüssigkeit mit einem Heber sehr sorgfältig ab, so daß nichts von der gefärbten herüber komme. Dann senke man den Glaskörper in reines destillirtes Wasser, und gieße nur so viel von der

concentrirten blauen Kupferauflösung zu, als nöthig, um den Glaskörper wieder mit seinem vorigen Gegengewicht ins Gleichgewicht zu bringen; so hat man nun zwei Flüssigkeiten von gleichem specifischen Gewichte, deren eine ganz ungefärbt, die andere aber merklich blau ist. Prüft man beide unter gleichen Verhältnissen mit blausaurem Kali, so entsteht in beiden ein brauner Kupferniederschlag, und beide unterscheiden sich nur dadurch, daß der aus der blauen Flüssigkeit etwas dunkler ist. *)

Dieser Versuch zeigt offenbar, daß wir Metallauflösungen von ihren Färbestoffen trennen können, daß also die Farbe einer Metallauflösung nicht wesentlich, und folglich, daß ihr Färbestoff verschieden von dem Metallsalze ist. Proust hatte früher durch eine Reihe wichtiger Versuche diese Zufälligkeit der

*) Der Wichtigkeit dieses Versuches wegen will ich hier die Data besonders angeben, unter welchen ich ihn anstellte. Der Affinitätsapparat hatte $5\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser, und etwa 7″ Höhe. Die Kupferauflösung und das destillirte Wasser standen jede im Gefäße $2\frac{1}{2}$ Zoll hoch. Der Glaskörper wog in der Luft 1120,1 Gran. Er verlor im reinen Wasser von 17°,9 R. 341,9 Gran, im salpetersauren Kupfer von derselben Temperatur 405,7 Gran. Zum allmähligen Auflegen hatte ich Gewichte von $\frac{1}{10}$ Gran, und meine Waage ist empfindlich genug, um, so belastet, $\frac{1}{2}$ eines solchen Gewichts ganz sicher anzuzeigen. Der Versuch dauerte 61 Stunden, und ich hatte $6\frac{1}{10}$ Gran nach und nach aufgelegt. Ich schopfte bei weitem nicht alle ungefärbte Flüssigkeit ab, um sicher zu seyn, daß ich nichts von den untern gefärbten Schichten mit bekam; und als ich die Farben verglich, nahm ich zwei gleiche Gläser von sehr weißem Glase, und füllte sie mit beiden Flüssigkeiten an. Jedoch ist die letzte Vorsicht nicht nöthig, da die Intensität der Farbe an der Einen beträchtlich ist.

Färbestoffe in den Metallauflösungen gezeigt, die Entstehung dieser Stoffe einer Modification des Wassers zugeschrieben und darauf die Theorie der Hydrate (Verbindungen des Wassers durch Affinität mit concreten Substanzen, wobei das Wasser concret wird) nicht nur für die Metalle gegründet, sondern auch auf die Erden und Alkalien ausgedehnt, eine Theorie, welche noch mit manchen Widersprüchen zu kämpfen hat, die aber, was ihre Grundlage betrifft, durch den obigen Versuch völlig gerechtfertigt wird. Die galvanischen Phänomene werden neue Bestätigungen derselben liefern.

§. 1059.

Ein besonderer Fall der Wanderung der Stoffe in den Affinitätsphänomenen, ist die Wanderung der luftförmigen Stoffe, welche durch den Proceß entstehen. Bei der gewöhnlichen Mischung, wo die Flüssigkeiten in einander gegossen und umgerührt werden, entwickelt sich das Gas mit Gewalt, und steigt durch sein geringeres specifisches Gewicht sehr sichtbar in die Höhe. So nicht, wenn die Mischung ohne mechanische Bewegung vor sich geht.

† 1) Man lege Kochsalzauflösung über Schwefelsäure, beide mit etwa 2 bis 3 Theilen Wasser verdünnt. Nur bei der ersten Berührung, während dem Füllen des Apparats, wird man die Gasentwickelung bemerken; weiterhin aber nicht mehr; und dennoch entweicht die Salzsäure ununterbrochen fort, welches sogleich durch den Geruch, und mit feuchtem blauen Papier, so wie später am Niederschlage des schwefelsauren Natron, sehr leicht zu bemerken ist.

† 2) Man lege eine Salmiakauflösung über eine Kaliauflösung, beide im concentrirten Zustande. Auch bei der ersten Berührung entsteht kein Aufbrausen. Dennoch zeigt der Geruch das feuchte gelbe Papier und der Niederschlag des salzsauren Kali die Entwickelung des Ammonium.

† 3) Man lege kohlensaures Kali über Schwefelsäure, beide mit etwa 3½ Theilen Wasser verdünnt. Hier entsteht die Entwickelung des Gases sehr sichtbar. Nach und nach aber nimmt sie ab, und hört endlich auf. Taucht man nun irgend einen Körper, Glas, Metall, Gummiharz, Holz, Papier in die obere Flüssigkeit, auch nur in die obersten Schichten, so entwickelt sich sogleich Kohlensäure an diesem Körper; er wird mit Blasen überdeckt, welche sich endlich losreißen. Am heftigsten ist diese Gasentwickelung, wenn man Fließpapier nimmt. Es entsteht eine nicht zu beschreibende Strömung von Gas, gleichsam aus dem Papiere, welche mehrere Minuten lang fortdauert.

Diese Versuche zeigen offenbar, daß die Gase die Flüssigkeiten unsichtbar durchwandern können, und daß man nicht berechtigt ist zu glauben, daß wenn man die Entwickelung der Gase nicht mehr sieht, auch keine Gase mehr in den Flüssigkeiten vorhanden wären. Der dritte Versuch, einer der auffallendsten in dieser Lehre, beweiset, daß auch Gase durch Flächenanziehung in den tropfbaren Flüssigkeiten sich aufhalten können. Ihre Entwickelung ist Wirkung der Flächenanziehung des festen Körpers gegen die tropfbare

Flüssigkeit; je größer sie ist, desto größer auch das Phänomen.

§. 1060.

Bei der Mischung, durch Affinität der zweiten Art, giebt es für jedes Paar Substanzen, die sich so mischen, ein gewisses Verhältniß, wobei die wechselseitigen characteristischen Eigenschaften derselben völlig zerstört werden. Dieses Verhältniß heißt das Sättigungsverhältniß. Bei der Mischung, nach der Affinität der ersten Art, giebt es auch einen Sättigungspunkt, z. B. wenn ein Salz im Wasser aufgelöset wird bis nichts mehr desselben sich auflösen läßt. Allein es ist eine andere Gattung von Sättigung; denn hier ist die aufgelösete Substanz im Maximo, die auflösende aber im Minimo. Ob es auch für die auflösende Substanz ein Maximum giebt, ist noch unentschieden, weil es noch unbekannt ist, wie viel von dieser Substanz zu der aufgelöseten hinzukommen kann, durch wirkliche Affinität der ersten Art. Giebt es eine Gränze hierin, so hängt sie von der Gränze der Theilbarkeit der aufgelöseten Substanz ab.

§. 1061.

Es giebt Gemische aus zwei Stoffen, wo die Affinitätsmischungen beider Arten zugleich Statt finden, wobei also keine wechselseitige, sondern nur eine einseitige Sättigung für die Mischung zweiter Art vorhanden ist. Es seyn z. B. die Stoffe A und B im Verhältnisse 10 : 1 gemischt; ihr Sättigungsverhältniß aber 6 : 1. So werden sich die Stoffe A und B bloß im Verhältnisse 6 : 1 durch Affinität der zweiten Art mischen. Die übrigen 4 Theile des Stoffs A werden sich mit diesem Gemische bloß durch Affinität der er-

sten Art verbinden, und ihre characteristischen Eigenschaften beibehalten. Alle nicht gesättigten oder nicht neutralen Salze liefern Beispiele einer solchen doppelten Verbindung.

§. 1062.

Es giebt ferner Affinitätsverbindungen der zweiten Art, wo scheinbar das Sättigungsverhältniß zwar einerseits überschritten werden kann, aber auf der andern Seite nicht. Dahin gehören die Metallauflösungen in den Säuren. Diese Phänomene gehören zu den §. 60. angeführten; das Metall oxydirt sich zuerst, indem es sich mit einem Theile des Sauerstoffs der Säure durch Affinität der zweiten Art verbindet, und dann wird es als Oxyd in der Säure durch Affinität der ersten Art aufgelöset. Es kann daher überschüssige Säure zugegossen werden, wie überschüssiges Wasser zu einer Zuckerauflösung; aber überschüssiges Metall wird sich nicht oxydiren.

§. 1063.

Wenn man die Affinität zweiter Art mehrerer Substanzen B, C, D ꝛc. zu einer andern A betrachtet, so zeigen eine Menge Umstände, daß diese Affinitäten sich durch verschiedene Grade von einander unterscheiden. Die Bestimmung dieser Grade, von welcher die Erklärung aller Phänomene abhängt, in welchen mehr als zwei Substanzen auf einander einwirken, ist sehr schwer. Ehemals bestimmte man diese Grade durch Mischungen zweier Substanzen, die man durch einzelne andere trennte. Allein dabei nahm man keine Rücksicht auf die Menge des trennenden Stoffs, auf die Wärme und auf den Aggregationszustand der Substanzen vor und nach dem

Processe. Daher führten diese Arbeiten und ihre in Tabellen sorgfältig zusammengereiheten Resultate zu keiner richtigen Übersicht der Verwandtschaften; daher auch die vielen Irrungen, welche die Hypothese der Wahlverwandtschaften verursachte.

§. 1064.

Es ist ein Erfahrungssatz, daß, je mehr ein Gemisch sich seinem Sättigungszustande nähert, desto langsamer die Mischung vor sich gehe; ein Satz, der gleichfalls aus der Ansicht der Tabellen III. und V. sich theoretisch ergiebt, da die Unterschiede des Gehalts der nächsten Schichten mit jedem neuen Grade der Schwängerung kleiner werden, und die Schnelligkeit der Mischung diesen Unterschieden proportional ist. Dieser Satz zeigt, auf was man eigentlich zu sehen hätte, um die Grade der Affinität zu bestimmen, und diese Rücksicht muß in vielen Phänomenen, wenn man sie gehörig erklären will, nicht vernachlässigt werden. Allein solche Untersuchungen sind zu mühsam und zeitfressend, um daraus practische Resultate für alle Paare von Stoffen, welche Affinität zu einander haben, zu ziehen. *)

§. 1065.

Der dritte Weg, den man einschlagen kann, ist das Verhältniß der Quantitäten der Stoffe B, C, D ꝛc.

*) Wohl aber wäre es für die Theorie von der größten Wichtigkeit, einige Versuche, wie der §. 1058., anzustellen, wobei man in gleichen Zeiten, etwa von 12 Stunden, die Zunahme an specifischem Gewichte der obern Flüssigkeit sorgfältig, etwa 6 oder 12 Monate lang, beobachtete; dann aber durch eben so viel specielle Versuche prüfte, welchem Gehalte an Säure jedes der gefundenen specifischen Gewichte entspricht.

zu der des Stoffs A, welches zur Sättigung des Stoffs A mit B, C, D ꝛc. erforderlich ist, für das Maaß der Größe der Affinität der Stoffe B, C, D zu A zu nehmen. Dieses that Berthollet, ein Mann, der die Chemie mehr als irgend ein Anderer in dem Geiste des Physikers betrachtet hat; und er hat aus diesem Postulate die reichsten Folgerungen gezogen, welche über die zusammengesetzten Verbindungen das größte Licht werfen. Sie sind in den folgenden vier Paragraphen enthalten.

§. 1066.

Wenn der Stoff A zu den Stoffen B und C Affinität hat, so, daß die zu B die größere sey, so wird sich bei der Mischung A nicht allein mit B verbinden, sondern es wird sich zwischen B und C theilen. Gleichfalls, wenn A und B schon mit einander verbunden sind und C hinzugesetzt wird, so wird C nicht unthätig bleiben, sondern einen Theil von A aus der Mischung an sich ziehen. Gleichfalls wenn A und C mit einander verbunden waren und B hinzugesetzt wird, so wird B nicht das ganze A aus der Mischung an sich ziehen und C ganz davon entblößen, sondern es wird sich A zwischen B und C theilen. Dieses folgt nothwendig aus dem Begriffe, daß die Affinität als eine Kraft angesehen werden kann und soll.

§. 1067.

Wenn der Stoff A (den wir immer als das Object der Verbindung oder der Theilung zwischen andern Substanzen ansehen) zu den Stoffen B und C Affinität hat, und sich mit ihnen in Berührung befindet, so wird er sich nicht bloß nach dem Verhältniß seiner Affinität zu jedem derselben zwischen ihnen thei-

ler, sondern das Verhältniß der Quantität der Stoffe B und C wird auf das Verhältniß dieser Theilung von A zwischen B und C Einfluß haben, so daß die Theilung im Verhältniß des Products der Affinitäten von B und C zu A, durch ihre Quantitäten multiplicirt, seyn wird. Es seyn z. B. 5 Theile von B zur Sättigung von A nöthig, oder die Affinität von B zu A durch 5 ausgedrückt; es seyn 7 Theile von C nöthig um gleichfalls A zu sättigen, oder es sey 7 die Affinität von C zu A. Aber die Quantität des Stoffs B sey 6, die des Stoffs C sey 12, so wird sich A zwischen B und C im Verhältniß 5.6 : 7.12 = 30 : 84 theilen. Dieser Satz folgt gleichfalls theoretisch aus dem Satze, daß die Affinitäten wie Kräfte wirken, und findet in der Statik sein Analogon im Satze, daß wenn mehrere gleiche Kräfte in gleicher Richtung auf einen Körper wirken, die gesammte Kraft dem Producte einer einzelnen Kraft durch die Anzahl derselben gleich ist. Dieses Product der Affinität durch die Menge des Stoffs, welche in den Proceß kommt, hat Berthollet die chemische Masse genannt. Es wird also der Stoff A zwischen B und C im Verhältnisse der chemischen Massen von B und C getheilt.

Diesen Satz hat Berthollet durch eine Menge Versuche zu beweisen gesucht, welche, wenn sie auch sich nicht dazu eignen die Verhältnisse genau anzuzeigen, dennoch beweisen, daß die Theilung nach einem solchen Gesetze Statt findet.

Gleiche Theile schwefelsaures Kali und reine Kalkerde, werden in einer geringern Menge Wasser bis zur Trocknitz abgekocht. Dann scheide man das freie Kali aus der trocknen

Mischung durch Alkohol, und behandle den Rückstand mit Wasser, so wird man schwefelsaures Kali und schwefelsaure Kalkerde, letztere in einem geringen Verhältnisse, darin finden.

Die Affinität des Kali und des Kalks zur Schwefelsäure sind ungefähr im Verhältniß 160 : 79. Folglich sollte, nach der Lehre der Wahlverwandtschaften, das Kali seine Säure ganz behalten haben. Allein es wurde, durch den Zusatz des Kalks, ein Theil des Kali aus dem schwefelsauren Kali getrennt, und es bildete sich schwefelsaurer Kalk. Wenn man nun bedenkt, wie wenig Kalkerde im Wasser aufgelöset wird, also wie wenig Kalk eigentlich in den Proceß kam, so beweiset dieser Versuch, daß auch die geringste Quantität des Stoffs C die Verbindung der Stoffe A und B zum Theil trennt.

Gleiche Theile schwefelsaures Kali und Natron, auf obige Art behandelt, gaben, nach Abscheidung des frei gewordenen Kali, eine beträchtliche Menge von schwefelsaurem Natron ausser dem schwefelsauren Kali. Auch ist schon ein Theil schwefelsaures Natron in der Auflösung des trocknen Rückstandes durch Alkohol.

Hier erscheint eine weit beträchtlichere Menge schwefelsaures Natron, als im vorigen Versuche schwefelsaurer Kalk, weil in diesem Processe mehr Natron, der größern Auflöslichkeit des Natron wegen, wirkte, obgleich das Verhältniß der Affinität des Kali und des Natron zur Schwefelsäure 160 : 86 ist.

Man koche gleiche Theile reines Kali und kohlensaurer Kalkerde, filtrire die Flüssigkeit und dampfe sie ab. Dann entziehe man das Kali

durch Alkohol ab; das Übrige ist kohlensaures Kali.

Die Kohlensäure ist hier das Object A der Theilung; bekanntlich ist die Affinität der Kalkerde so groß zur Kohlensäure, daß man sich deren bedient, um die Alkalien ätzend zu machen. Aber in diesem Versuch zeigt sich doch, daß das Kali der Kalkerde einen Antheil Kohlensäure entziehen kann.

§. 1068.

Es folgt aus dem Satze der chemischen Masse, daß man eigentlich nie zwei durch Affinität gemischte Stoffe durch einen dritten völlig von einander trennen kann; daß aber, wenn man die Menge des dritten Stoffs sehr groß macht, der Antheil des zweiten Stoffs, der mit dem ersten verbunden bleibt, ganz unbeträchtlich werden kann; welches sich auch durch die Erfahrung immer bestätigt.

§. 1069.

Es folgt ferner, daß die Wirksamkeit eines Stoffs C auf eine Verbindung A + B in eben dem Maße abnimmt, als sich dieser Stoff der Sättigung nähert, weil das Verhältniß des nicht gesättigten Theils abnimmt, und also die chemische Masse dieses Stoffs immer geringer wird; gleichfalls, daß je geringer der Antheil B in der Verbindung A + B ist, desto stärker er in derselben zurückgehalten werde, weil die chemische Masse des Stoffs A, um B zu binden, desto größer ist.

§. 1070.

Ausser diesen Hauptsätzen liefert Berthollet in seinen Recherches sur les loix de l'Affinité, und noch mehr in seinem Essai de Statique chimique,

eine eben so scharfsinnige als an Thatsachen reiche Untersuchung über den Einfluß einzelner Veränderungen, welche in den Substanzen während der chemischen Processe vorgehen, namentlich der vermehrten oder verminderten Cohäsion, der Gasentwickelung, der Crystallisation, der Efflorescenz *), der Temperatur-

*) Bertholet schränkt die Efflorescenz auf das kohlensaure Natron und einige wenige Salze ein, und schreibt dieses Phänomen der Kohlensäure zu. Allein es findet die Efflorescenz bei einer sehr großen Anzahl von Salzen Statt; wenigstens habe ich sie bei allen crystallisirbaren Salzen, die ich noch behandelt habe, in einem höhern oder niedrigern Grade, beobachtet; dahin gehören auch die Metallsalze; das gemeine Kochsalz, ohne Mitwirkung von kohlensaurem Kalke, effloreſcirt so beträchtlich, daß Glasgefäße von 4 Zoll Durchmesser und 5 Zoll Höhe nicht nur in- und auswendig sich mit Salz überdecken, sondern auch ein gewöhnlicher Teller, auf welchem die Gläser stehen. Ob die Kohlensäure der atmosphärischen Luft dieses und andere Salze modificire, ist in anderer Rücksicht der Prüfung werth; aber die Erhebung des Salzes an den Wänden der Gefäße ist offenbar nur Wirkung der Adhäsion; denn die concreten Salzschichten hängen an den Glaswänden, so lange die Efflorescenz noch dauret, nicht an, sondern sind durch eine sehr dünne Schichte noch flüssigen Salzes davon getrennt, welche letztere also sich zwischen zwei sehr nahe an einander liegenden Flächen befindet, und also wie Wasser, zwischen zwei concentrischen Glascylindern, nach dem Gesetze der Capillarität aufsteigt, und an der äussersten Gränze der Salzwand ausdünsten und crystallisiren muß. Ich kenne ein äusserst merkwürdiges Phänomen von Efflorescenz am essigsauren Zinke, welches mir Anfangs zu erklären sehr schwer war; allein dieses würde zu weit führen. Daß übrigens diese Erhebung der Salze nicht in der Luft, sondern nur an festen Körpern Statt finde, habe ich mich dadurch überzeugt, daß ich eine Glasplatte tief in ein solches Gefäß mit einer Salzauflosung $\frac{1}{2}$ Zoll über der Fläche der Flüssigkeit senkte (ohne daß sie die Wände des Gefäßes berührte), aufhing, und auch nicht die geringste Spur von effloreſcirtem Salze an derselben wahrnehmen konnte, als schon die ganze innere und ein

erhöhung. Der Einfluß der vier ersten Veränderungen reducirt sich, in Rücksicht auf die Affinitätsäusserungen der Stoffe, auf eine Entziehung gewisser Stoffe, zum Theil oder ganz, aus dem Processe, wodurch die chemische Masse der im Processe zurückbleibenden Substanzen nothwendig vermehrt oder vermindert wird. Indeß darf man wohl diese Veränderungen nicht so, isolirt, sondern man muß sie aus dem allgemeinern Standpunkte der Formänderung überhaupt, betrachten, und hier mehr als Wirkungen, weniger als Ursachen ansehen.

§. 1071.

Die Form, welche die Stoffe haben oder annehmen, hat einen äusserst wichtigen Einfluß auf die Wirkungen der Affinität, in jedem chemischen Processe. Wir haben bis jetzt 4 Hauptformen der Stoffe kennen gelernt, die concrete, die tropfbarflüssige, die dampfartige und die beständig elastische. Dazu muß noch eine fünfte hinzukommen, nämlich die flüchtige, nach welcher die Stoffe unendlich fein in den elastischen Flüssigkeiten sich befinden, und sich verbreiten, ohne die elastische Gestalt angenommen zu haben. Wir haben am Phosphor diese Form, §. 1001., ganz bestimmt erkannt, und es ist sehr wahrscheinlich, daß diejenigen Substanzen, die unmittelbar ganz und ohne Zersetzung als concrete Körper (ohne durch die tropfbarflüssige Form zu gehen) sich verflüchtigen können, als z. B. Schwefel, Kohlenstoffoxyd, diese Form annehmen.

Theil der äussern Oberfläche des Gefäßes damit bedeckt war.

§. 1072.

Auſſer den Übergängen aus einer dieſer beſtimmten Formen in die andere, müſſen wir noch zu den Formänderungen jede Veränderung des ſpecifiſchen Gewichts durch Miſchungen rechnen. Jene Übergänge ſind Formänderungen im engern, dieſe im weitern Sinne. Auſſerdem aber müſſen wir noch zu den Formänderungen im weitern Sinne, Veränderungen im Aggregatzuſtande, durch Vermehrung oder Verminderung der Flächenanziehung der Aggregate, rechnen, welches eigentlich Grade der Hauptformänderungen bildet. Dieſe Veränderungen finden ganz beſtimmt in der concreten tropfbarflüſſigen und beſtändig elaſtiſchen Form Statt. Als Beiſpiele in der erſtern dienen, das Cryſtalliſationswaſſer, welches meiſtens härter iſt als das gewöhnliche gefrorne Waſſer, die Oxyde des Phosphors und der Metalle, welche weit ſpröder ſind als die Baſis, woraus ſie beſtehen; in der zweiten können alle Auflöſungen im Waſſer oder Weingeiſt zum Beiſpiel dienen, da die Viscoſität dieſer Miſchungen größer iſt, als die des Auflöſungsmittels; für die dritte Form liefert die Kohlenſäure und das Ammonium Beiſpiele, indem dieſe Gaſe eine geringere ſpecifiſche Elaſticität haben, mithin eine ſtärkere Flächenanziehung ihrer Theile zeigen, jenes als das Sauerſtoffgas, dieſes als die einfache Miſchung aus Stickgas und Waſſerſtoffgas. Die Wärme bewirkt ähnliche Veränderungen, welches keiner der geringſten Gründe iſt, um den Wärmeſtoff als eine chemiſchwirkende Subſtanz anzuſehen.

§. 1073.

Die Form der Stoffe wird durch die Imponder-

bilien bestimmt, welche sich nach der Affinität der ersten oder der zweiten Art mit den ponderablen Stoffen verbinden. Die Gasform des Sauerstoffgases ist Wirkung des gebundenen Wärmestoffs; die des Wasserstoffgases, des gebundenen Lichtstoffes; diese beiden Sätze wird die Lehre der Electricität directe beweisen. Für den Stickstoff ist der imponderable Stoff noch unbekannt. Aber der latente Wärmestoff bringt in diesen drei Gasen und in allen ihren Zusammensetzungen Modificationen hervor, Formänderungen im weitern Sinne. Mehr läßt sich über die Ursache der Elasticität der Flüssigkeiten nicht sagen. Die tropfbare Form scheint einzig von dem latenten Wärmestoff abzuhängen, wenigstens kann sie in allen schmelzbaren Substanzen durch ihn hervorgebracht werden; gleichfalls die Dampfform. Den Einfluß des Lichtstoffs auf die wasserstoffhaltigen tropfbaren Substanzen haben wir noch nicht erkannt, weil wir keine reine Thatsache über denselben haben, indem wir nicht nur keinen reinen Wasserstoff in tropfbarer Gestalt darstellen können, sondern auch keine Anhäufung des latenten Lichtstoffs ohne beträchtliche Temperaturerhöhung möglich ist; da hingegen beträchtliche Temperaturerhöhungen Statt finden, ohne daß Lichtstoff entbunden werde. Allein man würde sehr irren, wenn man alle Formänderungen innerhalb der concreten und tropfbaren Form dem bloßen Wärmestoffe zuschreiben wollte. Die Metallreductionen geschehen nur in der Glühhitze, das heißt, unter großem Zuflusse von Lichtstoff; welches anzeigt, daß, so wie dem Sauerstoffe des Oxyds eine große Menge Wärmestoff nöthig ist, um sich in Gasgestalt von dem

Metall zu trennen, ebenfalls dem Metall des Oxyds Lichtstoff nöthig ist, um sich erst in tropfbarer, dann in fester aber metallischer Gestalt, von dem Sauerstoffe zu trennen. So kann auch keine Kohle ohne Glühhitze entzündet werden, weil zur Trennung des Wasserstoffs aus derselben Lichtstoff erforderlich ist.

§. 1074.

Der Einfluß dieser vielen Formen der Stoffe besteht darin, daß sie die Stoffe in einem größern oder geringern Grade der Dichtigkeit darstellen, führt wieder auf die Theorie der chemischen Masse zurück, und erweitert sie. Es ist, §. 989., gezeigt worden, daß eine Mischung von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas nicht in allen Verhältnissen entzündbar ist, daß die Detonnation bei dem Verhältniß von 85 : 15 am vollkommensten geschieht; woraus folgt, daß von diesem Verhältnisse ab die Schnelligkeit der Entzündung immer abnehmen muß, bis sie = 0 wird, und daß es also möglich seyn muß, solche Mischungen zusammenzusetzen, welche sich nur langsam entzünden. Solche langsame Entzündungen geschehen bei der Entwickelung des Wasserstoffgases durch sehr enge Röhren, wo die Menge des Gases, die mit der atmosphärischen Luft sich vermischt, sehr klein ist; daher die chemische Harmonica (welche nur durch successive sehr kleine Detonnationen entstehet) nicht hörbar ist, wenn die Entwickelung des Gases zu schwach ist; da hingegen jede Entwickelung des Wasserstoffgases durch Wasser hiedurch bei der Entzündung eine nicht unbeträchtliche Detonnation bewirkt, weil hier das Gas in Blasen, mithin in beträchtlicher Menge in den Proceß kommt.

Ferner ist es bekannt, daß die Essigsäure, wenn sie in geringer Menge zu einem kohlensauren Alkali gethan wird, keine Kohlensäure sichtbar entwickelt *). Es folgt aus diesen und mehreren ähnlichen Thatsachen, daß zu den Verbindungen durch Affinität der zweiten Art (nicht der ersten) gewisse Verhältnisse beider zu mischenden Stoffe, nicht in der Totalmasse, aber im wirklichen Processe, das heißt, zu gleicher Zeit auf einander einwirkend, erforderlich sind, wodurch eine gewisse wechselseitige chemische Masse erzeugt wird. Ob für jedes Paar Substanzen nur wenige solche bestimmte Verhältnisse Statt finden, oder ob alle zwischen gewissen Gränzen Statt habende Verhältnisse die Affinität der zweiten Art zulassen, ist noch unausgemacht. (Ob die Metalle nur zweier oder dreier Grade der Oxydation fähig sind?) Auf diese Verhältnisse hat nun die Form der Stoffe einen wesentlichen Einfluß, der durch folgende Beispiele klar documentirt wird:

Die Oxydation der Metalle, durch die atmosphärische Luft, findet nur im Wasser, Queckſilber, überhaupt in einer tropfbaren Flüssigkeit, in trockener Luft gar nicht, Statt. Das oxydirende Gas hat im ganz freien Zustande eine zu große Dilatation; die

*) Auch wird die Kohlensäure nicht etwa bloß durch Adhäsion, wie §. 1059., in der Flüssigkeit erhalten; sondern sie ist in der That nicht vom Kali getrennt; denn, wenn man gleiche Portionen kohlensaures Kali, und kohlensaures Kali mit Essigsäure unter die Luftpumpe setzt, so entwickelt sich aus dem letztern nicht mehr Gas als aus dem erstern. — Dieser Versuch, den man als eine Einwendung gegen Berthollet's Theorie der chemischen Masse brauchen wollte, ist vielmehr eine Bestätigung derselben.

chemische Masse der das Metall berührenden Sauerstofftheile ist zu klein, um den Proceß einzuleiten. Innerhalb der tropfbaren Flüssigkeit aber befindet es sich in einem sehr verdichteten Zustande, wodurch seine chemische Masse beträchtlich vermehrt wird.

Der Phosphor säuert sich an der atmosphärischen Luft, nur in so fern er darin verdunstet, §. 998., in welchem Zustande er einer hinlänglichen Menge Sauerstoffgases begegnet; unter Wasser oxydirt er sich ohne Verdunstung (welches die festanhängende Kruste, die von innen zunimmt, beweiset), weil hier das Sauerstoffgas verdichtet ist.

Der Schwefel säuert sich gleichfalls in freier Luft, nur wenn er durch Wärme zur Verdünstung gezwungen wird; und er oxydirt sich auch unter Wasser deswegen nicht, weil seine kleine Affinität zum Sauerstoffgase durch die des Wassers balancirt wird. Die Metalle und so viele andere Substanzen oxydiren sich in den Säuren deswegen so leicht, weil die Säuren den Sauerstoff, obgleich schon gebunden, in einem so verdichteten Zustande enthalten.

§. 1075.

Die Temperaturänderung begleitet alle Affinitätsprocesse der ersten und zweiten Art, als Wirkung und als Ursache; und da wir, §. 773., gesehen haben, daß Temperaturänderung nichts anders als Vermehrung oder Verminderung des latenten Wärmestoffs ist, so muß die Lehre der Affinität von diesem erscheinenden oder verschwindenden latenten Wärmestoffe Rechenschaft geben, nämlich für die Fälle, da dieses Phänomen Wirkung der Affinität ist; welches in der Lehre der Wärme hinreichend geschehen ist, besonders

wenn man den Satz, daß der Wärmestoff den Sauerstoff in den Gaszustand versetzt, hinzuthut. Es reducirt sich das Phänomen auf Formänderung im engern oder weitern Sinne.

§. 1076.

Als Ursache wirkt die Temperaturänderung bei allen Affinitätsphänomenen mächtig, und man kann den Satz als allgemein aufstellen, daß die Erhöhung der Temperatur alle chemische Processe befördert. Für die Affinität der ersten Art liefern die Auflösungen von Salzen, Alkalien, Erden, Gummi ꝛc. in Wasser, der Harze in Weingeist, der Metalle in Queckſilber; für die Affinität der zweiten Art die Einwirkung der Säuren auf die Metalle, der wechselseitigen Zersetzungen der Salze, der Einwirkung der Alkalien auf die oxydablen Substanzen, der Gährungen aller Art, zahlreiche Beispiele. Wenige Beispiele, als der wechselseitigen Zersetzung des Kochsalzes und des Alauns, welche nur unterhalb des Frierpunkts des Wassers Statt findet, erklären sich leicht daraus, daß der Wärmestoff die Affinitäten mehrerer Paare von Substanzen zu verschiedenen Graden erhöhet. Diese Wirkung des Wärmestoffs kann seinem bloßen Dilatationsvermögen, wodurch die Flächenanziehung der Substanzen vermindert wird, nicht zugeschrieben werden. Diese Ursache kann nur die größere Schnelligkeit der Auflösung, nicht aber die größere Auflösung selbst erklären. Denn die Dilatationen durch die Wärme in den festen Körpern und in den tropfbaren Flüssigkeiten sind so klein, daß sie in keinem Verhältnisse mit den verschiedenen Graden der Saturation stehen. Das größere Saturationsverhältniß,

welches z. B. bei dem Baryt zehnmal größer im siedenden als im kalten Wasser ist, muß dem latenten Wärmestoffe, als einer chemisch wirkenden Substanz, zugeschrieben werden. So giebt es Beispiele, daß eine Portion Wasser, welche mit einem gewissen Salze gesättigt ist, noch mehr von diesem Salze auflösen kann, wenn man ein anderes Salz hinzugethan hat; so wird die Affinität des Schwefels zum Sauerstoffe erhöhet, wenn es mit einem Alkali zusammengeschmolzen ist. Wir müssen also statuiren, daß der Wärmestoff die Affinität der ponderablen Substanzen zu einander erhöhet; und alle Beispiele dieser Einwirkung beweisen, daß dieses für jedes Paar von Substanzen in verschiedenen Verhältnissen Statt findet.

§. 1077.

Der Wärmestoff, indem er die ponderablen Substanzen dilatirt, modificirt die chemische Masse; besonders ist dieser Umstand bei den Gasen wichtig, da sie einer so beträchtlichen Dilatation fähig sind. Wo also die durch Flüssigkeiten gesperrten Gase auf concrete oder tropfbare Substanzen einwirken sollen, wird ihre chemische Masse durch Erwärmung beträchtlich mehr vermindert als die dieser Substanzen. Es ist also die Beförderung der Affinitätsprocesse durch den Wärmestoff, zwischen Gasen und andern Substanzen, nur unter zwei Voraussetzungen möglich, nämlich entweder durch Verflüchtigung der nichtgasförmigen Stoffe oder durch Erhöhung der Affinität. Beides findet wahrscheinlich in den meisten dieser Processe Statt. Dieses gilt auch, aber in einem geringern Grade, von den Affinitätsverbindungen zwischen tropfbaren und concreten Substanzen.

§. 1078.

Ferner beschleunigt der latente Wärmestoff die Affinitätsprocesse durch die Strömungen, die er in den Flüssigkeiten erzeugt, da die Erwärmung immer nur partiell ist. Dieser Effect ist derselbe, als der einer mechanischen Mischung, wodurch die chemische Masse in jedem einzelnen Theile des Processes vergrößert wird.

§. 1079.

Endlich hat der Wärmestoff dadurch einen großen Einfluß auf die Affinitätsprocesse, daß er vielen Substanzen die elastischflüssige Form giebt, wodurch diese Stoffe entweder in den Proceß kommen oder daraus entfernt werden. Die Erzeugung dieser elastischen Form wird dadurch bewirkt, daß bei Anhäufung des latenten Wärmestoffs die Flächenanziehung der Theile der tropfbarflüssigen oder concreten Substanzen durch allmählige Entfernung dieser Theile von einander überwunden wird, und nun der Wärmestoff sich freier damit verbinden und die Dilatation bis zu unbestimmbaren Graden treiben kann, eine Ausdehnung, welcher wir noch keine Gränzen bis jetzt assigniren können, als diejenige, welche von dem äussern Drucke herrührt.

§. 1080.

Es ist wohl nicht möglich, auf eine allgemeine Art das quantitative Verhältniß aller dieser mannichfaltigen Wirkungsarten, der ponderablen und imponderablen Stoffe, welche oft alle zugleich in einem Processe vorkommen, zu bestimmen. Allein die Kenntniß dieser Wirkungsarten wird wenigstens dazu dienen, die in einzelnen Affinitätsprocessen wirkenden Ur-

Ursachen beiläufig zu assigniren, so daß man sich von jedem Theile des Processes wird eine befriedigende Rechenschaft geben können. Dieses unter genauer Bestimmung der Verhältnisse zu thun, ist vorzüglich deswegen nicht ausführbar, weil die Wirkung des Lichtstoffs, und eines dritten noch unbekannten imponderablen Stoffs, welche in so vielen Processen berücksichtigt werden sollte, noch gar nicht dem Maße unterworfen worden ist.

Viertes Kapitel.

Theorie der einfachen Combinationen der einfachen Stoffe.

A. Von dem Sauerstoffe.

§. 1081.

Lavoisier hatte schon die Oxyde von den Säuren sorgfältig unterschieden. Aber er setzte den Unterschied zwischen Säuren und Oxyden bloß darin, daß jene eine größere Menge Sauerstoff enthalten. Allerdings haben wir mehrere Data, welche dafür sprechen, daß die Säuren mehr Sauerstoff enthalten als die Oxyde mit gleicher Grundlage, obgleich sonst mehrere Oxyde mehr Sauerstoff enthalten, als einige Säuren mit andern Grundlagen; so z. B. enthalten die Stickstoffsäuren mehr Sauerstoff, als die Stickstoffoxyde; so auch enthält der Zucker, der aus 0,64 Sauerstoff, 0,28 Kohle, *) 0,08 reinen Wasserstoff

*) Ich sage Kohle, nicht wie Lavoisier Kohlenstoff, weil Lavoisier seine Berechnungen über die Quantitäten

besteht, gerade nur so viel Sauerstoff, als nöthig wäre, um die Kohle in Kohlensäure zu verwandeln; und da der Wasserstoff nicht unoxydirt da seyn kann, so muß das Kohlenstoffoxyd offenbar weniger Sauerstoff enthalten als die Kohlensäure. Allein dieser Unterschied ist nicht der einzige, auch nicht der wesentliche. Den wesentlichen Unterschied zwischen Oxyden und Säuren erkennt man an ihrer Wirkungsart. Jene können, als sauerstoffhaltige Stoffe, andere Substanzen nicht zerlegen; diese hingegen sind, als sauerstoffhaltige Stoffe, die stärksten Reagentien in der Natur. Dieser ungeheure Unterschied kommt nicht einigen Procenten Sauerstoff mehr zu, sonst müßte er in einigem Verhältnisse damit stehen. Andere Phänomene, z. B. die Entzündungsprocesse in der atmosphärischen Luft, im oxydirten Stickgas, im Salpetergas, und die völlige Nichterfolgung derselben in der dampfförmigen salpetrichten Säure beweisen ohnehin, daß die Natur ihre Processe nicht bloß nach dem quantitativen Verhältnisse der Stoffe einleitet.

§. 1082.

Die Ursache zu diesem wichtigen Unterschiede muß sich aus einem Umstand entwickeln, der noch nicht in dieser Hinsicht beherzigt worden ist, nämlich aus der Erscheinung der großen Menge von latenten und freien Wärmestoff, welche bei der Einwirkung der Säuren Statt findet. Die Säuren entwickeln diese große Wärme in ihrer Verbindung mit den Alkalien, Erden und Metalloxyden, wobei keine Zersetzung der Säu-

nach seiner Verbrennung der Kohle bestimmt. Schon vor 9 Jahren habe ich auf zwei wichtige Rechnungsfehler aufmerksam gemacht, welche daraus entstehen.

ren Statt findet; sie entwickeln gleichfalls diese Wärme in ihren Verbindungen mit den Metallen und andern oxydirbaren Stoffen, wobei die Zersetzung der Säure Statt findet; endlich erscheint auch eine große Quantität latenten und freien Wärmestoffs bei ihrer bloßen Verbindung mit dem Wasser, nach der Affinität der ersten Art. Dieser latente Wärmestoff war aber in den Substanzen nicht vor ihrer Mischung; es ist nicht bloß eine Veränderung der Capacität entstanden; denn, die specifische Wärme des Wassers = 1 gesetzt, ist die der Metalle im Durchschnitt = 0,0787; die der Salpetersäure etwa 0,661; der Schwefelsäure 0,334; und mischt man diese Säuren mit Wasser, so ist nach der Mischung die specifische Wärme des Gemisches kaum um Etwas größer, als die mittlere berechnete der einzelnen. So sind auch die specifischen Wärmen aller entzündlichen Substanzen (Alkohol ausgenommen der 1,086 hat), auch die der Alkalien und Salze, kleiner als die des Wassers. Die sich entwickelnde Wärme, bei den Verbindungen der Säuren mit andern Substanzen, muß also in der Säure gebundener Wärmestoff gewesen seyn. Und dieses liefert uns nun den wahren Character der Säuren, den Begriff von Acidität. Säuren sind demnach solche Verbindungen von Sauerstoff mit einer Grundlage, in welcher noch ein beträchtlicher Antheil des im Sauerstoffgase gebundenen Wärmestoffs geblieben ist; Oxyde sind solche Verbindungen, wobei der gebundene Wärmestoff des Sauerstoffgases sich während der Mischung ganz entbunden hat, in welchem also kein gebundener Wärmestoff übrig ist.

§. 1083.

Lavoisier hat uns sehr schätzbare calorimetrische Data über die Menge des durch die Verbrennung mehrerer Substanzen entbundenen Wärmestoffs hinterlassen, woraus er diejenige Menge zu bestimmen sucht, welche durch die bloße Zersetzung des Sauerstoffgases sich entbindet, bestimmen will, um die zur Formänderung der übrigen Stoffe nöthige Menge des Wärmestoffs zu berechnen. Uns würden diese Data und Berechnungen zur Bestimmung der Menge des gebundenen Wärmestoffs in mehreren Säuren vortrefflich dienen. Allein Lavoisier geht von dem Satze aus, daß die phosphorichte Säure (vermuthlich weil der Phosphor hier wieder im concreten Zustande erscheint) keinen Wärmestoff von dem Sauerstoffgase zurückbehalten habe. Allein, da diese Säure schon in ihrer bloßen Verbindung mit Wasser viel Wärme erzeugt, und dann als flüssige Säure in ihrer Verbindung mit den Alkalien wieder viel Wärme entwickelt, so ist diese Voraussetzung Lavoisiers offenbar unrichtig. Die Entzündung des Wasserstoffgases zur Wasserbildung würde zu solchen Berechnungen eine weit sicherere Grundlage liefern, weil das flüssige Wasser ein Oxyd ist, von dem man annehmen kann, daß, bei der Temperatur 0° R., dessen ganzer Wärmestoff fähig ist, ein zehnfaches Gewicht von Eis zu schmelzen, da die specifische Wärme des Eises = 0,9 ist. Allein es müßte bei dieser Berechnung die specifische Wärme des Wasserstoffgases und des Sauerstoffgases mit in Anschlag genommen werden. Aber diese specifischen Wärmen sind offenbar in unsern Tabellen falsch angegeben, welches aus der Ver-

gleichung derselben mit der der Kohlensäure erhellt. Für jetzt also, das heißt, so lange man keine richtige Bestimmungen der specifischen Wärmen des Wasserstoffgases und des Sauerstoffgases hat, sind die Berechnungen über die Menge des gebundenen Wärmestoffs im Sauerstoffgase und mithin in den Säuren unmöglich. Indeß folgt aus den Lavoisierschen Versuchen und Berechnungen doch unwidersprechlich so viel, daß zur ursprünglichen Erzeugung von Säuren Sauerstoff in Gasgestalt nöthig ist, und daß die Säuren desto mehr gebundenen Wärmestoff enthalten, je weniger desselben bey der Verbindung der oxydablen Substanz mit dem Sauerstoffgase entbunden worden ist.

§. 1084.

Der Zustand des Sauerstoffs in Gasgestalt, ist also eine Bedingung zur primitiven Erzeugung der Säuren; weil daher der gebundene Wärmestoff zur Acidität des Gemisches hergenommen werden muß. Hat man aber schon fertige Säuren, so lassen sie sich zu Hervorbringung anderer Säuren anwenden, indem durch eine größere Affinität der neuen Basis der Sauerstoff der Säure, sammt ihrem gebundenen Wärmestoffe, sich mit dieser neuen Grundlage verbindet. Aber da bei dieser Trennung und Verbindung immer Wärme erzeugt wird, so ist die neue Säure schwächer (weniger gebundenen Wärmestoff enthaltend) als die erste. So lassen sich durch Einwirkung der Schwefelsäure auf kohlenstoffhaltige Substanzen Kohlensäure, der Salpetersäure auf Phosphor, phosphorichte Säure ꝛc. erzeugen.

§. 1085.

Wenn man die primitive Erzeugung von Säuren,

die uns bestimmt bekannt sind, betrachtet, nämlich der Kohlensäure, der Phosphorsäure, der Schwefelsäure, der Blausäure, so findet man, daß die Basis sich in concreter Gestalt befindet. Es scheint also diese Form der Basis zu dieser Art von Verbindung, um den gebundenen Wärmestoff im Gemische beizubehalten, nothwendig, eben weil die concreten Stoffe weniger latenten und keinen gebundenen Wärmestoff enthalten, und folglich fähiger sind, vom Letztern eine beträchtliche Menge anzunehmen. Dagegen bildet Wasserstoffgas und Sauerstoffgas, auch durch Affinität der zweiten Art gebunden (nämlich durch Glühhitze oder den electrischen Funken), keine Säure, sondern nur ein Oxyd. Die Metalle liefern ebenfalls in der Glühhitze nur Oxyde, weil auch diejenigen, welche vor dem völligen Schmelzen glühen, dennoch an ihrer Oberfläche schmelzen.*) Diejenigen Metalle, welche Säuren in der Glühhitze bilden, nämlich Arsenik, Molybdän, Wolfram und Chromium, haben wahrscheinlich, wie der Phosphor, die Eigenschaft, in concreter Gestalt zu verdunsten.

*) Diese Behauptung rechtfertigt sich nicht nur dadurch, daß dergleichen Metalle vorher weich werden, ehe sie in der Glühhitze schmelzen, sondern vorzüglich durch die Crystallisation des Eisens in der Glühhitze, wenn man den Versuch der Wasserzersetzung anstellt. Ich stelle ihn gewöhnlich mit einem Bündel Eisendrath an (nicht mit Feilspähnen); und nach dem Versuche finde ich das sehr schwach oxydirte Eisen in rhomboidalischen Blättern sehr schön crystallisirt, welches eine Schmelzung nothwendig voraussetzt. Merkwürdig ist's, daß, wenn dieser Drath zum zweiten- und drittenmale mit sammt seiner Oxydschichte dieser Operation unterworfen wird, das Oxydul sich nicht stärker oxydirt, sondern es wird nur seine Schichte dicker, durch Oxydation des übrigen Eisens.

§. 1086.

Gegen diese Ansicht der primitiven Erzeugung der Säuren scheint die Oxydation des Phosphors und der Metalle unter Wasser, so wie auch die Bildung der salpetrichten Säure durch Stickstoff und Sauerstoff, beide im Gaszustande, zu streiten. Im ersten Falle sollte eine Säure entstehen, im zweiten aber keine. Allein es entsteht im ersten Falle keine Säure, weil das Sauerstoffgas bei seiner Verschluckung durch das Wasser einen beträchtlichen Theil seines Wärmestoffs verlieren muß, ein Verlust, der deswegen nicht bemerkt wird, weil die Verschluckung sehr langsam geschieht; da hingegen bei jeder plötzlichen Condensation des Sauerstoffgases dieser Verlust durch eine merkliche Temperaturerhöhung sehr merklich ist. Auch zeigt sich eine Temperaturerniedrigung im völlig getrockneten Queckſilber, wenn man seine Luft mittelst der Luftpumpe entwickelt. Die Verbindungen des Stickgases mit dem Sauerstoffgase sind freilich schwerer zu erklären, weil wir die Natur der Einwirkung des electrischen Funkens auf diese beiden Gase noch nicht hinlänglich kennen.

§. 1087.

Diese Betrachtungen, über die Bildung und den Character der Säuren, erklären die große Schmelzfähigkeit derselben nicht nur gegen das feste Wasser, sondern auch gegen die strengflüssigsten Substanzen, als z. B. Metalle (eigentlich Metalloxyde) und Erden. Sie enthalten einen großen Vorrath von gebundenem Wärmestoff, der durch die Affinitätswirkung sich entwickelt, latent und sogar noch frei wird. Sie müssen also als die mächtigsten Schmelzmittel angesehen

werden, mächtiger als die Hitze im Focus des stärksten Brennspiegels. Nächst den Säuren hat das Wasser, seiner großen Menge latenten Wärmestoffs wegen, gleichfalls ein großes Schmelzvermögen. Die durch selbiges bewirkten Auflösungen der Salze, der Alkalien, des Zuckers, des Gummi's ꝛc. sind wahre Liquefactionen. So auch die durch den Äther und den Weingeist, welche beide in einem geringern Grade als das Wasser wirken. Es sind also die Affinitätsphänomene der ersten Art, als Wirkungen der Affinität betrachtet, nichts als Formänderungen durch den Wärmestoff.

B. Von dem Wasserstoffe.

§. 1088.

Der Character des Wasserstoffs ist die Entzündlichkeit. Daher muß die Theorie seiner Verbindungen hergeleitet werden, wie wir die des Sauerstoffs von seinem Character, gebundenen Wärmestoff zu enthalten, genommen haben. Und es liefert uns der Wasserstoff in seinen mannichfaltigen Verbindungen völlig das Analogon der Verbindungen des Sauerstoffs. Der Wasserstoff liefert nämlich in seinen Verbindungen ein entzündliches oder ein nicht entzündliches Product. Jenes wollen wir Lucid, dieses Phlogid nennen *), weil die Grundeigen-

*) Für neue Bedeutungen müssen wir neue Worte haben; man erlaube mir also diese vorzuschlagen. Um die Analogie auch in der Wahl der Worte beizubehalten, habe ich das Eine aus dem Lateinischen das Andere aus dem Griechischen genommen, wie es mit dem Acide und Oxyde Lavoisiers der Fall ist.

schaft des Wasserstoffs ist, Licht zu enthalten und zu entwickeln. So wie die Säuren gebundenen Wärmestoff enthalten, die Oxyde aber nicht, so enthalten die Lucide gebundenen Lichtstoff, die Phlogide aber nicht.

§. 1089.

Die Lucide sind: Phosphor, Schwefel, alle Metalle, Wachs, Talg, die Öhle und alle sonstigen Gattungen von Fett, die entzündlichen Harze, das Ammonium, die Kohle, das Holz und alle Vegetabilien, die Atherarten, der Weingeist und alle übrigen weingeistartigen Substanzen *). Die Phlogide sind: Wasser, alle Metalloxyde, die Säuren, deren Basis ein Lucide ist, Phosphoroxyd, alle nicht entzündlichen vegetabilischen und animalischen Producte. In allen Substanzen der ersten Art befindet sich der Lichtstoff im gebundenen Zustande, in den letztern bloß latenter Lichtstoff, und der Wasserstoff, der zu ihrer Zusammensetzung gehört, kann nur durch Glühen oder durch ein Lucide (von welchem es den gebundenen Lichtstoff borgt) in Gasgestalt getrennt werden.

§. 1090.

Das Wasserstoffgas zeigt in seiner Wirkungsart noch eine wichtige Ähnlichkeit mit der des Sauerstoffgases. So wie dieses nicht ohne die Gegenwart einer tropfbaren Flüssigkeit bei geringerer Temperatur die Metalle oxydirt, kann jenes die Lucidation der Metall-

*) Will man in dem Phosphor, Schwefel und in den Metallen den Wasserstoff noch nicht anerkennen (eine Anerkennung, die freilich nur noch Hypothese ist), so thut es im Grunde dieser Classification keinen Schaden. Denn es kommt bei derselben darauf an, ob die Substanz gebundenen Lichtstoff enthält oder nicht.

oxyde nicht bewirken ohne die Gegenwart des Wassers, wie die Versuche der Mad. Fulhame beweisen.

C. Von dem Stickstoffe.

§. 1091.

Der Character des Stickstoffs ist Fähigkeit Alkalien, wie der des Sauerstoffs Säuren, der des Lichtstoffs Lucide, zu erzeugen. Daher muß die Theorie seiner Verbindungen deducirt werden. Er geht auch Verbindungen ein, die keine Alkalien sind. Jene wollen wir, wie bisher, Alkalien nennen, diese Azotiden. In jenen müssen wir voraussetzen, daß der imponderable Stoff (der jetzt noch unbekannt ist), welcher dem Stickstoffe die Gasform giebt, darin im gebundenen Zustande bei der Bildung des Alkali geblieben ist, dahingegen er in den Azotiden nur im latenten Zustande seyn wird.

§. 1092.

Die Alkalien sind: Schwererde, Kali, Strontion, Natron, Kalk, Ammonium *). Die Azotiden sind: die Salpetersäure, die salpetrichte Säure, das Salpetergas, das oxydirte Stickgas **), alle animalische Substanzen, der vegetabilische Kleber und andere vegetabilische Substanzen.

*) Die Gegenwart des Stickstoffs ist freilich nur im Ammonium völlig erwiesen. Aber sie ist für die übrigen Alkalien so höchstwahrscheinlich, daß man nicht umhin kann, diese Hypothese aufzustellen, bis weitere Erfahrungen entschieden haben werden.

**) Das oxydirte Stickgas ist wahrscheinlich nur eine Zusammensetzung aus Salpetergas und atmosphärischer Luft, wobei ersteres, in dieser aufgelöset, leichter zersetzt werden kann.

§. 1093.

Der Stickstoff als Gas, in reinem Zustande, hat, §. 983., die Eigenschaft, die Verbindungen des Sauerstoffs mit den Luciden zu befördern. In seinen Verbindungen als Alkali besitzt er diese Eigenschaft in einem höhern Grade, welches die Schwefelleber und andere ähnliche Verbindungen beweisen.

§. 1094.

Diese Ansicht der drei einfachen Stoffe, die wir rein in Gasform darstellen können, enthält noch manche hypothetische Sätze, welche erst durch weitere Forschungen entweder zur Würde physikalischer Wahrheiten erhoben oder berichtigt werden müssen. Es gehören aber auch Hypothesen, wenn sie hinlängliche Analogien für sich haben, zum Gebiete der Wissenschaft, weil sie neue Blicke, wenigstens über einzelne Theile derselben, liefern, neue Wege der Forschung eröffnen. Namentlich hat diese den Vortheil, unsere allgemeinen Ansichten über die Affinitätswirkungen der einzelnen Stoffe zu erweitern. Blieb man bei der eingeschränktern Ansicht, dem Sauerstoffe und dem Wärmestoffe allein die Hauptrolle zu assigniren, sie gleichsam als die einzigen thätigen Wesen in der Natur, die übrigen aber als leidende Stoffe, anzusehen, wie man zu Anfange der Reform in der Chemie zu thun nur zu sehr geneigt war, so würde man einen weit zu eingeschränkten Begriff der Naturwirkungen überhaupt haben. Jeder einfache Stoff, der Affinität zeigt, und dies ist der Fall mit allen, muß als ein selbstthätiger chemischer Stoff betrachtet werden.

Fünftes Kapitel.

Zusammengesetzte Affinitätsprocesse der einfachen Stoffe.

A. Zersetzung der atmosphärischen Luft.

§. 1095.

Da die atmosphärische Luft in so vielen Processen einwirkt, namentlich die erste Quelle der Lebensprocesse der animalischen und vegetabilischen Natur ist, so ist die Kenntniß ihrer Bestandtheile von der größten Wichtigkeit. Besonders bemühte man sich, bald nach der Entdeckung der Eigenschaften des Sauerstoffgases, den Gehalt desselben in der atmosphärischen Luft, von welchem man ihre Athembarkeit herleitet, und von welchem man auf ihre Gesundheit schloß, so genau als möglich zu erforschen, und nannte die besondern Apparate dazu Eudiometer. Allein der Einfluß der atmosphärischen Luft auf die Gesundheit hängt nicht bloß von ihrem Sauerstoffgehalte ab, sondern auch von vielen in derselben zufällig beigemischten andern Stoffen, als Wasser und Kohlensäure, welche die Luft, obgleich in einem geringen Verhältnisse, fast immer enthält (Humbolds Anthracometer), dann auch Wasserstoffgas, Ammonium, schwefelichte Dämpfe, die Miasmen, deren Natur so wenig noch bekannt ist; welche letztere Substanzen gewöhnlich nur örtlich-zufällig in der atmosphärischen Luft sich befinden.

§. 1096.

Unter den vielen Substanzen, welche durch ihre Affinität zu dem Sauerstoffgase die atmosphärische Luft zersetzen, und als eudiometrische Substanzen be-

trachtet werden, rechnet man vorzüglich das Salpetergas, das Schwefelkali, den Phosphor, das Wasserstoffgas und das Blei- und Zinnamalgama, weil man mit ihnen die Zersetzung vollkommener zu Stande bringt als mit allen übrigen. Aus der Reihe der eudiometrischen Stoffe müssen alle diejenigen ausgeschlossen werden, die bei ihrer Einwirkung auf das Sauerstoffgas ein neues Gas entwickeln, nicht nur wegen der Schwierigkeit, dieses neue Gas abzuscheiden oder in Rechnung zu bringen, sondern weil dieses neue Gas während des Processes Verbindungen mit den Bestandtheilen der atmosphärischen Luft eingeht, welche die fernere Entziehung des Sauerstoffs aus dem nun dreifachen Gemische erschwert und endlich unmöglich macht.

§. 1097.

Das Salpetergas verdankt seine eudiometrische Eigenschaft seiner Affinität zum Sauerstoffgase, wodurch salpetrichte Säure erzeugt wird. Priestley, der zuerst die Salpetersäure durch Metalle zersetzte, kann als der Schöpfer der Eudiometrie angesehen werden, obgleich Hales früher das Salpetergas entdeckt hatte. Priestley's Eudiometer war sehr einfach. Er füllte gleiche Theile (wozu er ein besondres gläsernes Gefäß, das Maaß, hatte) atmosphärische Luft und Salpetergas in eine etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll weiten Röhre, in welcher die wechselseitige Zersetzung im pneumatischen Wasserapparat geschah. Dann füllte er das rückständige Gas in eine lange und enge, genau graduirte Röhre, um das Volum dieses Rückstandes genau zu messen. Da nun vorhergegangene Füllungen von Gas gelehrt hatten, wie viel Theile der

langen Röhre auf ein Maaß gehen, so war dadurch das Verhältniß der Absorption bekannt. Nachher haben Landriani, Ingenhouß, Fontana, Magellan und Andere an dieser einfachen Vorrichtung gekünstelt. Aber von allen diesen Eudiometern hat sich nur eins von Fontana in der Physik erhalten, welches im Wesentlichen das Priestleysche ist, und sich von ihm dadurch unterscheidet, daß die Gase unmittelbar in die graduirte Röhre, welche etwa $\frac{1}{2}$ Zoll weit ist, gefüllt und durch Schütteln gemischt werden, und daß das Maaß mit einem genau passenden Schieber verschlossen wird, wodurch die Gasportionen sehr genau bestimmt werden. Bei dieser, wie bei allen Operationen dieser Art, muß man dafür sorgen, daß, bei allen Abmessungen des Gasvolums, das Gas stets unter gleichem Drucke stehe und also keine Wassersäulen im pneumatischen Apparate den Luftdruck vermehren oder vermindern, so wie auch, daß während des Versuches die Temperatur der Gase nicht durch die angebrachte Hand erhöhet oder durch das kalte Wasser erniedrigt werde. Sauſſure der ältere verfertigte sich ein Eudiometer, bei welchem die Größe der Absorption durch Wägung des Absorptionsgefäßes gemessen wird, wenn das Gefäß mit Wasser voll ist, und wenn der Rückstand der Gase und nur so viel Wasser darin ist, als dieser Rückstand zuläßt*): ein Verfahren, welches unter gehöriger Vorsicht an sich eine größere Genauigkeit giebt, und daher, wo es anwendbar ist, den Scalen vorzuziehen ist.

*) Diese Idee erhält eine größere Vollkommenheit, wenn man den Apparat so einrichtet, wie der Hr. Prof. Späth, daß man das Gefäß unter Wasser, also hydrostatisch, wägt.

§. 1098.

Allein diese noch so genau gemessenen Absorptionen liefern für sich nur sehr unbestimmte Verhältnisse der Güte der Luft, wenn man nicht weiß wie viel Sauerstoffgas erfordert wird, um eine bestimmte Menge Salpetergas in salpetrichte Säure zu verwandeln. Dieses Verhältniß hat Priestley auf 1 : 2, Lavoisier auf 4 : 7½ bestimmt. Nur durch eine solche Bestimmung kann man aus den Absorptionsverhältnissen den Sauerstoffgehalt der atmosphärischen Luft berechnen. Allein dieses setzt ein sich selbst immer gleiches und völlig reines Salpetergas voraus, welches auf keine Art zu erhalten ist. Daher die vielen Ungleichheiten in den Resultaten, die vielerlei Apparate, und die verschiedenen Vorschriften zur Mischung, welche man ehemals angab. Umsonst hat Humbold, nach den fruchtlosen Bemühungen anderer Physiker, durch die größte Sorgfalt und durch die mühsamsten Untersuchungen gesucht, das Salpetergas im höchsten Zustande der Reinheit zu erzeugen oder den Grad seiner Reinheit zu bestimmen, um völlig genaue Resultate zu erhalten; die Verbindungen des Stickstoffs und Sauerstoffs sind zu vielen einzelnen nicht zu bestimmenden Variationen unterworfen.

§. 1099.

Das Schwefelkali (Schwefelleber), wenn es gut und frisch bereitet ist, taugt zur Zersetzung der atmosphärischen Luft ziemlich gut. Es fehlt jedoch dieser eudiometrischen Substanz an einer Bestimmung der Menge des Wassers zur Benetzung derselben, an einer genauen Bestimmung des erzeugten Ammonium und an einem bestimmten Apparate (welches

übrigens in einer langen, genau graduirten und gut zu verschließenden Röhre bestehen kann), um zu genauen Versuchen dieser Art brauchbar zu seyn.

§. 1100.

Der Phosphor wurde von Lavoisier, Séguin, Morveau und Andern in der Art gebraucht, daß er in einer mit Queckſilber gefüllten Röhre geſchmolzen und alsdann die zu prüfende Luft, nach genau bestimmten Maaßen, allmählig eingelaſſen wurde, wodurch der Phosphor entzündet wurde und die eingelaſſene Luft ihren Sauerſtoff abgab. Reboul erfand einen zweckmäßigen Apparat, um den Phosphor in der zu prüfenden Luft unmittelbar zu entzünden. Allein ungeachtet der Phosphor durch seine förmliche Entzündung reines Sauerſtoffgas völlig zerſtört, ſo lieferte dieſes Verfahren keine reinen Reſultate, weil bei dieſem tumultuariſchen Proceß das Stickgas noch immer einige Antheile Sauerſtoffgas behält. Grenſchlug die langſame Entzündung des Phosphors in mittlerer Temperatur vor, wurde aber vom Tode übereilt, ehe er dieſen Gedanken gehörig ausführen konnte. Berthollet in Cairo, ich in Riga, nahmen dieſe Idee zu gleicher Zeit wieder auf, und erhielten beide eine ſehr vollſtändige und beſonders regelmäßige Abſorption. Bertholets Eudiometer iſt eine einfache gut graduirte Röhre, in welche man den Phosphor hineinſteckt und dann Waſſer nach der Abſorption des Sauerſtoffgaſes hinein treten läßt. Das meinige iſt, Fig. XLV. vorgeſtellt, und giebt mit vieler Genauigkeit noch die tauſend Theilchen des Volums an. A iſt eine Röhre von 12 bis 18 Linien im Durchmeſſer, welche an eine engere a b luftdicht angeſchraubt wird;

diese ist in tausend Theilchen des Volums beider Röhren eingetheilt. Ist diese zusammengesetzte Röhre mit der zu prüfenden Luft angefüllt, so schiebt man die Phosphorstange (deren Raum genau bekannt seyn muß; ich mache sie gewöhnlich $\frac{1}{21}$ des ganzen Absorptionsraums gleich) durch die enge Röhre bis in die weite A hinein, und kehrt das Instrument um, um es schnell in die weite Röhre B, welche schon Queckſilber enthält, zu senken. Dieser Apparat ist auf dem Brette CE befestigt, und kann wie ein Barometer aufgehängt werden. Während der Absorption, welche bei etwa 14° R. in ungefähr 16 Stunden vollendet ist, steigt das Queckſilber allmählig in die Röhre ab, so daß keine Dilatation der Luft, keine besondere Expansion des Queckſilbers und Austreten von Luft aus derselben möglich ist, welche die Resultate unsicher machen könnte. Nach vollzogener Absorption corrigirt man das Resultat für die Barometer- und Thermometerveränderungen, und setzt für den Raum des Phosphors dem corrigirten Resultate noch $\frac{1}{20}$ zu. Die Correctionen sind:

Für 1‴ Barometerhöhe = = = = = 0,00234
für 1° der 80theiligen Queckſilberscale = 0,00469.

Jene Correction ist hinlänglich genau, wenn während des Versuches der Barometerstand sich höchstens um 18‴ geändert hat, welche Gränze wohl selten in 16 Stunden überschritten wird. Sonst muß man die ganze Berechnung anstellen.

Um beständig richtige Resultate zu erhalten, ist's erforderlich, daß der Phosphor durchaus nicht durch das Licht verändert worden sey, sonst bildet sich, bei dessen Einwirkung auf die atmosphärische Luft, eine

neue Luftart, welche zuweilen bis 0,12 ausmachen, und die Absorption um so vieles vermindern kann *). Daher muß das Rohr A, durch eine undurchsichtige Hülle, vor dem Einflusse des Lichts gesichert seyn.

§. 1101.

Das Wasserstoffgas wurde ursprünglich von Volta als eudiometrische Substanz vorgeschlagen, aber lange nicht angewandt. In den letzten Jahren kam es wieder zur Sprache, und wird, vorzüglich in Paris, gebraucht. Für die atmosphärische Luft werden gleiche Theile dieser Luft und Wasserstoffgas durch den electrischen Funken in einer Glasröhre, welche entweder ganz verschlossen oder bloß mit Wasser gesperrt ist, entzündet. Diese eudiometrische Substanz gewährt den Vortheil, daß man sogleich, und also ohne Correction für den Barometer- und Thermometerzustand, das Resultat erhält. Allein es lassen sich gegen die Genauigkeit dieses Verfahrens folgende erhebliche Einwendungen machen.

1) Wenn man einfache Gase mischt, so zieht sich ihr Volum zusammen, und namentlich am Sauerstoffgas und Wasserstoffgas im Verhältnisse 1 : 2

*) Dieser Umstand war wahrscheinlich Schuld, daß Humbold bei seinem Gebrauche des Phosphors, nach mehreren Hunderten von Versuchen, keine Übereinstimmung in den Resultaten finden konnte. Ich habe jederzeit übereinstimmende Resultate erhalten, wovon 3 zugleich und mit 3 verschiedenen Phosphoreudiometern durch Hrn. Sand und mich an derselben Luft angestellte Versuche, die in ihren Resultaten nicht um 0,0003 von einander abwichen, mich gleich nach der Erfindung dieses Eudiometers, so wie viele andere später angestellte Versuche, vollkommen überzeugten. Nur der Grad der Feuchtigkeit der Luft erzeugt namhafte Unterschiede, welche bis 0,018 gehen konnen.

um 0,0311. Das Stickstoffgas nimmt an dieser Verminderung auch Theil. Folglich hat ein solches Gemisch von Sauerstoff- Stickstoff- und Wasserstoffgas eine kleinere specifische Elasticität, als die Mischung aus den beiden erstern Gasen allein. Wird nun die dreifache Verbindung durch den electrischen Funken aufgehoben, so wird diese specifische Elasticität vermehrt, und zwar nach einem unbekannten und unbestimmten Gesetze, da die Menge des rückständigen Wasserstoffgases variabel ist. In dieser Hinsicht fällt die angezeigte Menge des Sauerstoffgases zu klein aus.

2) Bei jeder, besonders plötzlichen, Entzündung von Wasserstoffgas, in Gegenwart von Stickgas, entsteht salpetrichte Säure, welche sich im Sperrwasser verdichtet (und wenn man mit Queckſilber sperrt, dieses oxydirt). Es verschwindet also ein (noch nicht bestimmter) Antheil Stickstoffgas; folglich ist in dieser Hinsicht die angezeigte Menge des Sauerstoffgases zu groß.

3) Im Augenblicke der Absorption entwickelt sich aus dem Wasser oder Queckſilber eine Portion Luft, welche wieder das Resultat kleiner macht.

4) Das Wasserstoffgas ist nie völlig rein von Stickgas. Die allergenaueste Bereitung desselben, durch Humbold und Gay Lussac, hinterließ noch 0,006 davon; minder genaue Bereitungen, besonders der Contact mit Wasser, liefern noch unreineres Wasserstoffgas. Dadurch wird die Absorption vermindert.

Übrigens ist es leicht einzusehen, daß, wenn man nahezu ein beständiges Verhältniß in der Mischung

des Wasserstoffgases bei solchen Versuchen beobachtet, man ziemlich übereinstimmende Resultate erhalten muß, welches auch in den neuern Versuchen der Fall ist. Aber es folgt aus dieser Übereinstimmung nicht, daß man den wahren Inhalt an Sauerstoff in der atmosphärischen Luft findet; die Prüfung mit Phosphor giebt stets etwa 0,01 mehr an.

§. 1102.

Das Amalgama, welches durch den Prof. Böckmann vorgeschlagen worden, scheint sich zu einer eudiometrischen Substanz, in mehr als einer Hinsicht, zu qualificiren, die Unbequemlichkeit des öftern und langen Schüttelns abgerechnet. Ob diese Substanz völlig so viel Sauerstoff absorbirt, als der Phosphor, ist noch nicht entschieden *). Um die größte Genauigkeit (auch nur eine mittelmäßige) zu erhalten, muß man auf die Bequemlichkeit der Scale Verzicht leisten, und die Wage brauchen.

§. 1103.

Davy schlug noch schwefelsaures oder salzsaures Eisen, das in mit Salpetergas imprägnirtes Wasser aufgelöset wird, vor. Allein dieses Zersetzungsmittel für atmosphärische Luft empfiehlt sich nur durch die Schnelligkeit, keineswegs aber durch die Sicherheit der Operation.

§. 1104.

In der Wahl der eudiometrischen Substanzen muß man sich vorzüglich nach den folgenden Grund-

*) Nach zwei von mir angestellten Versuchen scheint es 0,01 bis 0,02 weniger zu absorbiren. Indessen gehört eine sorgfältigere Prüfung zur Entscheidung dieser Frage.

sätzen richten: Erstens muß diese Substanz die größte mögliche Affinität zum Sauerstoffgase haben, um dieses dem Stickstoffe so stark als möglich zu entziehen. Zweitens muß die Menge der eudiometrischen Substanz in einem sehr großen Verhältnisse da seyn, um ihre chemische Masse noch dadurch zu vergrößern. Drittens darf diese Substanz weder fremde Gase enthalten, noch solche durch ihre Einwirkung auf die atmosphärische Luft erzeugen. Viertens muß sie wo möglich auf das Stickstoffgas gar nicht einwirken. Geht man nun alle angeführten eudiometrischen Substanzen nach diesen Grundsätzen durch, so findet man, daß der Phosphor, wenn er rein und ungefärbt ist, diesen vier Bedingungen am vollkommensten entspricht, und daher unter sorgfältiger Behandlung die reinsten Resultate liefern muß.

§. 1105.

Das Resultat aus allen eudiometrischen Beobachtungen ist, daß die freie atmosphärische Luft sich in ihrem Sauerstoffgehalte nicht beträchtlich ändert, welcher nach Berthollet 0,22, nach Humbold aber 0,21 ausmacht.*) Die häufigsten zufälligen Bestandtheile der atmosphärischen Luft sind Wasser und Kohlensäure. Jener geht von 0,000 bis 0,018, dieser variirt durch die Athmung und andere zufällige Pro-

*) Dieser Unterschied rührt von dem Unterschiede der eudiometrischen Substanz her; Berthollet arbeitete mit Phosphor, Humbold mit Wasserstoffgas. Übrigens ist dieses Gehalt nicht so unveränderlich, als man oft behauptet. Ich habe freie atmosphärische Luft sehr oft geprüft, und erhielt nie unter 0,215, aber öfters über 0,230. Dabei ist aber hier, wie in Bertholets und Humbolds Versuchen, auf den Wasserdunst nicht Rücksicht genommen.

ceſſe; in eingeſchloſſenen Räumen wird er beträchtlich, und das oben beſchriebene Phosphoreudiometer giebt ſchon einen merklichen Mangel an Sauerſtoffgas zu erkennen. *) Sauſſure entdeckte durch Kalkwaſſer die Gegenwart der Kohlenſäure in der Atmoſphäre in einer Höhe von 15668 Fuß über der Meeresfläche; Humbold in einer Luftportion, welche in einer Höhe von 4280 Fuß durch Garnerin genommen worden war; an der Oberfläche der Erde fand er bis 0,01 an Kohlenſäure. Es iſt alſo keinem

*) Humbold hat zwar ſpäter behauptet, daß die Athmung den Sauerſtoffgehalt der atmoſphäriſchen Luft nicht beträchtlich mindere, und gründet dieſe Meinung auf ſeine Prüfung der Luft im théatre françois zu Paris, nach welcher er fand, daß dieſe Luft im Parterre 0,202, oben 0,204 enthielt, und folglich im Durchſchnitte nur 0,007 verloren hatte. Meine Prüfung der Luft im Theater zu Riga (im Mai 1800), mit dem Phosphoreudiometer, gab unten 0,1965, oben 0,204. Da aber die ganz reine Luft, durch Phosphor geprüft, 0,23 giebt, ſo iſt der Verluſt auf 0,0297 zu berechnen, welches mehr als viermal ſo viel iſt als das obige Reſultat mit dem Waſſerſtoffgas. Die Urſache dieſes Unterſchieds rührt von der Verſchiedenheit der eudiometriſchen Mittel her. Wahrſcheinlich wird die Kohlenſäure in Gegenwart der überwiegenden Menge des Waſſerſtoffgaſes durch die Entzündung des letztern zerſetzt, und ihr Sauerſtoff gleichfalls zur Waſſerbildung mit verwandt, und der Kohlenſtoff mit dem übrigen Waſſerſtoffgaſe verbunden. Es iſt ohnehin gar nicht wahrſcheinlich, daß die Kohlenſäure in dieſem heftigen Proceſſe, wo ſo viele verwandte Stoffe ſind, ein müßiger Zuſchauer ſey; noch weniger, daß mehrere tauſend Menſchen, wovon jedes Tauſend in 4 Stunden, bei gewöhnlicher Athmung, über 3000 Cubicfuß Sauerſtoffgas (nach Davy) verbrauchen, und eben ſo viel Kohlenſäure erzeugen, die eingeſchloſſene Luft nur um ſo wenig ärmer an Sauerſtoff machen ſollten. Man braucht alſo nicht zu andern Producten der Athmung ſeine Zuflucht zu nehmen (da ohnehin die Miasmen von ganz anderer Natur ſind als die Kohlenſäure), um die Schädlichkeit der öfters geathmeten Luft zu erklären.

Zweifel unterworfen, daß die Kohlensäure in allen erreichbaren Höhen der Atmosphäre anzutreffen sey.

§. 1106.

So wichtig die Kenntniß des Sauerstoffgehalts der Atmosphäre ist, so ist doch die ihres Gehalts an Kohlensäure für die Gesundheit noch wichtiger, weil ein Mangel von wenigen Procenten an Sauerstoffgas die Luft noch nicht unathembar macht, hingegen ein mäßiger Zusatz an Kohlensäure sie in eine tödtliche Luft verwandelt. Zu der Bestimmung des Kohlensäuregehalts hat Humbold ein eigenes Instrument (Anthracometer) erfunden, in welchem die Kohlensäure durch flüssiges ätzendes Ammonium gebunden wird. Allein da bei der Füllung des Instruments die zu prüfende Luft durch das Ammonium hindurch gehen muß, ehe die Zersetzung der Kohlensäure an der Scale bemerkt wird, so können die Resultate nicht rein seyn. Fig. XLVI. stellt ein neues sehr einfaches Anthracometer vor. Es besteht aus einer größern Kugel A mit einer langen Röhre ab, welche in tausend Theilchen des Volums genau graduirt wird, und einer kleinern Kugel B; beide Kugeln können in C luftdicht an einander geschraubt werden. Die Kugel A hat bei D eine Öffnung mit einer Schraube, zu welcher ein verschließender Deckel mit einer Öse paßt, oder an welcher man eine gekrümmte Glasröhre anschrauben kann. Den bloßen Deckel braucht man, wenn man atmosphärische Luft, die krumme Röhre aber, wenn man eine künstliche Luftart prüfen will. Im ersten Falle schließt man die Öffnung D und füllt durch b das Instrument mit gemeinem Wasser von der Lufttemperatur, die Kugel B aber mit Kali- oder

Baryt- oder Kalkwasser. Um die Luft in A einzulassen, stellt man b in die Wanne und öffnet D. So kommt die zu prüfende Luft in die geringste Berührung mit dem Wasser, und wenn man Wasser von der Temperatur der Luft hatte, so ist die Füllung vollkommen richtig. Nun wird D verschlossen und man läßt das Instrument nun einige Stunden mit gleichfalls geschlossener Mündung b, damit die Luft sich mit Wasser sättige. Dann schraubt man die volle Kugel B an die lange Röhre, läßt die Flüssigkeit bloß zweimal von B nach A und zurück fließen, ohne zu schütteln. Endlich öffnet man die Schraube C im Wasser, und das aufsteigende Wasser giebt unmittelbar an der Scale die Tausendtheile der Absorption, wenn das äussere und innere Wasser in gleichem Niveau sich befinden.*) Dieses Instrument kann auch noch ohne Wasser, mittelst eines Blasebalges, gefüllt werden; aber es muß dennoch inwendig naß seyn, damit die Luft sich in demselben vollkommen mit Wasserdunst sättige, ehe man die Absorption vornehme, welches nicht früher als in 24 Sunden geschieht.

§. 1107.

Zur Zerstörung giftiger Miasmen, welche höchstwahrscheinlich alkalischer Natur sind, werden nach Morveau's Vorschriften dampfförmige Säuren ange-

*) Dieses Instrument muß mit vieler Vorsicht in Rücksicht auf die Temperatur behandelt werden. Das Anlegen der Hand an der Kugel A, auch nur eine Secunde lang, giebt eine Expansion von 0,002 und mehr. Auch darf das Instrument nicht klein seyn, sonst kommt die Flüssigkeit aus B nicht nach A. Die Rohre ab an meinem Instrumente ist über 3‴ weit, die Kugel A über 4″, und die Röhre ab enthält 0,05 des Raumes Ab. Jedes Tausendtheilchen ist noch 5‴ lang.

wandt, vorzüglich die oxygenirte Salzsäure, zu deren Gebrauch Grindel die sicherste und bequemste Vorrichtung und Vorschrift angegeben hat.

B. Entzündungsprocesse.

§. 1108.

Die Entzündung ist die Combination einer Substanz mit Sauerstoff unter Wärme- und Lichtentwickelung, und gehört zu den Affinitätswirkungen der zweiten Art. Dieses Phänomen heißt im gemeinen Leben Feuer. Es giebt demnach keine eigenthümliche Feuermaterie; die Flamme ist das entzündliche Material selbst im Augenblicke seiner Verbindung mit dem Sauerstoffgase der atmosphärischen Luft.

§. 1109.

Das Wasserstoffgas ist auf eine dreifache Art zu entzünden, durch eine bereits schon vorhandene Entzündung, durch Compression und durch den electrischen Funken; sonst kann es, so lange als man will, mit dem Sauerstoffgase in Berührung seyn, so wird es sich nicht bis zur Entzündung, sondern nur nach der Affinität der ersten Art, mit ihm verbinden. Diese beiden Substanzen, da sie in Gasgestalt sind, sind verbunden, jene mit Lichtstoff, diese mit Wärmestoff, und da die Entzündung diese beiden Imponderabilien frei machen soll, so muß ihre Verbindung mit dem Ponderablen aufgehoben werden. Wird nun eine schon entzündete Materie mit einer Mischung aus Wasserstoff- und Sauerstoffgas in Berührung gebracht, so wird der freie Wärmestoff die Affinität der beiden ponderablen Substanzen zu einander erhö-

hen, und sie zu einer Affinitätsverbindung der zweiten Art zwingen, wodurch sie ihre Gasform (§. 131.) und folglich ihre Imponderabilien verlieren. Der durch diese neue Entzündung freigewordene Wärmestoff erzeugt eine gleiche Wirkung auf die nächste Portion des gemischten Gases; und so geht die Entzündung, obgleich sehr rasch, doch nur successiv, von einer Gasschichte zur andern. Die Compression (§. 780.) entbindet gleichfalls Wärmestoff, und muß also eine gleiche Wirkung äussern, als eine schon vorhandene Entzündung. Wie die Electricität die Entzündung erzeugt, wird im vierten Abschnitte gezeigt werden.

§. 1110.

Die Entzündung des Phosphors geschieht nach denselben Grundsätzen und unterscheidet sich von der des Wasserstoffgases nur dadurch, daß sie viel weniger freien Wärmestoff erfordert als jene, und daß dieser freie Wärmestoff zur Verflüchtigung der Substanz angewandt wird, woraus der Schluß folgt, daß der Phosphor eine größere Affinität zu dem Sauerstoffe hat, als selbst das Wasserstoffgas.

§. 1111.

Die sogenannten Selbstentzündungen, als der ätherischen Öhle durch mineralische Säuren, der feuchten erhitzten vegetabilischen Körper, der Metalloxyde ꝛc., erklären sich, wie die des Phosphors; der Knall der Letztern ist Wirkung der dabei Statt findenden plötzlichen Entwickelung eines Gases, welches im Oxyd fixirt war; so auch die Entzündungen in der oxygenirten Salzsäure, wo die anfängliche Zersetzung derselben die Wärme zur förmlichen Entzündung lie-

fert. Die Entzündung des Phosphors durch bloße Temperaturerhöhung ist der Typus aller dieser Entzündungen.

§. 1112.

Nicht bloß bei den angeführten, sondern bei allen Entzündungen ist die Gegenwart des Sauerstoffs in Gasform nothwendig. Denn nur in dieser Form ist der Sauerstoff von allen Affinitätsverbindungen der zweiten Art frei und im Besitz der großen Menge Wärmestoffs, welche zur Entzündung erforderlich ist und durch sie frei wird. Alle Erfahrungen beweisen diesen Satz, und wenn einige ihm zu widersprechen scheinen, so liegt es an der zu oberflächlichen Betrachtung des Phänomens. Die Erfahrung beweiset ausserdem, daß die Größe der Entzündung im Verhältniß des verbrauchten Sauerstoffgases ist, und darauf gründet sich der Bau der argandschen Lampe, welche den Docht innerlich und äusserlich, folglich die Flamme, in der größtmöglichen Oberfläche, einem eingeengten raschen Strome von atmosphärischer Luft aussetzt, und folglich eine vollkommenere Zersetzung des Brennmaterials, mithin auch die größte Erwärmung und Erleuchtung bewirkt.

§. 1113.

Bei der Entzündung zusammengesetzter Substanzen, besonders aus dem vegetabilischen Reiche, welche aus Wasserstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff bestehen, muß noch auf letzterem, in seiner Verbindung mit den beiden andern, besonders Rücksicht genommen werden. Er bewirkt die Entzündung nicht, aber er bereitet sie dadurch, daß er die Gemische, worin er sich

befindet, flüchtiger macht. Das Alkohol z. B. wird zum flüchtigsten Äther durch eine Säure, die ihm Kohlenstoff entzieht und vielleicht einen Antheil Sauerstoff ausserdem giebt; das so feuerbeständige Leinöhl wird zum festen aber leicht flüchtigen Harze durch vollkommene Salpetersäure, schon durch bloße atmosphärische Luft; und der Zucker ist noch flüchtiger durch seinen großen Gehalt an Sauerstoff.

§. 1114.

Dagegen vermindert jederzeit der in der Mischung vorhandene Sauerstoff die Größe der Entzündung; denn je mehr der Wasserstoff und Kohlenstoff oxydirt sind, desto geringer ist nach dem Satze der chemischen Masse ihre Affinität zu dem neuen in den Proceß kommenden Sauerstoffgase. Die Erfahrung zeigt auch, daß der Entzündungsproceß des Alkohols größer ist als der des Äthers, kleiner aber als des fetten Öhls, welcher auch viel beträchtlicher ist als der der ätherischen Öhle, des Harzes und des Zuckers. Setzt man zu diesen Betrachtungen die der Form, welche die entzündlichen Stoffe in ihrem gewöhnlichen Zustande haben, noch hinzu, so werden sich alle Phänomene der leicht entzündlichen und schlecht brennenden Substanzen, oder umgekehrt, ohne Schwierigkeit erklären lassen.

§. 1115.

Der Proceß der Entzündung der vegetabilischen und animalischen Substanzen ist wegen der Vielheit der wirkenden Stoffe und der erzeugten Producte, in wissenschaftlicher Hinsicht, einer der wichtigsten und schwierigsten, läßt sich aber aus den bisher gelieferten Datis vollkommen erklären. Die Wasserzersetzung

durch die Kohle beweiset unwidersprechlich, daß in der Glühhitze der Kohlenstoff eine größere Verwandtschaft zum Sauerstoff hat als der Wasserstoff. Haben wir also in der entzündlichen Substanz Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff beisammen, so muß der Kohlenstoff in der Glühhitze sich des mit dem Wasserstoffe gebundenen Sauerstoffs bemächtigen, das heißt, den Wasserstoff desoxydiren oder frei machen. Da nun dieser Sauerstoff nicht in Gasgestalt ist, so bildet sich daraus keine Kohlensäure, sondern Kohlenstoffoxyd (Ruß), und der Wasserstoff muß als Gas entweichen. So weit würde der Proceß gedeihen, wenn die atmosphärische Luft nicht in den Proceß käme. Durch ihren Zutritt aber ergreift das Sauerstoffgas derselben das glühende Kohlenstoffoxyd und bildet Säure daraus, so wie auch das glühende Wasserstoffgas, und bildet Wasserstoffgasoxyd (Wasser), weil der Wasserstoff nicht concret, sondern jetzt gasförmig ist. Kommt nun eine hinlängliche Menge Sauerstoffgas in den Proceß, so wird alles Kohlenstoffoxyd in Kohlensäure, alles freie Wasserstoffgas in Wasser verwandelt; wo nicht, so entweicht ein Theil des Wasserstoffgases und ein Theil des Kohlenstoffoxyds, letzteres als Ruß. Die Imponderabilien, Lichtstoff und Wärmestoff, werden in diesem Processe durch die Formänderungen entbunden, daher Licht und Wärme. Da aber der Wasserstoff nicht im Gaszustande ursprünglich war, sondern im Zustande eines Lucids, mithin weniger Lichtstoff enthielt, als zu seiner völligen Gasification nöthig war, so wird er auch im Processe nicht ganz in Gas verwandelt, sondern bleibt zum Theil mit dem Kohlenstoffe als Ruß verbunden oder

entweicht in der Kohlensäure aufgelöset. Daher die Gegenwart des Wasserstoffs (§. 961., 2) in der Kohlensäure.

§. 1116.

Diese umständliche Erklärung des Phänomens der Entzündung aller dreifach zusammengesetzten entzündlichen Stoffe rechtfertigt sich vollkommen durch den Proceß der Verkohlung, welche eine Zersezzung der Substanz ohne Sauerstoffgas ist. Hier, wo kein Zutritt von Sauerstoff in Gasgestalt Statt findet, werden auch die Affinitäten der einfachen Stoffe des Holzes durch die Hitze modificirt; der Kohlenstoff bemächtigt sich des vorhandenen Sauerstoffs und desoxydirt den Wasserstoff, der nun größtentheils als Gas entweicht. Der nun stark oxydirte Kohlenstoff verflüchtigt sich, und entweicht mit dem Wasserstoffgas, daher das kohlenstoffhaltige Wasserstoffgas als Hauptproduct der Verkohlung.

Da aber der Wärmestoff und der Lichtstoff hier nur von aussenher, also sparsamer als durch die Entzündung selbst, in den Proceß kommen, so geht dieser überhaupt langsamer, und es wird weniger Wasserstoff gasificirt; mithin bleibt ein größerer Theil desselben mit dem Kohlenstoffe und Sauerstoffe in concreter Verbindung. Indessen vermag die anhaltende Hitze hier, wie bei den Metalloxyden, einen Theil dieses Sauerstoffs in Gas zu verwandeln und mit dem Kohlenstoff-Wasserstoffoxyd die Holzsäure zu bilden. Der nun vom Sauerstoff entblößte Kohlenstoff und Wasserstoff können ein Öhl bilden (dessen Entstehung übrigens noch nicht erklärt ist *)), wel-

*) Vielleicht bildet sich das brenzlichte Öhl durch die Verbindung der letztern, also an Sauerstoff ärmsten, An-

ches bei seiner Verdampfung sich mit dem flüchtigen Kohlenstoffoxyd schwängert, und das brenzliche Öhl wird. Sind nun die letzten trennbaren Antheile Sauerstoffs wirklich verwandt, so bleibt nur noch Kohlenstoff und Wasserstoff übrig, welche (wie die Erfahrung zeigt) durch die größte Hitze ohne Sauerstoff nicht zu verflüchtigen sind.

§. 1117.

So der Proceß der vollkommenen Verkohlung. Die gemeine ist ein gemischter Proceß, in welchem man einen Anfang von Entzündung zuläßt, um die zur Verkohlung nöthige Glühhitze zu erhalten.

§. 1118.

Die Entzündung der Kohle geht nach denselben Gesetzen vor. Der concrete Kohlenstoff verbindet sich durch die Glühhitze der anfangenden Entzündung zuerst mit dem Sauerstoffgase zu Kohlensäure, wodurch ein Theil des Wasserstoffs zu Gas wird, sich entzündet und Wasser bildet, ein anderer Theil aber mit der Kohlensäure verbunden bleibt. Zuletzt bleibt als Residuum Asche, welche aus Erden und Kali besteht; jene waren präexistirend, dieses ist ein Product, wahrscheinlich aus einem Theile der Erden und Stickstoff.

C. Gährungsprocesse.

§. 1119.

Unter Gährung versteht man jede Zerlegung von vegetabilischen und animalischen Substanzen,

theile des Kohlenstoffoxyds mit dem Wasserstoffgase. Die drei Stoffe, welche nach und nach ihre Form ändern, müssen sehr vieler Combinationen fähig seyn.

ohne daß Glühhitze, weder als Mittel noch als Erfolg, dabei Statt finde. Mehrere Processe dieser Art entstehen gleichsam von selbst; bei andern muß die Entmischung durch eine fremde hinzugesetzte Substanz entstehen. Da die Flüssigkeit, wenigstens einer Substanz, Bedingung jeder Affinitätsäusserung ist, so auch hier. Jede getrocknete oder gefrorne vegetabilische Substanz ist der Gährung unfähig; daher die Erhaltung des Gemüßes, der Fische und des Fleisches, wenn sie durch Hitze oder durch Frost ihre flüssigen Theile verloren haben. Jeder organischen Substanz competirt eine gewisse Temperatur in der Nähe des Frierpunkts des Wassers, innerhalb welcher keine Gährung Statt findet; es ist dieselbe, in welcher diese Substanz, ohne Störung ihrer Organisation, nicht mehr fortwächst. Für diese Temperatur findet ein chemisches Gleichgewicht aller Affinitäten Statt, welches aber gestört wird, sobald die Temperatur steigt oder fällt. Daher unterliegt am Ende jede organische Substanz einer Gährung, wenn sie nicht bald durch Frost erstarrt; und das Pflanzenreich erleidet sie immer bei diesem Übergange selbst, welches bei dem Aufthauen sichtbar wird; die animalischen Substanzen weniger.

§. 1120.

Die Temperaturänderung ist also die erste Ursache aller Gährungen, und Temperaturerhöhung die der meisten. Hierin muß der Hauptgrund aller dieser so verwickelten Phänomene gesucht werden. Noch hat es der Wissenschaft bei weitem nicht geglückt, alle Gattungen der Gährungen auf die allgemeinen Principien der Affinität auf eine befriedigende Art zurück zu füh-

ren, welches wohl in dem Mangel an hinlänglicher Beobachtung und Absonderung dieser Phänomene, zum Theil aber auch an dem nicht genau bekannten quantitativen Verhältnisse der einfachen Stoffe in den näheren Bestandtheilen der organischen Substanzen liegen mag. Indessen sind die Gährungen des vegetabilischen Reichs noch die bekanntesten und für die Technik die wichtigsten. Man unterscheidet bis jetzt vier Gattungen von Gährungen, nämlich die Zuckergährung, die Weingährung, die Essiggährung, die faulichte Gährung; die letzte allein ist an den thierischen Substanzen bestimmt anerkannt worden.

§. 1121.

Die Zuckergährung ist diejenige, welche aus den vegetabilischen Substanzen Zucker erzeugt. Sie findet bei allen Samen- und bei vielen andern Theilen der Pflanzen Statt. Alle Getreidearten, alles Obst, alle Beeren, so wie auch saftreiche Pflanzen selbst, wie der Klee, sind dieser Gährung fähig, wenn nur eine gewisse Temperatur und ein sparsamer Zutritt der Luft dabei Statt findet; man hat diese Gährung bei dem Mälzen des Getreides (eine Gährung, welche von der Entwickelung des Keims stets begleitet wird) zuerst beobachtet. Sie scheint ein Anfang der Weingährung zu seyn; wenigstens geht sie bei der Weingährung des Getreides mit dieser zugleich vor sich. Das Satzmehl oder die Stärke erfährt von allen übrigen näheren Bestandtheilen der Pflanzen diese Art von Gährung am meisten.

§. 1122.

Die Weingährung ist diejenige, welche den Alkohol liefert; sie geschieht bestimmt nur an dem

Zuckerstoffe, und ist auch aus diesem Grunde diejenige, welche sich am leichtesten erklären läßt.

§. 1123.

Löset man reinen Zucker in etwa viermal so viel Wasser auf, und verschließt die Mischung vor der atmosphärischen Luft, so geht in ihr gar keine Veränderung, auch bei erhöheter Temperatur, vor. Ist sie in Berührung mit der atmosphärischen Luft, so geht allmählig und sehr langsam eine faule Gährung vor, aber keine Weingährung. Wird aber eine neue Substanz (Ferment) in geringer Menge hinzugethan, so geht sogleich die Weingährung vor sich.

§. 1124.

Der Zucker besteht, nach Lavoisier, aus etwa 28 Theilen Kohlenstoff, 8 Theilen Wasserstoff und 64 Theilen Sauerstoff; das Alkohol, welches aus der Zerlegung des Zuckers entsteht, aus 29 Theilen Kohlenstoff, 17 Theilen Wasserstoff und 54 Theilen Sauerstoff. Aber beide Angaben können nicht ganz als richtig angesehen werden, da Lavoisier den Wasserstoff der Kohlensäure nicht kannte und seine Berechnungen sich auf die Kohlenstoffmenge in der Kohlensäure gründen. Bei der wirklichen Gährung von 95℔ = 14^{U} Zucker erhielt dieser große Naturforscher 57℔ = 11^{U} Alkohol und 35℔ = 5^{U} Kohlensäure, und ausserdem 2℔ = 8^{U} Essigsäure. Jene Menge Zucker besteht nach obigen Verhältnissen aus 61℔ = 6^{U} Sauerstoff, 7℔ = 10½^{U} Wasserstoff und 26℔ = 13½^{U} Kohlenstoff; und das Alkohol aus 31℔ = 6^{U} Sauerstoff, 9℔ = 9^{U} Wasserstoff und 16℔ = 12^{U} Kohlenstoff. So bleiben also 30℔ Sauerstoff und 10℔ = 1½^{U} Kohlenstoff für die Kohlensäure. Diese aber

sollte enthalten 25℔ = 7U Sauerstoff und 10℔ Kohlenstoff. Mithin bleibt etwa 4℔ = 9U Sauerstoff und etwa ½℔ Kohlenstoff übrig, welche sich zum Theil in der noch ausserdem gebildeten Essigsäure befinden. Dabei mangeln in den Datis 1℔ = 14½U Wasserstoff, welche die Rechnung in den Producten angiebt; woraus zu schließen ist, daß allerdings der Zucker allein eine Zersetzung erlitten hat, aber daß die Verhältnisse der Bestandtheile in dem Zucker, Alkohol und den Säuren nicht ganz richtig sind.

§. 1125.

Die Gährung, selbst des Zuckers (auch der andern Substanzen), liefert folgende Phänomene. Eine Temperatur von 12° bis 15° R. leitet sie vollkommen ein. Diese Temperatur steigt nach und nach bis 18° R.; es entsteht eine allgemeine Bewegung in der Flüssigkeit; die Flüssigkeit nimmt an Volum zu; es bildet sich eine concrete Materie, welche durch die allgemeine Bewegung beständig hin und her getrieben wird; es entwickelt sich eine große Menge Kohlensäure, welche die Bewegung unterhält und die concrete Materie in die Höhe treibt; es entsteht ein beträchtlicher Schaum an der Oberfläche, welcher nach und nach zergeht und die heraufgetriebenen daran hängenden concreten Theile fallen läßt. Das Ende der Gährung wird durch das Ende dieser Phänomene, besonders der Bildung des Schaums, angezeigt; das Alkohol ist nun gebildet (mit dem Wasser vermischt) und der Zuckerstoff verschwunden.

§. 1126.

Wenn man für einen Augenblick die Bildung des kleinen Antheils von Essigsäure übersieht, so ist es of-

fenbar, daß die Bildung des Alkohols der Entziehung der Beſtandtheile der Kohlenſäure aus der Miſchung des Zuckers verdankt wird. Der Zucker ſelbſt iſt ein Oxyd. Zur Bildung der Kohlenſäure muß ein Theil deſſelben desoxydirt werden, um geſäuert zu werden. Die einfache Temperatur vermag es nicht, ſondern es muß die Hefe dazu kommen; ſie muß Beſtandtheile enthalten, welche dieſe große Miſchungs- und Formänderung bewirkt. Nach Weſtrumb enthält das Ferment Zucker, Kleber, Schleim und vegetabiliſche Säuren, vorzüglich Eſſigſäure, und dieſer ſchätzbare Chemiker fand, daß keine dieſer Subſtanzen allein die Gährung erzeugt, und daß nur der Kleber, in Verbindung mit der Eſſigſäure, es vermag; folglich muß die Eſſigſäure auf den Kleber einwirken oder umgekehrt. Der Kleber aber enthält, auſſer den drei einfachen Stoffen der übrigen Pflanzenſtoffe, noch Stickſtoff, welcher, mit den übrigen gebunden, bekanntlich durch die Eſſigſäure frei wird. Dieſer fremde Stoff, der Stickſtoff, muß alſo die Urſache der Gährung ſeyn. Eine ähnliche Beförderung der Säurung iſt ohnehin ſchon von ihm bekannt, und zwar bei einem äuſſerſt geringen Zuſatze, der auch hier Statt findet, da Lavoiſier zur Gährung von etwa 96℔ Zucker oder zur Erzeugung von 35½℔ Kohlenſäure die Menge des verbrauchten Stickſtoffs auf 54 Gran, d. h., auf etwa $\frac{1}{1\frac{1}{2}\frac{1}{80}}$ der erzeugten Kohlenſäure ſchätzt. Der Stickſtoff muß alſo einen Theil der Beſtandtheile des Zuckers, namentlich im vorliegenden Beiſpiele 10℔ Kohlenſtoff und einen unbekannten aber viel geringern Antheil Waſſerſtoff desoxydiren. Theils durch dieſe Desoxydation, theils

durch die Entstehung der concreten Theile in der flüssigen Masse erhielt der Sauerstoff die nöthige Menge Wärmestoff, um als Gas aufzutreten und nach der Säurung des Kohlenstoffs noch die Temperatur der ganzen Masse um 3 bis 4 Grade zu erhöhen. *)

§. 1127.

Der Traubensaft ist vorzüglich der Weingährung fähig, wobei ausser dem Alkohol die übrigen Bestandtheile des Weins (jedoch vorzüglich bei der zweiten Gährung) entstehen. Jene erste Gährung scheint ohne Ferment zu geschehen; denn es wird in der That dem Safte nichts beigemischt, und dennoch findet sie in der unzerdrückten Beere nicht Statt, wohl aber in der zerdrückten, und zwar je schneller, je mehr der Saft der Luft ausgesetzt worden ist. Dieses zeigt sich besonders durch den Unterschied in der Bereitung des weißen und rothen Weines. Für jenen befördert man gerne die Gährung, und die Trauben werden in einem Troge mit einem durchlöcherten Boden völlig zerdrückt; der Saft fließt in feinen Strahlen durch eine Luftschichte von 2 bis 3 Fuß Höhe in den Bottig, und schwängert sich dadurch sehr mit atmosphärischer Luft. Für den rothen Wein, der langsamer gähren soll, damit in der längern Zeit mehr Färbestoff aus der Haut der Beere ausgezogen werde, werden die Beeren nur sparsam zerdrückt, die meisten nur von dem Kamme gelöset und fallen ganz in den Bot-

*) Dieses wird um so natürlicher vorkommen, da, nach Lavoisier, der in der Kohlensäure enthaltene Wärmestoff durch 21 ausgedrückt wird, wenn der in Wasser von der Temperatur 0 durch 82 ausgedrückt wird, und die Zuckerauflösung eine größere eigenthümliche Wärme hat als das Wasser.

tig; folglich ist dieselbe Masse von Saft mit weniger Luft geschwängert; die Gährung dauert auch drei- bis viermal länger. In beiden Fällen kommt der Stickstoff unmittelbar in die Mischung ohne fremdes Gährmittel. Daß der atmosphärische Sauerstoff es nicht ist, der hier wirkt, ist gewiß, da man überhaupt von ihm keine solche Wirkungen bei so kleinen Quantitäten kennt, und ausserdem sein Zutritt zu den gährenden Substanzen nicht Alkohol und nicht Kohlensäure, sondern Essigsäure erzeugt, und die saure Gährung einleitet. *)

§. 1128.

Die Essiggährung liefert die Essigsäure. Sie entsteht vorzüglich und ohne Ferment in den Substanzen, welche schon die Weingährung erfahren haben, als im Weine von aller Art, im Bier, im Meth. Sie wird durch die Berührung der atmosphärischen Luft unter der Einwirkung einer Wärme von 20 bis 25° R. eingeleitet. Eine bloße Auflösung von Zuker oder Honig im Wasser, mit einem kleinen Antheile Weingeists, kommt auch unter Einwirkung der atmosphärischen Luft und eines Ferments in die saure Gährung (Wasseressig). Endlich hat Chaptal gefunden, daß wenn man Wasser mit derjenigen Kohlensäure, welche durch die Bereitung des Biers entsteht (die also mit Weingeist vermischt ist), sättigt, nach einiger Zeit die Verwandlung in Essig Statt findet.

*) Diese Theorie der Gährung, wobei der Stickstoff eine so wichtige Rolle spielt, würde die höchste Gewißheit erhalten, wenn durch Versuche erwiesen würde, daß der Traubensaft oder eine Zuckerauflösung mit reinem Sauerstoffgase gar nicht, mit reinen Stickstoffgase aber geschwängert vollkommen gähren.

§. 1129.

Die Phänomene, welche die Essiggährung des Weins begleiten, sind: eine beträchtliche Temperaturerhöhung, eine große Bewegung in der Flüssigkeit, der Niederschlag einer beträchtlichen Quantität von concreter Materie, die Verdünstung eines Theils der sich bildenden Essigsäure, die Verschluckung eines großen Antheils Sauerstoffs aus der atmosphärischen Luft. Dieses letzte Phänomen zeigt offenbar, daß das Sauerstoffgas es ist, welches die Essigsäure aus den gährenden Stoffen bildet, und erklärt die viel größere Temperaturerhöhung als in der Weingährung.

§. 1130.

Das bloße Alkohol in den spirituösen Flüssigkeiten ist nicht hinlänglich, um die saure Gährung mittelst der atmosphärischen Luft einzuleiten, sondern es wird auch Zucker oder Schleim, vorzüglich aber Weinstein (weinsteinsaures Kali mit prädominirender Säure) erfordert. In dem Chaptalschen Versuche scheint die Kohlensäure die Stelle des Weinsteins zu ersetzen. In der Bildung des Wassereissigs geht offenbar eine Weingährung voran, da neben dem Weingeiste alle Requisita zu dieser Gährung vorhanden sind. Es scheint also die Essiggährung in nichts Anderm zu bestehen, als in der Zerlegung des Weingeistes durch eine schwache präexistirende Säure, und in der Verbindung der aus dieser Zersetzung entstehenden concreten Stoffe (Wasserstoff und Kohlenstoff) mit dem Sauerstoffgase der atmosphärischen Luft. Kein Wunder also, daß bei der Weingährung des Korns immer etwas Essigsäure erzeugt wird.

§. 1131.

Alle vegetabilischen Substanzen gehen endlich in die faule Gährung über; diejenigen, welche der Weingährung und der Essiggährung fähig sind, erhalten sie vorher oder während der Fäulniß; wenigstens findet man Spuren davon. Die faule Gährung tritt unter mittlerer Temperatur unfehlbar bei allen feuchten Vegetabilien ein, sie mögen der Luft ausgesetzt oder verschlossen seyn; aber der Zutritt der Luft modificirt und befördert das Phänomen beträchtlich. Gewisse vegetabilische Substanzen, rein dargestellt und im Wasser aufgelöset, als z. B. Gummi, Zucker, so auch die Auflösungen von Harzen in Weingeist, verändern sich nicht ohne Zutritt der Luft.

§. 1132.

Die Phänomene der faulen Gährung mit Zutritt der atmosphärischen Luft in den Auflösungen von vegetabilischen Substanzen, sind: Niederschläge, Verlust der Farbe, Entwickelung von Gas, Schimmel, Veränderung des Geruches, wobei zuerst Ammonium entweicht, dann ein fader, Brechen erregender Geruch, vermuthlich von Kohlenstoff-Wasserstoffgas, entsteht. Nach Volatilisirung so vieler Stoffe bleibt ein Residuum zurück, kohlenstoffhaltig, mit Erden und einigen Salzen, der Humus oder die vegetabilische Erde. Diese Phänomene sind übrigens noch nicht hinlänglich beobachtet worden, um Rechenschaft davon ablegen zu können. Aber man erkennt im Allgemeinen darin die Veränderung der Affinitätsgrade der einfachen Stoffe unter sich durch die Temperatur und die atmosphärische Luft.

§. 1133.

Die Phänomene der faulen Gährung in den animalischen Substanzen unterscheiden sich von den analogen in den Vegetabilien durch eine größere Geschwindigkeit des Processes und durch die Bildung einer sehr großen Menge von Ammonium, auch ohne Zutritt der Luft. Diese Wirkungen entstehen durch die Gegenwart eines beträchtlichen Antheils von Stickstoff in den animalischen Substanzen. Die Veränderungen in den faulenden Substanzen sind folgende: die Farbe wird blässer: die Festigkeit nimmt ab und verschwindet allmählig; es erzeugt sich an der Oberfläche eine eigenthümliche fade Flüssigkeit; die faserartige Textur verschwindet; es entwickelt sich ein erst fader, unangenehmer Geruch, welcher bald darauf ammoniacalisch wird; dann hört die Bildung des Ammonium auf, welches durch ein anderes Gas (wahrscheinlich größtentheils Kohlenstoff-Wasserstoffgas), das dem Geruche höchst unerträglich ist und die lebendige Organisation angreift. Endlich, nach der Verflüchtigung so vieler Stoffe, bleibt eine concrete, zerreibliche, braune Substanz, ähnlich der vegetabilischen Erde. Die riechenden Substanzen, welche sich durch diesen Proceß entwickeln, nehmen für verschiedene Gattungen von faulenden Materien eigenthümliche Charaktere an; so riechen die faulen Eier und die Excremente wie Schwefel-Wasserstoffgas, faule Fische wie Phosphor-Wasserstoffgas, der faulende Urin wie Ammonium; und die chemische Analyse hat in der That die Bildung dieser Gase in diesen Processen dargestellt. Auch scheint es nicht mehr zweifelhaft, daß der Schwefel und der Phosphor sich in

diesem Processe eben so gut bilden als das Ammonium.

§. 1134.

Die faule Gährung unterscheidet sich von den vorhergehenden, indem sie nicht ein einfacher Proceß von kurzer Dauer ist, wie jene, welche nur eine oder zwei Substanzen als Product liefern; sie ist eine langwierige Reihe vieler auf einander folgender Processe, welche sehr viele von einander verschiedene Producte liefern, die man noch bei weitem nicht hinlänglich kennt. Jeder einzelne zufällig eintretende Umstand verändert den Gang der Processe. So ist die Fäulniß sehr verschieden, wenn sie mit oder ohne Luft geschieht, wenn sie in der Erde, und zwar in Erden verschiedener Gattung, und im Wasser, und zwar in Wassern von verschiedenen Eigenschaften, Statt findet. So wird zuweilen eine Fäulniß in einer gewissen Periode unterbrochen, als z. B. in den natürlichen Mumien, in den Körpern, die sich in Fett verwandeln und dann der Fäulniß widerstehen.

§. 1135.

Die Fäulniß ist eine Reihe von Processen von der größten Wichtigkeit in der Ökonomie der Natur. In jedem Augenblicke verwesen ungeheure Massen von Vegetabilien und thierischen Stoffen in der Luft, in der Erde, im Meere. Die Producte derselben werden in diesen drey großen Werkstätten der Natur aufgenommen und zu neuen Producten aus eben diesen Naturreichen, ja sogar auch zum Vortheile des Mineralreiches, verwandt. Die Verfolgung dieser großen Operation der Natur in ihren einzelnen Details, wo man überall den Keim des Lebens im Tode

des Lebendigen erblickt, führt unwillkührlich zum Niederreißen der Scheidewand, welche der kurzsichtige Naturforscher zwischen den Gesetzen der lebendigen und der todten Natur aufgestellt hatte. Der Lebensproceß ist nichts als eine Reihe unzähliger chemischer Processe, welche einander wechselseitig beschränken, in gewissen Perioden wechselseitig aufhalten, so daß nur gewisse bestimmte Producte entstehen können, eine Bestimmtheit, die aber sogleich aufhört, als irgend ein fremder, für diese Ordnung der Processe nicht berechneter, Umstand diesen Gang der Processe stört.

D. Schwängerung des Wassers mit Gas.

§. 1136.

Der gewöhnlichste Versuch mit Wasser unter der Luftpumpe zeigt, daß das Wasser einen gewissen Antheil Luft enthält, der durch Aufhebung des Drucks entweicht; die Erwärmung bringt in einem noch höhern Grade diese Wirkung hervor, und es ist schon §. 686. dieses Phänomen nach physikalischen Principien construirt worden. Es giebt also zwei Umstände, welche auf das Absorbiren und Resorbiren der Gase durch das Wasser einen beträchtlichen Einfluß haben, der äussere Druck und die Temperatur.

§. 1137.

Jeder äussere Druck vermehrt die Verschluckung der Gase. Henry hat hierüber zahlreiche Versuche mit verschiedenen Gasen und unter verschiedenen Drukken bis zum doppelten atmosphärischen Drucke über dem gewöhnlichen angestellt, und gefunden, daß bei einerlei Temperatur, das Wasser unter

jedem beiläufig dasselbe Volum Gas aufnehme, als unter dem gewöhnlichen Drucke der Luft. Da nun die Dichtigkeit der Gase sich, wie ihr Druck verhält, so folgt daraus, daß die Mengen der verschluckten Gase nach Gewicht sich beiläufig wie der absolute Druck verhalten.

§. 1138.

Alle Versuche zeigen, daß, je größer die Temperatur ist, desto kleiner die Absorption. Allein das Gesetz dieser Verminderung durch die Wärme ist noch nicht entwickelt. Henry hat mehrere Versuche in dieser Absicht angestellt. Es zeigte sich aber, daß das Gesetz, welches es auch seyn möge, durch die Verschiedenheit der Rückstände an Gas turbirt wurde, wobei namentlich beobachtet wird, daß, bei gleicher Temperatur, aber ungleichem Verhältnisse der Menge des Wassers und des Gases, und also auch des Rückstandes, die Absorption bei größern Rückständen größer ist. Dieses erklärt sich aus dem vorigen Satze (§. 1137.) und daraus, daß bei dem Schütteln Wasser und Gas in Gefäßen luftdicht eingesperrt waren. War z. B. das Volum des Gases vor dem Schütteln 0,7 des Volums des Gefäßes, das des Wassers also 0,3 in einem Versuche, in einem andern aber beide 0,5, so ist's offenbar, daß, wenn das Wasser nach Verhältniß seines Volums das Gas verschluckte, im zweiten Versuche der Rückstand weit weniger Elasticität haben, und also die Verschluckung vermindern mußte. Zwar wird dieser Einfluß des Rückstandes dadurch gemindert, daß man das Gefäß mehreremale mit Quecksilber nachfüllt, indem es an der Scalenröhre angeschraubt und geöffnet wird; allein man

wird diesen Einfluß nur dann ganz vermeiden, wenn man die Vorrichtung so macht, daß Wasser und Gas während dem Schütteln selbst unter dem beständig gleichen Druck der Atmosphäre stehen.

§. 1139.

Das Wasser verschluckt unter gleicher Temperatur und Luftdruck nicht gleich viel von allen Gasen. Von dem Ammonium an, welches bis über $\frac{1}{4}$ des Gewichts des Wassers (eigentlich 25,37 Ammonium mit 74,63 Wasser) nach Davy, *) bis zum Wasserstoffgas, welches nach Henry nur bis 0,0153 des Wasservolums absorbirt wird, liefert jedes Gas ein anderes Absorptionsverhältniß. Nach Humbold enthält gemeines lange an der Luft gelegenes Wasser, als: Flußwasser, Schneewasser, destillirtes Wasser, etwa $\frac{1}{2\frac{1}{5}}$ seines Volums an atmosphärischer Luft von 0,287 Sauerstoffgehalt nach dem Voltaschen Eudiometer. Henry hat mit 10 Gasen die Versuche angestellt, welche aber wegen der Ungleichheit der Rückstände (wohl auch wegen der nicht vollkommenen Reinheit der Gase und des Wassers) nicht ganz richtige Resultate liefern.

§. 1140.

Mairan hatte schon beobachtet, und es ist durch spätere Versuche bestätigt, daß das Wasser nach der Verschluckung der meisten Gase kein verändertes specifisches Gewicht hat. Allein dieser Satz darf nicht

*) Das specifische Gewicht des Ammonium ist 0,000732. Folglich wird davon mehr als das 455fache Volum des Wassers, genauer das 462fache, absorbirt. Daß auch solche Gase, wie Ammonium, Salzsäure, eben so wohl als Kohlensäure und Schwefel-Wasserstoffgas, hieher gehören, ist keinem Zweifel unterworfen.

ſtreng genommen werden, ſondern man kann nur ſagen, daß das Waſſer durch die Verſchluckung der meiſten Gaſe ſein ſpecifiſches Gewicht nicht merklich ändert, welches wegen der ſo geringen Denſität und alſo auch geringen abſoluten Menge der verſchluckten Gaſe leicht begreiflich iſt. Dagegen verändern die Gaſe, welche in ſehr großer Menge verſchluckt werden, das ſpecifiſche Gewicht ſehr. So z. B. iſt das ſpecifiſche Gewicht des mit Ammonium geſättigten Waſſers nach Davy = 0,9054; dagegen das des mit Salzſäure geſättigten Waſſers = 1,500.

Bei dieſer Formänderung wird die Temperatur erhöhet; dieſe Erhöhung iſt bei dem Ammonium und der Salzſäure ſehr beträchtlich, und iſt durch Henry am oxydirten Stickgaſe, am Schwefel-Waſſerſtoffgaſe und der Kohlenſäure bis zu $\frac{1}{2}$° F. beobachtet worden. Die hier frei werdende Wärme iſt der vorher latente Wärmeſtoff des Gaſes, nicht der gebundene, da das Gas hier nur durch Affinität der erſten Art ſich mit dem Waſſer verbindet.

§. 1141.

Wenn gemiſchte Gaſe mit Waſſer in Berührung ſtehen, oder auch, wenn das Waſſer ſchon mit einem Gaſe inprägnirt iſt, da es ein anderes verſchlucken ſoll, ſo zeigen ſich ſehr wichtige Phänomene in Rückſicht auf die Quantitäten der Abſorption und Qualität des verſchluckten und nicht verſchluckten Antheils; ja, es finden ſogar Reſorptionen Statt. Humbold hat folgende treffliche Reſultate in dieſer Hinſicht geliefert.

1) Werden 100 Theile Sauerſtoffgas, 100 Theile Stickgas und 100 Theile Waſſerſtoffgas (nach

Volum) jedes für sich mit einer gleichen Portion Wasser aus der Seine (welches also mit atmosphärischer Luft gesättigt war) gemischt, so vermindert sich das Sauerstoffgas um 40, das Stickgas um 5, das Wasserstoffgas um 3 Theile. Die 60 Theile Rückstand des Sauerstoffgases enthielten nur 23 Theile Sauerstoff, aber 37 Stickstoff. So war auch der Rückstand des Stickstoffgases mit 11 Theilen Sauerstoff verunreinigt. Das Wasserstoffgas zeigte wenig Wirkung. *)

2) Wurden Sauerstoffgas und Wasserstoffgas, von jenem 100, von diesem 200 Theile mit obigem Seinewasser in Berührung gebracht, so verschwanden in 10 Tagen nur 38 Theile; aber die 562 rückständigen bestanden nicht aus 375 und 187 Theilen Sauerstoff und Wasserstoff, sondern aus 174 Theilen Sauerstoff, 142 Theilen Wasserstoff und 246 Theilen Stickstoff. Mithin waren wirklich verschluckt 226 Theile Sauerstoff und 58 Theile Wasserstoff, welches 0,562 und 0,29 der gebrauchten Gasmengen ausmacht.

Diese zwei wichtigen Data zeigen, daß gemischte Gase stärker absorbirt werden als einfache Gase, und daß, wenn das Wasser schon ein Gas verschluckt hat,

*) Wahrscheinlich äussert ganz reines Wasserstoffgas gar keine Affinität zum Wasser. Daher waren Humboldts Resultate damit so schwankend; das Wasserstoffgas, wie die übrigen auch, läßt sich auf den gewöhnlichen Wegen nicht rein darstellen, und die geringste Mischung wirkt hier beträchtlich.

ein Theil desselben durch das andere Gas, welches verschluckt wird, ausgetrieben werde.

§. 1142.

Ganz analog sind Humbolds Versuche über das Austreiben der atmosphärischen Luft aus dem Wasser. Wurde die entweichende Luft in verschiedenen successiven Portionen aufgefangen, so fanden sich die letzten immer reicher (um etwa 0,02) an Sauerstoff als die ersten und das Ganze reicher (etwa um 0,1) als die atmosphärische Luft; welches beweiset, daß das Wasser zuerst und Vorzugsweise den Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft zieht.

§. 1143.

Dieselbe Stufenfolge von verschiedenen Gehalten an Sauerstoffgas, in verschiedenen Luftportionen aus Eis und Schnee, beobachtete Humbold; und es zeigte sich dabei folgende Merkwürdigkeit: das Eis liefert weniger Luft (etwa nur die Hälfte) und erst bei einer höhern Temperatur als die atmosphärische; aber der Schnee liefert eben so viel Luft, von gleicher Art und bei derselben Temperatur als das gemeine Wasser, welches anzeigt, daß, da bei dem Gefrieren (§. 753.) sich Luft entwickelt, der Schnee beim Schmelzen wieder eben so viel Luft, welche zwischen den Crystallen sich befindet, anzieht.

§. 1144.

Jedes der obigen Data über die Verschluckung der Gase bestätigt die Behauptung (§. 129.) auf das Vollkommenste, daß diese Verschluckung eine Affinitätswirkung der ersten Art ist. Die Meinung Dal-

ton's, daß diese Verschluckung nur eine mechanische Operation sey, die sich nur auf ganz irrige Begriffe gründet, verdient daher kaum eine Widerlegung.

§. 1145.

Die Phänomene des §. 1141. erklären auf eine sehr gnügende Art, warum der Phosphor und die Metalle, welche (§. 1002., 1. und §. 1029., 4.) durch die atmosphärische Luft unter Wasser oxydirt werden, kein Stickgas daraus abscheiden. Das Wasser leistet schon vorher diese Scheidung; denn sobald ein Theil des Sauerstoffgases der im Wasser befindlichen Luft zur Oxydation verbraucht worden ist, schwängert sich das Wasser wieder mit eben so viel Sauerstoffgas aus der Luft, und der Stickstoff bleibt im Wasser gebunden, um die Mischung zu bilden von 0,32 Sauerstoff und 68 Stickstoff, mit welcher sich das Wasser schwängert. Der Oxydationsversuch (§. 1029., 2.), des Eisens in Queckſilber, deutet auf eine ähnliche Einwirkung des Queckſilbers auf die Gase, von welchen es ohnehin bekannt ist, daß sie durch Queckſilber verschluckt werden. Aber die Phänomene dieser Einwirkung erwarten noch die Hand eines scharfsinnigen Experimentators.

§. 1146.

Diese sämmtlichen Erscheinungen der Verschluckung der Gase durch das Wasser (und das Queckſilber) beweisen sehr deutlich, daß man umsonst Gase durch Sperrung mit Wasser (und Queckſilber) vollkommen rein zu erhalten sich bemühet.

E. Schwängerung der Gase mit Wasser, oder Theorie der Ausdünstung und des Niederschlages des Wassers.

§. 1147.

Dieser Theil der physikalischen Lehre, einer der wichtigsten durch seinen Einfluß auf die Meteorologie, ist noch lange nicht hinlänglich bearbeitet, obgleich viele der besten Physiker der neuern Zeit sich darum bemüht haben. Es ist für jetzt nichts zu thun, als die ausgemittelten einzelnen Gesetze und die Hypothesen, welche zur Erklärung der so weit umfassenden Phänomene der Auflösung und des Niederschlags des Wassers in der Luft nach und nach erfunden worden sind, darzulegen.

§. 1148.

Jede Luft, indem sie feucht wird, nimmt an Elasticität zu. Saussure's Fundamentalversuch ist: daß atmosphärische Luft, unter einem Drucke von 27″ par. Queckſilberhöhe und 15° R., durch völlige Sättigung mit Wasser eine Elasticität von 27″ 5,7941‴ erhält, und daß ein par. Cubicfuß dieser Luft 10 Gräne Wasser in diesem Zustande enthält. *).

§. 1149.

Jede Luft, trocken oder feucht, aber ohne Gegenwart von freiem Wasser, dehnt sich durch gleiche Grade der Wärme gleich aus. Dieser Satz folgt aus den Versuchen Gay-Lussac's und Dalton's.

*) Eine Correction Gilberts nach den Daltonschen Sätzen macht diese Menge des unter diesen Umständen ausgedünsteten Wassers = 12,28 Grain. (Ann. d. Ph. XV. p. 52.)

§. 1150.

Die atmosphärische Luft, unter einem bestimmten Luftdrucke und Temperatur, nimmt so viel Wasser auf, als sich im leeren Raume, unter demselben Drucke und Temperatur, Wasser verdampft; und die Expansivkraft der mit Wasser in Berührung stehenden Luft, ist gleich der Summe der Expansivkraft der Luft und des Wasserdampfs im leeren Raume für diese Temperatur: Folge aus Dalton's Versuchen.

§. 1151.

Es sey f Zoll Queckſilberhöhe die Elasticität von reinem Wasserdampf bei einer Temperatur t, und unter Berührung mit tropfbarem Wasser; eine Portion trockener Luft, unter derselben Temperatur t und Barometerdrucke von p Zoll, habe das Volum v. Es sey endlich v' das Volum derselben Luft bei derselben Temperatur t. Wenn sie mit Wasser von derselben Temperatur in Berührung gebracht worden ist, so ist $v' = \frac{p}{p-f} v$, oder $v' : v = p : p - f$. Folge aus Dalton's Versuchen.

§. 1152.

Andere tropfbare Flüssigkeiten als Wasser, z. B. Äther, Alkohol, flüssiges Ammonium, mit Luft in Verbindung gebracht, dehnen diese nach dem Gesetze des §. 1151. aus. Aber Schwefelsäure bei 80° R. nicht. Folge aus Dalton's Versuchen.

§. 1153.

Wenn man trockene Luft und feuchte Luft von gleicher Art, aber ohne freies Wasser, unter gleicher Temperatur und Luftdrucke, aber ohne mechanische Be-

wegung, mit einander in Berührung bringt, so vertheilen sich die Dämpfe zwischen beiden Luftportionen. Der Versuch dazu geschieht leicht mit dem Apparate Fig. XLVIII.

§. 1154.

Es wäre für diese ganze Lehre höchst wichtig, genau zu bestimmen, wie viel Wasser jede Luftart aufzunehmen vermag. Clement und Desormes haben hierüber Versuche angestellt; die Resultate sind folgende: atmosphärische Luft, 5,89; Sauerstoffgas, 6,08; Wasserstoffgas, 6,08; Stickgas, 5,89; Kohlensäure, 6,08 Grains Troisgewicht, auf 1 Pariser Cubicfuß bei einer Temperatur von 10 — 11° R. Allein diese Resultate sind nicht zuverlässig, theils, weil bei dem bloßen Durchgange durch Wasser das Gas sich nicht völlig mit Wasser sättigt, und bei dem bloßen Durchgange durch salzsauren Kalk sich nicht alles Wassers entledigt. Zu beiden, besonders zu letzterm, gehört durchaus ein längerer Contact, wie alle Erfahrungen bei der Bestimmung der festen Punkte, der Trockenheit und Feuchtigkeit, zeigen. Diese Resultate stimmen überdies mit Saussure's Fundamentalversuchen nicht ein; denn nach §. 1150. müßte die atmosphärische Luft in diesen Versuchen, obgleich nur auf der Temperatur 10 — 11° R., weit mehr Wasser als 5,89 Grain enthalten haben. *)

*) 11° R. = 56¾ F. Zu dieser Temperatur correspondirt nach Dalton's Tabelle eine Elasticität des Dampfes von 0,470″ Quecksilberhöhe.

15° R. = 65¾ F. Zu dieser Temperatur correspondirt eine Elasticität des Dampfes von 0,629 Sind nun die Mengen von Wasserdampf in der Luft nach §. 1150. im Verhältnisse dieser Elasticitäten, so hätten Clement

§. 1155.

Gefrornes Wasser dünstet in der atmosphärischen Luft beträchtlich aus. Nach den letzten von mir genau angestellten Beobachtungen verlor eine Eismasse in einer mittleren Temperatur von — 12° R., bei völliger Windstille und sehr heiterer Luft, in einem sehr lüftigen Gartenhause, 5 Gran med. Gew auf 1 par. Quadratfuß Oberfläche in einer Stunde.*) Bei noch klarem Wetter und mittlerer Temperatur von — 4,4° R. betrug die Ausdünstung nur 1,818 Gran; gleich darauf wurde das Wetter trübe. Bei förmlich trübem Wetter und mittlerer Temperatur von — 9½° R. betrug die Ausdünstung nur 0,827 Grad.

§. 1156.

So oft die Temperatur, des Gemisches aus Luft und Dampf erniedrigt wird, sondert sich dieser von der Luft ab, trübt sie und fällt auf den Boden und die Wände des Gefäßes nieder. Dadurch entstehen die Nebel, welche im Kleinen, des geringen Volums wegen, nicht sichtbar sind, weil der Grad von Un-Durchsichtigkeit, den sie erzeugen, überhaupt nicht sehr groß ist. (Im dicksten Nebel, welcher auf 50 Schritte die Gegenstände unsichtbar macht, sieht man die in

und Desormes in 1 Cubicfuß atmosphärischer Luft $\frac{0,470}{0,629}$. 10 Grain = 7,47 finden sollen, also 1,58 Grain mehr als sie gefunden haben. Nimmt man vollends statt der Saussureschen 10 Grains die durch Gilbert berechnete Zahl 12,28, so hätten sie 9,17 Grains finden sollen, also 3,28 mehr.

*) Die Seite meines Eiswürfels war 3″, und ich stellte mehrere Versuche damit an, unter verschiedenen Temperaturen und Wetter. Keiner dieser Versuche dauerte weniger als 11 Stunden.

der Entfernung von 1 Fuß noch so gut, daß man die Gegenwart des Nebels nicht ahnen würde). Die Wolken sind nichts als solche Nebel, welche in den höheren Regionen der Atmosphäre sich bilden oder dahin ziehen. Dieser Niederschlag ist nach Saussure's Beobachtungen völlig dem ähnlich der §. 739. beschrieben und erklärt worden ist.

§. 1157.

Die Frage, wie sich die Nebel und Wolken, deren Bläschen gewiß ein größeres specifisches Gewicht haben als die umgebende Luft, sich schwebend erhalten? ist aus der Lehre der Adhäsion leicht zu beantworten. Ihrer Kleinheit wegen finden sie in der Adhäsion der Lufttheile einen Widerstand, der ihnen einzeln zu sinken nicht erlaubt, wie die Färbestoffe im Wasser. Sie bleiben also jedes an seiner Stelle und bewegen sich nur mit der sie umgebenden Luftmasse, bis der letzte Niederschlag sie davon trennt. Als discrete Substanzen, die in keiner Berührung mit einander stehen, äussern sie keinen hydrostatischen Druck und vermehren im eigentlichen Sinne das specifische Gewicht der Luft nicht. Sie vermindern vielmehr den hydrostatischen Druck der Luft durch ihre Entstehung, indem sie dadurch der Luftsäule, in welcher sie schweben, eine Portion elastischer Flüssigkeit entziehen, und so ihr specifisches Gewicht vermindern.*) Übrigens steht diese Betrachtung mit §. 1148. nicht im Widerspruche.

*) Man sieht hieraus, daß zwischen dem Fahrenheitschen und dem Hombergschen Areometer ein wesentlicher Unterschied Statt findet. Jenes müßte die Luft mit dem niedergeschlagenen aber schwebenden Wasser specifisch leichter anzeigen, dieses nicht.

§. 1158.

So gewiß es ist, daß jede Temperaturverminderung einen Niederschlag der Dünste bewirkt, so ist es ebenfalls durch viele Erfahrungen, wovon de Luc uns mehrere geliefert hat, erwiesen, daß oft sehr beträchtliche Wasserniederschläge Statt finden, ohne daß die Luft (nicht bloß in den untern Luftregionen, wo der Regen hinfällt, sondern in der Wolkenregion selbst, wo er sich bildet) sich erkältet habe. Der Niederschlag des Wassers muß also mehr als eine Ursache haben.

§. 1159.

Es ist bis jetzt unmöglich, durch directe Versuche den Wassergehalt einer Luftportion zu bestimmen. Man glaubte sonst an den Hygrometern wenigstens ein relatives Maß dafür zu haben. Allein die genauere Prüfung dieser Art von Instrumenten, ja sogar die richtige Definition derselben, zeigt, daß sie nicht einmal das liefern. Ein Hygrometer ist eine Vorrichtung, mittelst welcher eine Substanz, welche Flächenanziehung zu dem Wasser äussert, und durch die Anziehung desselben in seinen Dimensionen oder seinem Gewichte Veränderungen leidet, diese Veränderungen anzeigt. Da aber die Flächenanziehung der hygrometrischen Substanzen zum Wasser sehr verschieden ist, und überdies die Dimensionsveränderungen an denselben sehr variiren, mithin der Gang verschiedener Hygrometer ungleich ist (welches die Erfahrungen mit allen Hygrometern beweisen), so können wir es von keinem solcher Instrumente wissen, ob dessen Anzeigen mit dem Wassergehalte der Luft in irgend einer angeblichen Proportion steht. Wir kön-

nen noch kaum einen bestimmten Begriff mit dem Worte Feuchtigkeit verbinden. Da es bis jetzt nicht möglich war, Luftportionen von verschiedenen bestimmten Gehalten an Wasser mit einander zu mischen, so konnte man den Gang der Hygrometer nicht so prüfen, wie de Luc es mit den Thermometern that; sondern man kann nur zwei feste Punkte, den der äussersten Feuchtigkeit, und den der äussersten Trokkenheit, bestimmen.

§. 1160.

Nach den unbeschreiblich mühsamen Arbeiten, vorzüglich de Luc's, über die Hygrometer, sind nur zwei Substanzen übrig geblieben, welche man als hygrometrische braucht, das Menschenhaar und das quergeschnittene Fischbein. Beyden aber machen die gegenseitigen Erfinder, Saussure und de Luc, gegründete Vorwürfe. Die Seide kann füglich als die dritte brauchbare hygrometrische Substanz auftreten und wird sich besser zeigen als die beiden andern *).

*) Ich schlage hier zum erstenmale die Seide vor, nach eigenen angestellten Versuchen. Ich wurde darauf geführt durch Versuche, welche ich mit dem feinsten Velinpapier anstellte, in der Hoffnung, ein Subject da zu finden, welches weder als ein Haar oder Faser wirkte, noch eine Queersubstanz wäre. Die groben Nachtheile, welche dieses hygrometrische Subject seines Leims wegen hat, überzeugten mich bald, daß die Fehler des Haars und des Fischbeins vorzüglich dem Leime oder Schleime, welchen jede organische Substanz auch hat, herrühren. Die Seide ist keine organische Substanz, sondern ein voller Cylinder von einer Art Gummihart, welches die Feuchtigkeit sehr stark anzieht. Zwar ist dessen Ausdehnung und Zusammenziehung gering, aber jeder hunderttheilige Grad an meinem Instrumente ist doch noch sehr sichtbar, und mit bloßem Auge in 4

In den Vorlesungen wird das Wesentlichste über diese und andere hygrometrische Substanzen und den Bau der Hygrometer mündlich vorgetragen.

§. 1161.

Wenn ein Haar- oder Fischbeinhygrometer oder ein ähnliches in Wasserdampf, von der Temperatur der Siedhitze, gesetzt wird, so zeigt es den höchsten Grad der Trockenheit an, ein wichtiges Factum, das wir de Luc verdanken, und beweiset 1) daß die Hygrometer nicht die Gegenwart alles Wassers in einem gegebenen Raum anzeigen, 2) daß sie nur dasjenige Wasser anzeigen, welches über der Menge da ist, die durch den vorhandenen Wärmegrad in vollkommener Dampfgestalt erhalten wird, also nur solches Wasser, welches schon niedergeschlagen ist und sich nur schwebend erhält. Daher der Ausdruck: hygrometrisches Wasser. Aber alle reine Alkalien, die reinen alkalischen Erden und die reinen Säuren, nehmen keine Notiz von dem Zustande des Wassers, sondern ziehen es durch Affinität der zweiten Art in allen Formen an.

§. 1162.

Saussure macht die wichtige Bemerkung, daß die Ausdünstungen von völlig wasserfreiem Äther, Weingeist, Terpentinöhl, Kampfer auf sein Hygrometer nicht wirken, welches damit, daß die Hygrome-

Theile zu theilen. Die Ausdehnung der Seide zwischen den festen Punkten ist $\frac{1}{72}, \frac{1}{10}$ der Länge. Dagegen ist die Seide nach meinen wiederholten Beobachtungen durchaus nicht retrograde, sondern sie geht ihren festen Gang bis zur äussersten Feuchtigkeit. — Doch davon zur Notiz genug, da ich nicht Lust habe, diese mühsame und wenig fruchtbringende Arbeit fortzusetzen.

ter nur durch Flächenanziehung wirken, sehr übereinstimmt, indem Äther und Weingeist bekanntlich die Körper von der Natur der Haare, als: Därme, Blase ꝛc., nicht penetriren.

§. 1163.

Bei diesem Zustande unsrer Kenntnisse, die offenbar noch mangelhaft sind, besonders wenn man nicht einige meteorologische hinzufügt, ist's nicht leicht, eine völlig befriedigende Theorie der Ausdünstung und des Niederschlages zu liefern. Folgende sind die vorzüglichsten Hypothesen, welche der Scharfsinn der Physiker nach und nach erfand. Sie erschöpfen vielleicht schon das mögliche Gebiet der Hypothesen für diesen Gegenstand; aber es ist noch sorgfältigern Prüfungen vorbehalten, die wahre als Theorie aufzustellen und ihren Zusammenhang mit allem Factischen darzuthun.

§. 1164.

Lange Zeit glaubte man, aus den Wirkungen der Wärme und aus der Bildung von Dunstbläschen, die Phänomene der Ausdünstung und des Niederschlages erklären zu können. Le Roi war der Erste, der diese wie auch andere bloß mechanische Erklärungen unzulässig fand, und der behauptete, das Wasser werde in der Luft aufgelöset. Nach ihm löset die Luft das Wasser auf, wie z. B. Salze in Wasser aufgelöset werden, so daß für jede Temperatur ein gewisses Maximum Wassers in der Luft aufgelöset werden könne, und daß der Niederschlag nur dann erfolge, wenn dieses Maximum überschritten werde. Nach Le Roi thut also die Wärme nichts, als die Affinität der Luft zum Wasser zu erhöhen.

§. 1165.

Sauſſure räumt der Wärme ein größeres Geſchäft bei der Ausdünſtung ein. Nach ihm bildet die Wärme den Dampf, der nachher in der Luft aufgelöſet wird, aber bloß als Dampf, nicht als tropfbares Waſſer. Der Niederſchlag entſteht nach ihm überhaupt durch Überſättigung und durch Erkältung. Indeſſen iſt Sauſſure mit dieſer einfachen Darſtellung nicht befriedigt, weil ſie in der That die Phänomene nicht hinlänglich erklärt, ſondern er nimmt an, daß das niedergeſchlagene Waſſer ſich in zwei Zuſtänden in der Luft befände, entweder in ſehr feinen Tropfen, welche ihrer Feinheit wegen in der Luft noch ſchweben können, oder in Bläschen. Die Bläschen zu bilden und zu zerſtören braucht Sauſſure die Electricität, welche allerdings bei allen meteorologiſchen Proceſſen eine große Rolle ſpielt. Allein der §. 739. zeigt, daß die Wärme hinreicht, um die Phänomene der Bläschen zu erklären, und dieſer große Naturforſcher vermochte es nicht, die Art, wie die Electricität das Phänomen der Entſtehung der Bläschen und ihrer Condenſirung bewirkt, auseinander zu ſetzen.

§. 1166.

De Luc, indem er ſich ſchlechterdings gegen das Auflöſungsſyſtem Sauſſure's erklärt, liefert den ſtärkſten Grund für dieſes Syſtem überhaupt. Nach ihm iſt's die Wärme, welche alle Dämpfe erzeuget; dieſe Dämpfe werden in der Luft aufgenommen, ohne daß eine chemiſche Vereinigung Statt finde: die Entziehung der Wärme bewirkt in einigen Fällen den Niederſchlag. Aber in vielen der wichtigſten, namentlich bei den großen Regengüſſen und Wolkenbrüchen,

nicht; sondern das Wasser nimmt in der Luft ausser dem Dampfzustande noch die Form eines Gases an, das einen wichtigen Theil der ganzen Atmosphäre, vielleicht die ganze Atmosphäre selbst, bildet. Allein er weiß die Ursache dieser Gasbildung und der Zersetzung desselben nicht anzugeben.

§. 1167.

Hube statuirt zweierlei Ausdünstungen, eine von einer glatten Wasserfläche und eine von nassen Körpern, räumt der Wärme bloß die Bildung der Nebel ein und braucht die Electricität (die er vorzüglich durch die Reibung der Wolken entstehen läßt) zur Erklärung des Übrigen. *)

§. 1168.

Parrot nimmt an, daß das Wasser sich in der Atmosphäre unter zweierlei Formen befinde: zum Theil als Wasserdampf vermöge der Wärme; dieser Theil des Dunstes (physischer Dunst) entsteht und zersetzt sich nach den einfachen Gesetzen der Verdampfung; zum Theil aber auch in Gasgestalt im Sauerstoffgase chemisch gebunden (chemischer Dunst), der sich nur nach den Affinitätsgesetzen richtet, worauf übrigens die Temperatur (wie bei allen Affinitätsprocessen) einigen Einfluß hat. Nach Parrot entsteht dieser chemische Dunst nicht bloß durch Auflösung des Dampfes, sondern jedes Wassers, in welcher Form es sey, im Sauerstoff unmittelbar. Die Zersetzung desselben geschieht durch die des Sauerstoffgases, und sie ist die

*) Ich gestehe, daß ich diese Hypothese nie völlig verstanden habe. So viel Scharfsinn in der Anwendung der Prämissen auch liegt, so viel Unbestimmtes liegt auch in den Prämissen selbst.

Quelle der größten Meteore, die Zersetzung durch Temperaturänderung, aber die Quelle der leichtern Nebel und leichtesten Wolken. Die Electricität ist nach ihm Wirkung der Ausdünstung und des Niederschlages und wird wieder zur Ursache.

§ 1169.

Dalton ging von den letztern Hypothesen ganz zu der allerersten einfachsten, welche nur die Wirkung der Wärme statuirt, zurück. Er behauptet (nach §. 1150. und 1151.), daß der Dunst nur als Dampf nach Verhältniß der freien Wärme in der Luft existirt, daß dessen Elasticität von der der Luft ganz unabhängig ist, daß die Dampftheilchen nur auf die Dampftheilchen und so auch die Lufttheilchen nur auf die Lufttheilchen drücken. Er statuirt Wasserdampf unter dem Frierpunkte des Wassers, dehnt obigen Satz der eigenen unabhängigen Elasticität jedes Theils der beisammen liegenden Flüssigkeiten auf alle vier Bestandtheile der Luft, Sauerstoffgas, Stickgas, Kohlensäure und Wasser, und verwirft die Annahme aller Affinität zwischen diesen Substanzen. Seine Hypothese ist rein mechanisch, und sein Urheber hat es noch nicht versucht sie den meteorologischen Phänomen anzupassen.

§. 1167.

Man sieht aus diesen Hypothesen, daß es hier vorzüglich darauf ankommt zu bestimmen, ob Affinität zwischen dem Wasserdampf und den Gasen Statt findet oder ob keine andere Affinität hier obwaltet als die des Wärmestoffs zum Wasser. Für die letztere Meinung sprechen die Sätze §. 1150. und 1151. und die Versuche von Clement und Desormes. Allein

diese Versuche sind wenigstens sehr verdächtig (§. 1155. *)), und jene Sätze und Dalton's Versuche beweisen nur, daß die Elasticität eines Gemisches aus Luft und Dampf der Summe der Elasticität der Luft und der Dämpfe bei ihrer Temperatur gleich ist. Sie berechtigen aber nicht zu der Annahme, daß diese beiden elastischen Flüssigkeiten sich wechselseitig fremd bleiben, und daß die Dampftheilchen nur auf die Dampftheilchen drücken, nicht aber auf die Lufttheilchen, welches letztere mit allen hydrostatischen Gesezzen im Widerspruch steht.

§. 1168.

Die Gründe für die Annahme einer Affinität zwischen der atmosphärischen Luft (speciell des Sauerstoffgases) zum Wasser in allen Formen sind folgende:

1) Das Wasser absorbirt atmosphärische Luft und Vorzugsweise Sauerstoffgas; diese Affinität muß wechselseitig seyn; wir kennen in der ganzen Natur keinen Fall für das Gegentheil. Das Sauerstoffgas macht sogar Wasserstoffgas und einen weit größern Antheil Stickgas der Absorption fähig.

2) Das Eis dünstet tief unter dem Frierpunkte beträchtlich aus. Als Wasserdampf geht dieses Wasser nicht in die Atmosphäre, da nicht so viel latente Wärme da ist, um das Eis tropfbar flüssig zu machen. Folglich muß es durch die Affinität der Luft geschehen. Daß diese Ausdünstung nicht so beträchtlich ist, als die des flüssigen Wassers, liegt darin, theils daß die Cohäsion hier der Affinität entgegenwirkt, theils weil die

geringere Wärme der Luft den Proceß weniger befördert. *)

3) Eine Portion feuchter Luft (§. 1153.) theilt einer Portion trockener Luft, von gleicher Art, gleicher Temperatur und gleicher Elasticität ihr Wasser mit. Dieses beweiset eine freiwillige Wanderung des Dunstes, folglich Affinität desselben zu der Luft.

4) De Luc fand einst auf dem Buet, in der Wol-

*) Diesen wichtigen Grund, nämlich daß das gefrorne Wasser sich nicht in Dampf verwandeln, d. h. 479° Wärme binden könne, wenn es nicht Wärmestoff genug antrifft, um tropfbar-flüssig zu werden, d. h. 60° Wärme zu bilden, soll Dalton's Versuch, daß das Wasser im luftleeren Raume und bei dem Frierpunkte ausdünste, und zwar mit einer Elasticität von 0,2 englischen Zollen Quecksilberhöhe, widerlegen. Darauf ist weiter nichts zu antworten, als: daß, da Dalton seine Barometerröhre nur mit ausgekochtem Quecksilber füllte, nicht aber das Quecksilber in der Röhre kochte, sein Barometer eine Luft enthielt (§. 504. *)) von etwa 1,3‴ par. Quecksilberhöhe. Übrigens habe ich diesen Versuch auch in einer unausgekochten Röhre angestellt, und, durch eine vollkommnere Erkältung, als die von Dalton, die Depression des Quecksilbers nur 0,13″ des londner Fußes gefunden. Es machen aber 1,3‴ par. 0,113″ englisch. Folglich hatte die reine Luft im Barometer durch das frierende Wasser um 0,027″ engl. Quecksilberhöhe an Elasticität gewonnen, welches allerdings etwa $\frac{1}{5}$ der ganzen Elasticität der Luft ausmacht. Allein wer vermag Wasser in eine Barometerröhre hinauf zu bringen ohne Luft mit zu schleppen? Daß übrigens Dalton's Versuche über die Expansivkraft der Dämpfe durch die Wärme unrichtig sind, wenn man eine vollkommene Genauigkeit (die hier durchaus nothig wäre) von ihnen fordert, zeigt der Umstand, daß die Formel des Hrn. Soldaer, welche diese Reihe von Versuchen giebt, auf höhere Temperaturen angewandt, ein Maximum der Dilatation bei 180° R. liefert und bei 360° R. dieselbe Dilatation als bei dem Frierpunkte. Worin diese Versuche fehlerhaft sind, habe ich anderswo gezeigt.

kenregion, die Luft nach dem Hyarometer sehr trocken (auf 33°) und bei einer Temperatur von + 6°. Plötzlich entstanden große Gewitterwolken und ein äusserst heftiger Regen, ohne daß das Thermometer die geringste Anzeige von Verminderung der Temperatur gegeben hätte. Die Temperatur konnte also an diesem großen Phänomen nicht Schuld seyn: folglich war es nicht Wasserdampf, der die ganze Gegend um Sixt herum gleichsam überschwemmte. Dieses Wasser mußte also in einer andern Form der Luft beigemischt gewesen seyn.

5) Durch alle Arten von Entziehung des Sauerstoffs aus der atmosphärischen Luft, durch Phosphor, durch Amalgama, durch die Respiration und durch Entzündungsprocesse, sogar durch bloße Mischung mit Stickgas, schlägt sich Wasser aus der Luft nieder, wenn welches darin war. *)

*) Besonders geltend sind die Versuche mit Fliegen. In einem Glase mit Luft von mittlerer Trockenheit ließ ich 5 Fliegen mit hinlänglicher Nahrung langsam sterben; in einem gleich großen aber mit Luft bis zur Sättigung gefeuchteten ließ ich nur 1 Fliege sterben. Diese einzige schlug beträchtlich mehr Dunst nieder, als die andern 5. Ein Beweis, daß der Niederschlag nicht von den Fliegen kam; und jeder Niederschlag dieser Art mit einer oder mehreren Fliegen beweiset directe gegen die Hypothese der bloßen Verdampfung. Denn in diesem Falle wird eben so viel Kohlensäure erzeugt, als Sauerstoffgas zersetzt; was ich übrigens noch hier besonders geprüft habe. Mithin sollte dasselbe Volum Luft dieselbe Capacität für den Dampf haben, also allen vorigen Dampf behalten und keinen fallen lassen.

F. Schwängerung der geglüheten Kohle mit Gasen.

§. 1169.

Eben die Eigenschaft, welche wir im Artikel D. am Wasser bemerkt haben, verschiedene Gase zu verschlucken, ist auch der Kohle, und einigermaßen noch in höherm Grade, eigenthümlich. Fontana, Priestley, Scheele, Nollet, waren schon mit dieser Eigenschaft der Kohle bekannt. Morozzo war der Erste, der die Versuche mit einiger Bestimmtheit anstellte. Er löschte glühende Kohlen von einem bestimmten Volum vor dem Glühen in Queckſilber, schob sie unmittelbar in Portionen verschiedener Gase ein und beobachtete die Absorption.

§. 1170.

Rouppe, der mit größern Quantitäten operiren wollte, füllte eine mit einem Hahne versehene kupferne Büchse mit glühenden Kohlen an, verschloß sie luftdicht, ließ sie erkälten und setzte sie dann mit einer Glocke, in welcher das Gas mit Wasser gesperrt war, in Verbindung; das Aufsteigen des Wassers gab ihm das Maß der Absorption. Allein dieses Maß ist sehr unsicher, nicht sowohl wegen des hängenden Wassers, als weil die Quantität von Kohlen, nach Volum, welche Rouppe angeben will, sich nicht mit Genauigkeit angeben läßt, und weil die Kohlen, indem man sie in die Büchse wirft, dort schon viel atmosphärische Luft einsaugen, die folglich ihr Absorptionsvermögen für gewisse Gase vermindert, für andere vermehrt.

§. 1171.

Etwa zu dieser Zeit, und ohne das Angeführte zu kennen, stellten Grindel und ich solche Versuche auf

dieselbe Art als Morozzo, aber mit Anfangs unbestimmten Quantitäten Kohle, an. Nach geendigten Versuchen suchten wir erst die Menge der Kohle nach Volum durch das Zerstoßen derselben beiläufig zu bestimmen. Allein alle diese Methoden führten nicht zu sichern Resultaten, in welchen man beträchtliche Verschiedenheiten antrifft, wenn man sie nach diesen drei Methoden vergleicht; das bedeutendste ist, daß Morozzo und Rouppe eine Absorption des Wasserstoffgases (Letzterer sogar eine größere als des Stickgases) gefunden haben wollen, welche Grindel und ich, nach oft wiederholten Versuchen, durchaus nicht gefunden haben, wenn man sehr reines Wasserstoffgas und solche Kohle, die noch kein anderes Gas verschluckt hat, anwendet.

§. 1172.

Es ist eine durchaus vergebliche Mühe, die Quantität der Kohle unmittelbar nach Volum bestimmen zu wollen. Die noch so gut zugeschnittene kalte Kohle vermindert sich mehr oder weniger im Glühen; und ausserdem enthalten zwei Stücke Kohle von demselben Volum und aus demselben größern Stücke zugeschnitten nie eine gleiche Quantität von Materie. Ich entschloß mich also, die Quantität der gebrauchten Kohle nach Gewicht zu bestimmen.*) Das Resultat meiner Versuche ist folgendes:

*) Die Art, wie ich verfuhr, ist folgende: Nachdem das Stück Kohle von unbestimmter Größe auf das Gas eingewirkt hatte, nahm ich es nebst allen kleinen noch sichtbaren Stückchen, welche bei dieser Operation abspringen, und mit sammt dem Quecksilber, das noch darin geblieben war, in einer kleinen gläsernen Schale auf die Waage und bestimmte ihr Gewicht. Dann

100 Gran ausgeglüheter Kohle absorbiren

Wasserstoffgas	0,00	Cubiczoll	par.
Stickgas	1,31	—	—
Sauerstoffgas	1,66	—	—
atmosphärische Luft	1,85	—	—
Salpetergas	2,85	—	—
Kohlensäure	4,15	—	—
Ammonium	10,97	—	—

§. 1173.

Wasserstoffgas absorbirt gar nichts; dazu aber muß es völlig rein seyn. Hat man also dieses Gas, wie gewöhnlich, mit etwas atmosphärischer Luft verunreinigt, so setze man es einer geglüheten Kohle aus und fülle es dann in die graduirte Röhre über Queckſilber. Eine frisch geglühete Kohle wird nicht die geringste Absorption mehr bewirken. Die ausgeglühete Kohle liefert also ein eben so leichtes als sicheres Mittel, reines Wasserstoffgas sich zu verschaffen. Um mich dieser Eigenschaft des Wasserstoffgases, durch die Kohle

schüttete ich sie in einen gläsernen etwas erwärmten tiefen Mörser, in welchem ich sie zu feinem Pulver zerstieß. Dann bließ ich mit vieler Vorsicht das Kohlenpulver heraus, so daß nicht nur das schon zusammen geflossene, sondern auch das noch in sehr feinen Kügelchen sich befindliche Queckſilber im Mörser blieb; dieses Queckſilber wog ich, und der Unterschied zu der vorigen Abwägung gab das Gewicht der reinen Kohle. Meine Waage fehlt nicht (bei solchem Gewichte um $\frac{1}{2}$ Gran) und meine Röhre für die Absorption, welche 6 Cubiczoll enthält, ist sehr genau calibrirt, so daß ich sicher bin, im Maße mich nicht um $\frac{1}{20}$ Cubiczoll geirrt zu haben. Die Resultate reducirte ich dann durch Rechnung auf 100 Gran Kohlengewicht, woraus die obige Tabelle entstand. Diese Versuche geschahen bei einem Barometerstande von 28″,0‴ bis 28″,3‴ und bei einer Temperatur von 14 bis 16° R.

nicht absorbirt zu werden, zu versichern, und zu erfahren, wie es sich mit andern Gasen verhalten würde, setzte ich 3,25 Cubiczoll einer Mischung von 0,81 Sauerstoffgas und 2,14 reinen Wasserstoffgas der Einwirkung nach und nach einer weit beträchtlichern Menge Kohle aus, als zur Absorption von 0,81 Sauerstoffgas erforderlich war. Gleich bei der ersten Kohlenmenge entstand die ganze Absorption, welche nachher durch neue Kohle nicht zunahm; sie betrug 0,916 Cubiczoll. Folglich waren 0,106 Wasserstoffgas mit absorbirt worden. *) Andere Mischungen des Wasserstoffgases, mit Kohlensäure, mit Stickgas ꝛc., geben ähnliche Resultate. Setzen wir hiezu das Resultat mit der atmosphärischen Luft, als einer Mischung mit Sauerstoff und Stickstoff, im Verhältniß von 23 : 77, woraus es sich ergiebt, daß in den durch 100 Gr. Kohle absorbirten 1,85 Cubiczoll sich 0,46 mehr befinden, als wenn Sauerstoffgas und Stickgas für sich absorbirt worden wären, so können wir mit Sicherheit den Schluß hier, wie bei dem Wasser, §. 1141., ziehen, daß von gemischten Gasen mehr, nach Verhältniß ihrer Bestandtheile, absorbirt wird, als von einfachen Gasen. Sind die Mischungen der Gase noch inniger, als in den angeführten Bei-

*) Um zu wissen, ob wirklich alles Sauerstoffgas aus dieser Mischung absorbirt worden war, brachte ich ein Stück Phosphor in dieses Gas. Der Phosphor leuchtete zwar, aber wie er leuchtet, wenn man ihn in eine unathembare Luft bringt, durch den mit heraufgerissenen Sauerstoff, matt und weitläuftig. Nach 6 Stunden fand ich keine neue Absorption, welches bestimmt bewies, daß der Phosphor aus dem vorhandenen Wasserstoffgas kein Sauerstoffgas gebunden hatte, mithin daß keins darin war.

spielen, gemischt, bilden sie neue Gase mit eigenthümlichen Eigenschaften, so ist die Absorption bei weitem größer, als z. B. im Salpetergas und im Ammonium; So zeigen meine ehemaligen Versuche, daß gasförmige Salzsäure und Schwefel-Wasserstoffgas beiläufig eben so stark absorbirt werden als Ammonium.

Endlich verdient noch angemerkt zu werden, daß, wenn die ausgeglühete Kohle aus dem Queckſilber ins Ammonium tritt, jedesmal sich etwas Asche auf der Kohle erzeugt, welches bei den übrigen Gasarten nicht der Fall ist.

§. 1174.

Vergleichen wir diese Thatsachen mit den Absorptionen durch Wasser, so finden wir eine auffallende Analogie in den Resultaten. Das Wasser und die Kohle verschlucken die einfachen Gase am wenigsten, das reine Wasserstoffgas gar nicht. Einfache aber mit einander gemischte Gase werden zusammen durch Wasser und durch Kohle mehr absorbirt als einzeln. Eigenthümlich zusammengesetzte Gase, als Salpetergas, Kohlensäure, Ammonium, Salzsäure und Schwefel-Wasserstoffgas, werden in einem viel größern Verhältniß vom Wasser und von der Kohle absorbirt. Indeß besteht diese Analogie nicht mehr, wenn wir die absoluten Quantitäten nach Gewicht vergleichen. Nach Humbold sind 25 Theile nach Volum an Wasser nöthig, um einen Theil nach Volum an atmosphärischer Luft zu verschlucken; folglich wären 46,25 Cubiczoll Wasser erforderlich um 1,85 Luft zu absorbiren. Es wägen aber 46,25 Cubiczoll Wasser 14389 Gran medic. Gewicht, welche also nur so viel atmosphärische Luft verschlucken als 100 Gran Kohle.

Mithin absorbirt die Kohle 144mal so viel als das Wasser; ein solches Verhältniß gilt von der Absorption des Stickgases und des Sauerstoffgases und auch des Salpetergases. Aber es fällt bei den gasförmigen Säuren und Alkalien ganz anders aus, da das Wasser hier wieder die Oberhand über die Kohle behauptet.

§. 1175.

Übrigens muß wohl bemerkt werden, daß die Resultate §. 1172. nicht ganz richtig sind; denn es ist dabei das Volum der Kohle und des in ihr befindlichen Queckſilbers nicht in Anschlag genommen worden, welches alle diese Resultate nicht ganz unmerklich erhöhet. Diese Correction leidet für das Queckſilber keine Schwierigkeit, da man das specifische und das absolute Gewicht desſelben in jedem Versuche kennt. Allein für die Kohle ist die Sache viel schwieriger, da man ihr specifisches Gewicht bis jetzt noch nicht gefunden hat. Der Satz, daß das reine Waſſerſtoffgas von der ausgeglühten Kohle nicht absorbirt wird, liefert ein sicheres Mittel dazu.

† Ich füllte die obige graduirte Röhre mit völlig reinem Waſſerſtoffgas, schnitt eine gemeine Kohle cylindrisch zu, so daß sie eben in die Röhre paßte, und ließ sie unter andern Kohlen glühen. Dann steckte ich sie ins Gas nach dem Ablöschen im Queckſilber. Nachdem ich versichert war, daß die vorige Temperatur sich wieder hergestellt hatte, hob ich die Kohle etwas über die Queckſilberfläche und beobachtete die Depreſſion des Queckſilbers, welche sich = $\frac{1}{6}$ Cubiczoll fand. Dann wog ich die Kohle mit sammt

dem darin enthaltenen Queckſilber, und dann das Queckſilber allein. Es war das Gewicht der Kohle 52,4 Gran, das des Queckſilbers 525,3 Gran; alles von dem Nürenberger Medicinalgewichte.

Die Berechnung dieſes Verſuches iſt folgende: Das Volum, um welches das Queckſilber in der Röhre gefallen war ($\frac{1}{6}$ Cubiczoll), iſt das wahre Volum der Kohle und des darin enthaltenen Queckſilbers. Es machen aber 525,3 Gran Queckſilber ein Volum von 0,1197 Cubiczoll; folglich, da $\frac{1}{6}$ = 0,1666, iſt das Volum der Kohle allein = 0,0469 Cubiczoll, welche 52,4 Gran wiegt. Folglich wiegt 1 Cubiczoll ausgeglüheter Kohle 1117,27 Gran. Da aber 1 Cubiczoll Waſſer 323,5 Gran wägt, ſo iſt das ſpecifiſche Gewicht der ausgeglüheten Kohle = 3,453.

§. 1176.

Dieſer Verſuch und deſſen Berechnung veranlaſſen folgende zwei Bemerkungen: die erſte iſt, daß die gewöhnlichen Methoden, das ſpecifiſche Gewicht der feſten lockern Körper zu finden, für mechaniſch-techniſche Zwecke, wobei man das äuſſere Volum für das wahre Volum des Körpers nehmen darf, allenfalls tauglich ſeyn mag, aber nicht für ſolche Fälle, da man Affinitätswirkungen vergleichen will, wo es ankommt das wahre Verhältniß der Quantität der Materie zu finden. Die Zwiſchenräume zwiſchen den Lamellen der Kohle, die Röhren der Pflanzen, die Zwiſchenräume der gepulverten Körper ſind keine Poren; die wahren Poren ſind unmeßbar. Vergleicht man alſo das äuſſere Volum dieſer Körper mit dem des Waſ-

sers, so erhält man falsche specifische Gewichte. Nur auf obige Art oder auf jede andere, wodurch man die Luft aus den Körpern austreibt, kommt man zum wahren specifischen Gewichte. Die obige Methode kann dazu dienen, durch Glühen oder mittelst der Luftpumpe, das specifische Gewicht des Holzes, der reinen Erden ꝛc. zum chemischen Gebrauche zu finden. Die zweite Bemerkung ist, daß das gefundene specifische Gewicht der Kohle nur um sehr Weniges kleiner ist, als das des Diamants. Eine neue Ähnlichkeit zwischen diesen beiden Körpern von nicht geringer Wichtigkeit!

§. 1177.

Wenn man die mit verschiedenen Gasen geschwängerten Kohlen unmittelbar ins Wasser taucht, so zeigt sich folgendes:

† 1) Die Kohlensäure tritt zum Theil, etwa $\frac{1}{2}$, wieder heraus, auch wenn das Wasser mit Kohlensäure schon gesättigt war.

† 2) Von dem Sauerstoffgase kommt etwa $\frac{1}{4}$ wieder heraus, und zwar ganz unverändert.

† 3) Von der atmosphärischen Luft kommt etwa $\frac{9}{10}$ wieder heraus, aber zersetzt; ein Holzspan löscht augenblicklich darin aus.

† 4) Von dem geschwefelten Wasserstoffgase kommt ungefähr $\frac{1}{10}$ und unverändert wieder heraus.

Jede andere Flüssigkeit oder Gas, welche Affinität zur Kohle hätte (denn diese Versuche beweisen die Affinität und nicht bloß Flächenanziehung des Wassers zur Kohle), würde wahrscheinlich das durch die

Kohle verschluckte Gas in andern Verhältnissen austreiben.

§. 1178.

† 1) Wenn man ausgeglühete Kohle mit Sauerstoffgas schwängert und sie dann der Einwirkung einer Lichtflamme aussetzt, so glüht sie nicht heftiger als gemeine Kohle.

† 2) Die mit Ammonium geschwängerte Kohle, dem Lichte genähert, liefert keine plötzliche Entzündung, keine Flamme.

† 3) Die mit Kohlensäure geschwängerte Kohle röthet die Lackmustinctur nicht.

† 4) Die mit Salzsäure geschwängerte Kohle röthet gleichfalls die Lackmustinctur nicht, ausser wenn sie vorher ein paar Minuten in atmosphärischer Luft gewesen ist.

§. 1179.

Diese gesammten Versuche über die Kohle, zeigen offenbar, daß die beobachteten Absorptionen nicht von der Adhäsion, sondern von der Affinität der Kohle zu diesen Gasen herrühren, und zwar beweisen die vier letzten, das es hier, wenigstens bei den 4 angeführten Gasen, eine Affinität der zweiten Art ist, indem diese Gase ihre characterischen Eigenschaften an der Kohle verloren haben. Die gemeine, nicht ausgeglühete, Kohle bewirkt jene Absorptionen nicht, wenigstens nicht in diesem Grade. Ob die Ursache darin liegt, daß die nicht geglühete Kohle mit atmosphärischer Luft, Kohlensäure und Wasser schon gesättigt ist, oder darin, daß durch das Glühen nicht bloß diese drei Substanzen daraus vertrieben werden, sondern die Kohle selbst in ihrer Grundmischung verändert

wird, kann nur durch eine neue Reihe von Versuchen entschieden werden.

§. 1180.

Endlich ist von der ausgeglühten Kohle noch bekannt, daß sie den Proceß der Fäulniß aufhält. Lowitz entdeckte diese, übrigens den Köchinnen des südwestlichen Europa schon längst bekannte, Eigenschaft, wovon Krusenstern bei seiner Weltumsegelung den glücklichsten Gebrauch machte. Diese fäulnißwidrige Eigenschaft der Kohle kann füglich ihrer Absorptionsfähigkeit für die Gase zugeschrieben werden, da bekanntlich die faule Gährung Kohlensäure, Ammonium und andere Wasserstoffmischungen erzeugt, welche wahrscheinlich selbst zur Fortsetzung des Prosscees erforderlich sind.

G. Affinität der Gase zu einander.

§. 1181.

Die Gase zeigen in ihrer Affinität zu einander wenige Eigenthümlichkeiten, wodurch sie sich von den tropfbaren Substanzen in ihren Affinitätswirkungen unterscheiden. Allein es ist dennoch wichtig, diese Affinität besonders zu betrachten, theils weil die neuesten Versuche mit einigen Gasen sehr bequeme Resultate für die Naturlehre geliefert haben, welche andern Versuchen zur Grundlage dienen können, theils weil die Affinität gewisser Gase zu einander bisher zweifelhaft war. Um mit Ordnung zu verfahren, müssen wir diejenigen Gase, welche sich form-

lich einander zersetzen, von denjenigen, welche dieses nicht thun, bestimmt unterscheiden; dann werden wir aus den Datis noch einige allgemeine Schlüsse für die Lehre der Affinität ziehen.

a. Von den Gasen, welche sich wechselseitig förmlich zersetzen.

§. 1182.

Das Erste, was mit diesen Gasen vorzunehmen, war zu bestimmen: ob ihre Mischung freiwillig Statt finde oder nicht. Dazu dient der einfache Apparat Fig. XLVIII. A und B sind zwei gleiche Glasgefäße durch einen Hahn C mit einander verbunden; D ist ein Gestell mit 3 Federn a b, a b um den Apparat stehend und sicher zu erhalten. Nach Abschraubben des Hahns werden die Gefäße gefüllt jedes mit ihrer Gasart, und dann unter Wasser oder Queckssilber wieder an einander mit verschlossenem Hahne geschraubt, und so aufgestellt, daß das leichtere Gas oben sey. Man läßt die Gase einige Zeit stehen, bis sie sich in Ruhe gesetzt haben; dann öffnet man den Hahn und es zeigt sich die freiwillige Mischung sogleich. So vereinigen sich die gasförmigen Säuren mit dem Ammoniumgas, und das Sauerstoffgas mit dem Salpetergas.

§. 1183.

Bei der Mischung des Sauerstoffgases mit dem Salpetergas zeigt sich ein besonderer Umstand.

† 1) Stellt man das Salpetergas, das schwerer ist, oben, so röthet sich das Gas im obern Ge-

fäße sehr beträchtlich; d. h., es bildet sich salpetrichte Säure.

† 2) Stellt man das Salpetergas unten, so röthet sich das Gas im untern Gefäße kaum etwas. Indessen zeigt sich die Absorption und Bildung der Säure bey dem Öffnen; es ist Salpetersäure.

Diese Verschiedenheit erklärt sich auf folgende Art: die salpetrichte Säure bildet sich in jedem Falle, aber sie steigt immer in die Höhe, wegen der Erwärmung, die bei ihrer Bildung entsteht; im ersten Versuche kam sie in neues Salpetergas und konnte sich nicht weiter oxydiren; im zweiten aber kam sie in Sauerstoffgas und konnte dessen mehr aufnehmen. Ausserdem aber, da bei der Bildung der salpetrichten Säure weit mehr Salpetergas verzehrt wird als Sauerstoffgas und beide Gefäße gleiches Volum haben, so strömte dieses Gas jederzeit in das andere Gefäße über; im ersten Falle trieb es die salpetrichte Säure, so wie sie sich bildete, nach dem Stickgas; im zweiten Falle aber begegnete der Strom Sauerstoffgas schon der aufsteigenden Säure, und machte sie um so mehr zur vollkommenen Säure. Gay-Lussac hat die Verbindungen des Salpetergases und des Sauerstoffgases in eudiometrischer Rücksicht neuerdings mit vieler Sorgfalt betrachtet, und gefunden, daß zur Erzeugung salpetrichter Säure genau 3 Theile Stickgas und 1 Theil Sauerstoffgas erfordert wird, und verlangt als Bedingung des richtigen Erfolges, daß man in dem Absorptionsgefäße die (leichtere) atmosphärische Luft zuerst und dann gleichviel Salpetergas hineinsteigen lasse, ohne zu schütteln, und fin-

det auf diese Art beständig gleiche Resultate als mit dem Wasserstoffgase. Allein es folgt aus den zwei obigen Versuchen, daß gerade bei diesem Verfahren sich nothwendig ein Antheil Salpetersäure erzeugen muß, weil die anfangs sich bildende Säure in die leichtere atmosphärische Luft, also zum Sauerstoffe steigt. Mithin wird in der That mehr Sauerstoff gebunden, als die Berechnung anzeigt.

§. 1184.

Höchst wichtig ist für die Theorie und für die Ausübung der Satz, den Gay-Lussac aus seinen zahlreichen Versuchen zieht, daß die Gase (die sich wechselseitig zersetzen) sich immer in den allereinfachesten Raumverhältnissen verbinden.

So verbinden sich	Volumverhältniß
Sauerstoffgas und Wasserstoffgas =	1 : 2
Salzsaures Gas und Ammoniumgas	1 : 1
Kohlensäure und Ammoniumgas = = wobei ein Überschuß an Basis Statt findet.	1 : 2
Kohlensäure und Ammoniumgas = ist gesättigtes kohlensaures Ammonium.	1 : 1
Sauerstoffgas und Stickstoffgas = ist oxygenirtes Stickgas.	1 : 2
Sauerstoffgas und Stickstoffgas = ist Salpetergas.	1 : 1
Sauerstoffgas und Stickstoffgas = ist Salpetersaure ꝛc.	2 : 1

§. 1142.

Gay-Lussac hat zugleich an den Gasmischungen, welche wiederum Gase oder wenigstens elastische Flüssigkeiten erzeugen, gezeigt, daß ihre Raumverminderungen gleichfalls in einem einfachen Verhältnisse mit dem Volum der gemischten Gase stehen. Diesen Satz hat er a posteriori und auf eine sinnreiche Art bewiesen, durch Vergleichung des durch Erfahrung bekannten specifischen Gewichts des Gemisches mit dem berechneten specifischen Gewichte desselben, wenn man annimmt, daß die Gase sich bei ihrer Mischung um $\frac{1}{2}$ oder $\frac{1}{3}$ oder um gar nichts zusammenziehen. Diese Ansicht der Mischungen liefert folgende interessante Tabelle:

Mischungsverhältniß nach Volum	Producte nach Volum	Zusammenziehungs-Verhältnisse
Sauerstoffgas = 50 Gasförmiges Kohlenstoffoxyd = 100	100 Kohlensäure	$\frac{1}{3}$
Sauerstoffgas = 50 Stickstoffgas = 100	100 oxygen. Stickgas	$\frac{1}{3}$
Sauerstoffgas = 100 Stickstoffgas = 100	200 Salpetergas	0
Sauerstoffgas = 100 Salzsaures Gas 300	200 oxyg. Salzsäure	$\frac{1}{2}$
Sauerstoffgas = 100 Wasserstoffgas = 200	200 Wasserdampf	$\frac{1}{3}$
Stickstoffgas = 100 Wasserstoffgas 300	200 Ammoniumgas	$\frac{1}{2}$

§. 1186.

Betrachtet man diese Gasmischungsverhältnisse nach Gewichten, so finden keine solche einfache Verhältnisse Statt; vielmehr ergeben sich sehr unbequeme Brüche; welches aus den folgenden Tabellen, in welchen Gay-Lussac die Resultate seiner Arbeit zusammengedrängt hat, zu ersehen.

Dichtigkeit der einfachen und zusammengesetzten gasförmigen Körper.

	Durch Erfahrung bestimmt und von wem		Berechnet aus dem einfachen Volumverhältnisse der gasförmigen Bestandtheile, und unter der Voraussetzung, daß die Zusammenziehung der gasförmigen Elemente	
Atmosphärische Luft	1,00000			gleich sey
Sauerstoffgas	1,10359	Biot und Arago.		
Stickgas	0,96913			
Wasserstoffgas	0,07321			
Kohlensaures Gas	1,5196			
Ammoniakgas	0,59669		0,59438	$\frac{1}{2}$ des ganzen Volumens.
Salzsaures Gas	1,278	Biot und Gay-Lussac.		
Oxygenirtes Stickgas	1,61414	Davy.	1,52092	dem Volum des Sauerstoffgases.
	1,36293	Berthollet.		
Salpetergas	1,0388	Bérard	1,03636	$\frac{1}{2}$ des ganzen Volumens.
Schwefligsaures Gas	2,265	Kirwan		
Gasförmiges Kohlenstoffoxyd	0,9569	Cruikſh.	0,96782	angenommen, es seyen 100 M. = 100 M. kohlensaures Gas — 50 M. Sauerstoffg.
Wasserdampf	0,6896	Tralles.	0,625	dem Volum. des Sauerstoffg.
Oxygenirtes salzsaures Gas	2,407	Thenard und Gay-Lussac.	2,469	$\frac{1}{2}$ des ganzen Volumens.

Mischungsverhältnisse mehrerer Verbindungen, deren Bestandtheile gasförmig sind.

Dem Volumen nach						Dem Gewichte nach				
Maße.			Maße.			Gewichtstheile in 100.				
Salzsaur. Ammoniak	100	Ammoniakgas	100	salzs. G.		38,35	Ammoniak		61,65	Salzsäure.
Kohlens. Ammoniak										
neutrales	100		100	kohls. Gas.		28,19			71,81	Kohlensäure.
ungesättigtes	100		50			43,98			56,02	
Bora- und flußsaur. Ammoniak										
neutrales	100		100	B. u. fl. s. Gas.						
ungesättigtes	100		50							
Wasser	100	Wasserstoffgas.	50			13,267	Wasserstoff.		86,733	
Oxygenirtes Stickgas	100	Stickgas.	50	Sauerstoffgas.		63,72	Stickstoff.		36,28	Sauerstoff.
Salpetergas	100		100			46,757			53,243	
Salpetersäure	100		200			30,512			69,488	
Salpetersäure	200	Salpetergas.	100			30,512			69,488	
Salpetersaures Gas	300		100			34,507			65,493	
Ammoniak	100	Stickgas	300	Wasserstoffgas.		81,525			18,475	Wasserstoff.
Schwefelsäure	100	schwefl. s. G.	50			42,016	Schwefel.		57,984	
Schwefelichte Säure	—	—	—			52,083			47,917	
Oxygenirte Salzsäure	300	salzsaur. G.	100	Sauerstoffgas.		77,65	Salzsäure.		22,35	Sauerstoff.
Kohlensaures Gas 100 Maaß	100	gasf. Kohlenstoffoxyd.	50			27,376	Kohlenstoff.		72,624	
Gasf. Kohlenstoffoxyd 100 Maaß	—	—	50			42,99			57,01	

b) Von den Gasen, welche sich wechselseitig nicht zersetzen.

§. 1187.

Es ist eine der Erörterung sehr werthe Frage: ob diese Gase, als z. B. Sauerstoffgas und Wasserstoffgas, Sauerstoffgas und Stickgas, atmosphärische Luft und Kohlensäure, wenn sie frei, ohne irgend einen fremden Einfluß, auf einander einwirken, sich mit einander vermischen, ob also zwischen diesen Gasen eine Affinität Statt findet oder nicht. Unsre Theorie der Affinität wird uns darüber Aufschluß geben, wenn man nur die gehörigen Versuche anstellt. Fig. XLIX. stellt den Apparat vor, mittelst dessen man zwei solche Gase mit einander in Berührung und zwar in einer großen Oberfläche bringen kann, durch den bloßen Unterschied am specifischen Gewichte, ohne daß sie sich mechanisch mischen. AA ist ein gläsernes Gefäß von etwa 4 Zoll Durchmesser und 7 Zoll Höhe. Sein unterer angekütteter Boden ist von Metall, etwas concav und hat in seiner Mitte den Hahn C. Am obern Ende des Cylinders AA ist ein metallener Reif mit einem platten Ringe, auf welchem sich der metallene Deckel durch 6 Schrauben ii luftdicht anschrauben läßt. Dieser Deckel hat einen Hahn B. Beide Hähne B und C sind nach innen und nach aussen kegelförmig ausgeweitet, und mit Schraubengängen versehen, um an ihrer Stelle eingeschraubt zu werden und auch das Ende einer biegsamen Röhre EF zu empfangen. Oberhalb, seitwärts, geht eine Röhre nm, welche sich in ein kurzes doppeltschenklichtes Elatorometer endigt, dessen Scale zwischen beiden Schenkeln befestigt ist. Zwischen n und m ist ein Hahn

K, um die Verbindung zwischen dem Gefäße und dem Elaterometer nach Willkühr zuzulassen oder zu hemmen. D ist ein Flügel von dünnem Messingblech in 3 Flächen gebogen, den man mittelst des Hebels ef um seine Axe bc, welche durch die Lederbüchse d luftdicht geht, hin und her drehen kann, wenn es erfordert wird. In der innern Mündung der Hähne B und C steht eine dünne Platte a, a gegenüber, merklich größer als die Mündung des Hahns, durch drei kurze Füße am Boden befestigt. Die ganze Vorrichtung AA steht auf drei starken Füßen. In derselben soll die freiwillige Mischung der Gase vorgehen.

H ist ein anderes gläsernes Gefäß, mit einem gläsernen untern Boden und mit drei Öffnungen, G, L, p, an seinem obern Theile; eine Tubulatflasche, welche etwas mehr faßt als das Gefäß AA. In die mittlere Mündung L wird der mit einem Hahne K versehene Trichter I eingeschraubt, dessen Spitze bis nahe am Boden des Gefäßes reicht. An der Mündung G ist eine unterwärts gebogene metallene Röhre GF angekittet, an welche das Ende F der biegsamen Röhre EF angeschraubt werden kann. Bei p ist eine solche aber weniger gebogene Röhre po, an deren Ende o gleichfalls das Ende F der biegsamen Röhre EF geschraubt werden kann. Ein Schraubendeckel kann beide Mündungen alternativ verschließen. Dieser Theil des Apparats steht lose auf einem Dreifuß, welcher drei Federn rq, rq hat, welche ihn festhalten aber ihn leicht davon abnehmen lassen.

Die beiden Gefäße AA und H sind in gleiche Theile graduirt.

Endlich ist MNO eine metallene Röhre, die sich

oben in ein Behältniß M endigt und mittelst des Stöpsels s geöffnet und verschlossen werden kann. Das untere Ende u dieser Röhre kann an die Stelle der Röhre EF, mittelst der Schraubenmutter t, an den Hahn C geschraubt werden.

Gesetzt, man habe Sauerstoffgas und Wasserstoffgas im Volumverhältnisse von 1 : 2. Man füllt das Gefäß H zuerst mit Wasserstoffgas, mittelst seines Trichters I in der Wanne. Dazu verschließt man die Mündung F der Röhre FG mit dem Deckel, läßt die andere o offen und ausser dem Wasser. Dann, nachdem das Wasser aus dem Trichter abgelaufen und der Hahn K geschlossen ist stellt man das Gefäß auf seinen Dreifuß, die Mündung o nach dem Gefäß AA gekehrt, schraubt die Röhre FE an o und an B an. Die Hähne B und E werden nun geöffnet und es wird Wasser in den Teichter I gegossen. Sein Hahn K wird etwas geöffnet, so daß das Wasser sehr langsam ins Gefäß H fällt. Dadurch wird das Gas durch B langsam getrieben. Dieses Gas dringt durch die innerhalb trichterförmig gehöhlte Mündung des Hahns B, und liefert durch diese erweiterte Mündung einen sehr schwachen Strahl, der noch ausserdem durch die Platte a aufgefangen und wieder nach oben geleitet wird. Das Gas, das leichter ist als die atmosphärische Luft, nimmt also ungestört den obern Raum des Gefäßes AA ein und drückt die atmosphärische Luft durch C aus. Ist diese völlig ausgetrieben durch das allmählige Anrücken der immer horizontalen Gränze des Wasserstoffgases (die Scale am Gefäße H zeigt diesen Zeitpunkt an), so ist das Gefäß AA mit reinem Wasserstoffgas ganz gefüllt.

Nun muß das Sauerstoffgas dazu. Man schließt die Hähne B und C, trennt das Gefäß H von der Röhre G E und diese vom Hahne B und befestigt diese an C, wie die Figur zeigt; sie behält ihr Wasserstoffgas, da sie sehr enge ist und man das eine Ende mit dem Finger oder durch einen Stöpsel verschließt. Dann füllt man das Gefäß H mit etwas mehr Sauerstoffgas als man braucht, indem man nun die Mündung o verschließt und die Mündung F öffnet. Dann setzt man das Gefäß H mit A A durch die biegsame Röhre E F und die Röhre F G in Verbindung. Die beiden Hähne B und C werden geöffnet und das Sauerstoffgas, wie vorher das Wasserstoffgas, in A A getrieben; letzteres weicht durch B aus. Zeigt die Scale des Gefäßes H, daß die gehörige Menge Gas übergetrieben worden, so verschließt man die Hähne K, B, C, und schraubt E von C ab, so hat man nun die beiden Gase ohne mechanische Mischung mit horizontaler Gränzfläche über einander gesperrt. Man läßt sie nun Tage, Wochen lang über einander ganz ruhig, und kann an dem Aerometer bemerken, nach geschehenen Correctionen für die Variationen der Temperatur und des Barometerstandes, ob sich ihr Volum verändert hat. Will man diese Gase Theilweise prüfen, so legt man den mit Wasser vorher sorgfältig gefüllten Trichter M N O an den Hahn C an, und die Röhre E F mit einem Ende an den Hahn B, mit dem andern in einen pneumatischen Apparat, und treibt so das Gas zu verschiedenen Portionen in einzelne Gläser ein. Die Scale am Gefäße A A wird anzeigen in welcher Höhe jede abgenommene

Portion entstanden hat. Will man aber die Mischung mechanisch befördern, so dient der Flügel Dcef dazu. *)

§. 1188.

† Wenn man zwei Gase mittelst des eben beschriebenen Apparats über einander legt, so daß das leichtere oben zu liegen komme, als: Sauerstoffgas und Stickgas, Sauerstoffgas und Wasserstoffgas, Wasserstoffgas und Stickgas, Koh-

*) Der analoge Apparat für die tropfbaren Flüssigkeiten ist in Fig. XLVII. gezeichnet. Das Gefäß A hat in seinem Boden die gekrümmte Röhre BCD, welche sich in einem Trichter E mit einem Hahn endigt; alles von Glas. Ein Deckel ab, gleichfalls von Glas, mit einer Öffnung und einem eingeriebenen Stöpsel C, deckt die Flüssigkeiten und vermindert die Ausdünstung, ohne doch hermetisch zu schließen. e, e sind zwei kleine messingene Füße, welche die Röhre BC mittelst zwei Einfassungen d, d, welche jede durch zwei Schrauben geöffnet und verschlossen werden können, festhalten und dadurch das ganze Instrument. FF ist ein einfaches Brett auf 4 Schraubenfüßen, auf welchen die Füße e, e angeschraubt sind. Zuerst wird von der schwereren Flüssigkeit in den Trichter und die Röhre gegossen, so daß diese bis nahe an ihre Mündung B voll wird. Dann gießt man sachte die leichtere Flüssigkeit ins Gefäß, welche die andere noch nicht berühren wird, da bei B ein kleiner Antheil Luft ist. Ist die Flüssigkeit in A zur Ruhe gekommen, so öffnet man den Hahn sehr wenig. Man erfährt, ob die Flüssigkeit in E nachfließt, dadurch, daß die Luftblase in B aufsteigt. Durch Nachgießen in E füllt sich das Gefäß A allmählig. Interessant ist's zu beobachten, wie sich gerade über B ein kleiner Berg, von der untern Flüssigkeit, an der Gränze bildet, als Wirkung des Stoßes von unten herauf. Je höher die Gränze steigt, desto kleiner wird er; daher man allmählig den Hahn immer mehr öffnen kann.

lensäure und atmosphärische Luft, und läßt sie mehrere Tage, mehrere Wochen, mehrere Monate, ungestört über einander liegen, so mischen sich diese Gase freiwillig, je länger je mehr; welches man daran erkennt, daß man sie in verschiedenen Portionen, ohne mechanische Mischung des Ganzen, herausnimmt und prüft. So findet man z. B. schon nach einigen Tagen, wenn man Sauerstoffgas unter Wasserstoffgas gesetzt hatte, von jenem Gase in den obersten Schichten und von diesen in den untersten.

Sieht man auf das Elaterometer, so zeigt es, wenn man das Volum der Gase auf eine Temperatur und einen Barometerstand bringt, eine Condensation der Gase an, welche für jedes Paar von Gasen anders ausfällt.

Diese Phänomene zeigen, daß die genannten Gase allerdings Affinität zu einander äussern und zwar die der ersten Art, welche eine Änderung des specifischen Gewichts erzeugt. Hier haben wir also das Analogon der Mischungen der tropfbaren Flüssigkeiten durch die Affinität der ersten Art, nämlich die Wanderung der Stoffe und die Änderung des specifischen Gewichts. *)

*) Gegen die freiwillige Wanderung der Stoffe in diesen Versuchen könnte die Einwendung (die ich mir Anfangs that) gemacht werden, daß partielle Temperaturunterschiede, welche jederzeit, in jedem Gase, das lange in einem Gefäße steht, Statt finden (wodurch namentlich der zufällige Wasserdampf sich immer an der kältern Seite ansetzt), Stromungen hervorbringen können. Diese Temperaturunterschiede, welche nie $\frac{1}{10}$ eines reaumürschen Grades ausmachen, bewirken allerdings in den

§. 1189.

† Füllt man genau abgemessene Luftportionen in eine lange gut graduirte Röhre in der pneumatischen Wasserwanne, so zeigt sich ebenfalls eine beträchtliche Condensation, wie aus folgender Tabelle sichtbar ist.

	Maße		Maße	Condensationsverhältniß
Sauerstoffgas	2	Stickgas " "	6	0,01867
— — — —	6	— — — —	2	0,00892
Sauerstoffgas	2	Wasserstoffgas	4	0,02489
— — — —	4	— — — —	4	0,01944
Wasserstoffgas	4	Stickgas " "	4	0,01389
— — — —	2	— — — —	3	0,02301
Atmosph. Luft	4	Wasserstoffgas	4	0,00984

Diese Versuche zeigen, daß bei den gewöhnlichen Mischungen ähnliche Condensationen Statt finden als im obigen Affinitätsapparate; zwar sind die Resultate hier und dort nicht ganz die nämlichen. So erfolgte im Affinitätsapparate nach 44 Tagen die Condensation 0,028650 für 2 Maaße Sauerstoffgas und 4 Maaße Wasserstoffgas, da sie in der graduirten

einzelnen Gasen schwache Strömungen, aber nie von einem Gase zum andern. Denn von allen bekannten Gasen stehen atmosphärische Luft und Stickgas in Absicht auf Dichtigkeit am nächsten; wird die des ersten Gas = 1,00000 gesetzt, so ist die des letztern = 0,96913. Sollten diese Dichtigkeiten nur gleich werden, so müßte die atmosphärische Luft eine Temperaturerhöhung von 6½ R. erfahren, und also eine noch größere partielle, wenn Strömungen zwischen ihr und dem Stickgas Statt finden sollten.

Röhre nur 0,02489 war. Dieser und die andern Unterschiede sind der Einwirkung des Wassers zuzuschreiben, welches, bei dem Durchgange der Gase, bald von den in ihm enthaltenen Gase a etwas fahren läßt, bald von dem durchgehenden absorbirt; welches auch daraus erhellt, daß unter gleichen Verhältnissen der zu mischenden Gase zu einander, aber unter ungleichen absoluten Mengen, verschiedene Resultate entstehen.

§. 1190.

Diese Einwirkung der sich nicht zersetzenden Gase auf einander zeigt im Allgemeinen, daß, so oft wie Vereinigung oder Trennung von solchen Gasen Statt haben, Condensationen oder Dilatationen Statt finden, und dann auch, daß diese Volumveränderungen durch das sperrende Mittel noch modificirt werden, und daß also in allen solchen Mischungen und Trennungen eine wichtige Correction der erhaltenen Resultate erforderlich ist. Giebt z. B. die Luftzersetzung durch Phosphor 0,23 Sauerstoffgas an, so muß man annehmen, daß das Stickgas bei seiner Trennung vom Sauerstoffgas um $0{,}77 \cdot 0{,}01867 = 0{,}01439$ dilatirt, und daß folglich der wahre Sauerstoffgehalt $= 0{,}24439$ sey. Operirt man mit Wasserstoffgas, so muß die Correction dreifach seyn, nämlich für die Mischung des Wasserstoffgases mit der atmosphärischen Luft, für die Trennung des Sauerstoffgases aus der Mischung, und für die übrig bleibende Verbindung des Wasserstoffgases mit dem Stickgas.

c) Folgerungen aus den obigen Datis.

§. 1191.

Es ist die Frage: ob die Affinitätsverbindungen nach beständigen oder nach veränderlichen Verhältnissen Statt finden, welche Verhältnißmengen man auch in der Mengung der Stoffe beobachte? noch nicht entschieden worden. Vielmehr sind die jetzigen größten Naturforscher hierüber verschiedener Meinung. Der Beantwortung dieser Frage muß die einer andern Frage: wie die Verbindungen geschehen, ob sie Atom für Atom Statt finden oder in Massen, deren Verhältniß von der chemischen Masse abhängen, vorangehen. Die bisher gegebene Ansicht, welche sich auf die Phänomene der Wanderung der Stoffe gründet, entscheidet dafür, daß die Verbindung, Atom für Atom, in jeder Affinitätswirkung Statt findet.*) Es ist aber auch, §. 1048., gezeigt worden, daß man im Processe der Mischung die Affinität der zweiten Art von der der ersten unterscheiden müsse, welches zur Beantwortung der ersten Frage von der größten Wichtigkeit ist.

§. 1192.

Die Affinitätsverbindungen der tropfbaren Flüssigkeiten beweisen, daß die Stoffe sich in bestimmten und unbestimmten Verhältnissen mit einander mischen. Wir haben eben gesehen, daß dieses mit

*) Es ist auch Dalton's Meinung, die übrigens sehr wohl bestehen kann, ohne daß man seine übrigen unhaltbaren Ideen annehme.

den Gasen ebenfalls Statt findet. Beispiele von bestimmten Verhältnissen liefern alle reine Oxydationen und Acidationen, alle gesättigten Salze, alle Gasverbindungen, wobei förmliche Zersetzungen vorgehen, oder die welche voraussetzen. Alle diese Verbindungen sind das Werk der Affinität der zweiten Art. Beispiele von unbestimmten Verhältnissen liefern uns alle Verbindungen von Säuren, Alkalien, Salzen, Weingeist, mit Wasser, die Auflösungen von Harzen in Äther, Weingeist, Öhlen, die freien Verbindungen der Gase, die sich nicht zersetzen, wobei nur geringe Condensationen, zuweilen gar keine Statt finden. Diese Verbindungen sind das Werk der Affinität der ersten Art, ein neues Kennzeichen, wodurch sie sich von der Affinität der zweiten Art unterscheidet. Endlich haben wir Beispiele von bestimmten und unbestimmten Verhältnissen in den Metallauflösungen durch die Säuren, wo immer etwas überschüssige Säure ist, in allen nicht gesättigten Salzen und Gasverbindungen nach Affinität der zweiten Art. Im §. 125. ist gezeigt worden, wie diese Mischungen entstehen.

§. 1193.

Das Bertholletsche Gesetz der chemischen Masse gilt nur Trennungen zweier Stoffe durch einen dritten, nicht für Verbindungen von drei Stoffen; folglich ist es nur auf die Affinitätsphänomene der zweiten Art anwendbar, gerade auf diese Phänomene, wo das Mischungsverhältniß constant ist. Gerade da zeigt es, daß es nicht bloß auf die absolute Quan-

tität, sondern auch auf die Massen ankommt, ob die Trennung vor sich gehen soll. Daher entstehen meistens in einem Processe, dessen Stoffe nicht einfach sind, mehrere Trennungen und Verbindungen, besonders wenn die Affinität ruhig, ohne mechanische Bewegung wirkt.

§. 1194.

Die Frage: ob die Elementartheile der Stoffe, welche sich durch Affinität mit einander verbinden, sich einander nähern, mehr als sie unter sich genähert waren, ist eine unbeantwortbare, auch eine unnütze und unbestimmte Frage. Die Erfahrung sagt uns bloß, daß die Atome der Stoffe A und B zu einander von Schichte zu Schichte wandern, und dann ein neues Ganzes bilden, das durch das specifische Gewicht der einzelnen Bestandtheile sich nicht trennen läßt. Wie nahe oder wie weit diese Theilchen zu oder von einander sind, sagt uns keine Erfahrung, auch die Volumveränderung nicht. Denn man setze voraus, daß eine größere Annäherung der Atome a und b Statt finde oder nicht, so können dann die homogenen Atome a und a, b und b, nach der Vereinigung der heterogenen a und b, in größerer oder geringerer Nähe zu einander seyn, durch die Modification der imponderablen Stoffe, welche bei allen Affinitätswirkungen Statt findet. Die Resultate stimmen auch völlig mit dieser Ansicht überein. Zwar zeigt sich, namentlich bei den Gasen, meistens eine Volumverminderung, welche eine größere Annäherung überhaupt (aber nicht gerade von a zu b, eben so gut von a + b zu a + b) voraussetzt. Dagegen

liefert die Kohlensäure keine Volumänderung des Sauerstoffgases nach seiner Verbindung mit der Kohle; und wiederum vermindert sich das Volum in der Verbindung, welche gasförmiges Kohlenstoffoxyd bildet. Ferner, sieht man das Salpetergas als aus Sauerstoffgas und Stickgas zusammengesetzt an, so ist wieder keine Raumverminderung da, aber als Zusammensetzung aus Sauerstoffgas und oxydirtem Stickgas zeigt das Salpetergas eine Raumvermehrung, also eine Entfernung der Elementartheile an.

Sechster Abschnitt.

Phänomene der Electricität.

§. 1195.

In diesem Abschnitte treten wir wieder aus der Sphäre der ponderablen Substanzen heraus und in einen neuen Wirkungskreis von Imponderabilien, deren Spiel noch versteckter, geheimnißvoller ist, als das, welches wir bei den Wärme- und Lichtphänomenen wahrnehmen. Um die neuen Schwierigkeiten zu überwinden, werden wir also um so gewissenhafter unsern bisherigen Weg nicht verlassen, sondern ihn mit verdoppelter Aufmerksamkeit befolgen müssen, nämlich, vor Aufstellung irgend einer Theorie eine wohlgeordnete Masse zahlreicher Erfahrungen sammeln, und dann mit der größten Behutsamkeit die Resultate daraus ziehen.

Die Phänomene der Electricität entstehen auf zweierlei Art, entweder durch Reibung zweier Körper an einander, und dann ist das electrische Phänomen momentan, plötzlich; oder durch Einwirkung zweier

Körper auf einander ohne Reibung oder Bewegung derselben, und dann ist das Phänomen anhaltend, permanent. Wir theilen daher diesen Abschnitt in zwei Hauptkapitel, wozu noch ein drittes hinzukommen wird, welches die allgemeine Theorie der Electricität enthält.

Erstes Kapitel.

Electricitätsphänomene durch Reibung.

A. Erregung.

§. 1196.

Der electrische Zustand der Körper (denn wir können für's Erste die electrische Erscheinung nur als einen Zustand der ponderablen Körper ansehen) zeigt sich überhaupt dadurch, daß diese Körper a) andere kleinere an sich ziehen und wieder von sich stoßen, b) leuchtende Funken und Strahlen ausströmen, c) einen phosphorartigen Geruch von sich geben, d) auf unsern Körper durch ein Gefühl des Stechens und Erschütterns, zuweilen auch bloß durch eine Empfindung als von einem Spinnengewebe, wirken. Dieser Zustand der Körper ist sehr verschiedener Grade fähig. Die kleinsten geben sich nur durch Anziehungen und Abstoßen leichter Körper zu erkennen.

Versuche über diese verschiedenen Wahrnehmungen des electrischen Zustandes.

In den Vorlesungen wird von der allmähligen Entdeckung der Electricitätsphänomene das Wesentlichste angeführt.

§. 1197.

Die Erregung des electrischen Zustandes setzt zwei Bedingungen voraus: 1) die aneinander geriebenen Körper müssen heterogen seyn. 2) Beide müssen trocken seyn. Die erste beider Bedingungen ist absolut, da zwei durchaus und in jeder Rücksicht homogene Körper keine Electricität erzeugen. Allein ein kleiner Unterschied in der Oberfläche, ob sie glatter oder rauher ist, wärmer oder kälter, kann kleine Grade von Electricität gestatten. Die zweite Bedingung ist nicht so absolut, indem kleine Grade von Nässe noch merkliche Grade von Electricität zulassen. Auch ist es die Flüssigkeit nicht als solche, welche die Electricität nicht entstehen läßt, sondern nur die Flüssigkeiten, welche den geriebenen Körper naß machen.

Man reibe Glas in Queckſilber, und man erhält Electricität, aber in Waſſer gar nicht. *)

§. 1198.

Alle feste Körper sind fähig, den electrischen Zustand durch Reibung anzunehmen, aber in sehr verschiedenen Graden. Einige, wie die Metalle, zeigen kaum eine Spur davon, die nur durch künstliche Vorrichtungen sichtbar gemacht werden kann. Andere

*) Ich bediene mich dazu einer Scheibenmaschine von etwa 16″ Durchmesser, und einer langen und schmalen Queckſilberwanne, in welcher die Scheibe um etwa 3″ taucht. Der Conductor giebt Anfangs Funken von 8‴, welche aber immer abnehmen, bis sie endlich ganz aufhören. Sie erscheinen aber wieder, wenn man die Scheibe reinigt.

aber nehmen diesen Zustand leicht und in einem hohen Grade an; dahin gehören Bernstein und andere Harze, Glas, Schwefel, die Edelsteine, Haare, Seide, Wolle, Federn, trockenes Holz, Elfenbein, Papier, Eis von — 20° R. und darunter ꝛc. Diese Körper heißen idioelectrisch oder schlechtweg electrisch.

§. 1199.

Wenn ein Stück Metall mit einem electrisirten Körper in Berührung kommt oder auch nur in dessen Nähe, so nimmt er auch den electrischen Zustand an. Aber es muß sonst nicht mit dem Tische, dem menschlichen Körper oder mit der Erde unmittelbar in Verbindung seyn, sondern durch einen idioelectrischen Körper, als: Glas, Harz, Seide ꝛc., getragen werden. Diese Eigenschaft der Metalle zeigen viele andere Körper, als: Kohle, feuchtes Holz, Steine, die tropfbare Flüssigkeiten ꝛc., doch in einem niedern Grade als die Metalle. Aber eben so leicht diese Körper den electrischen Zustand annehmen, eben so leicht verlieren sie ihn auch durch die Berührung ähnlicher Körper, welche mit der Erde in Verbindung stehen. Man nennt sie daher Leiter der Electricität, in dem nämlichen Sinne sie auch Leiter der Wärme sind. Eigentlich sind alle bekannte Körper Leiter der Electricität; aber die idioelectrischen sind es in einem so geringen Grade, daß man sich ihrer bedient, um den electrischen Zustand der Leiter zu erhalten; in dieser Hinsicht heißen sie Isolatoren oder Nichtleiter.

Versuche über die Leiter und Nichtleiter.

Die stärksten Leiter sind:

Die Metalle in folgender Ordnung, Gold, Silber, Kupfer, Messing, Eisen, Zinn, Queckſilber, Blei, die sogenannten Halbmetalle. *)

Die oxydirten Metalle im geringsten Grade ihrer Oxydation.

Die vollkommen ausgebrannte Kohle.

Die Flamme des Holzes, des Talgs, des Weingeistes ꝛc. und auch der Rauch.

Alle tropfbare Flüssigkeiten (die Öhle ausgenommen), die Säuren und die Salzauflösungen am meisten.

Der Wasserdampf.

Die sehr verdünnte Luft.

Versuch über die Leitungsfähigkeit der sehr verdünnten Luft.

Die besten Isolatoren sind:

Die trockene Luft unter ihrer gewöhnlichen Dichtigkeit.

Die Harze, besonders die härtesten.

Die Seide.

Das Glas.

Der Schwefel.

Das gedörrte Holz.

Die Haare.

*) Ich schreibe dieses Cavallo nach, muß aber dabei gestehen, daß ich nach meinen sehr genauen Versuchen, mit sehr empfindlichen Electrometern und mit der Coulombschen Drehwage, durchaus keinen Unterschied in dem Leitungsvermogen für die Electricität zwischen Kupfer und Zink habe entdecken konnen. Wir werden aber einen andern Unterschied zwischen den Metallen, in Absicht auf Electricität, weiterhin kennen lernen.

Jedoch verliert sich ein Theil der Electricität, wenn sie in hohem Grade Statt findet, an der Oberfläche der Isolatoren.

Am vollkommensten aber isolirt die torricellische Leere, wenn das Queckſilber in der Röhre gut ausgekocht ist. Dieses beweiset der berühmte Versuch des Hermann Walsch in Gegenwart Franklin's, Smeaton's, Deluc's ꝛc. mit einem doppelten Barometer.

Die übrigen Körper können als Halbleiter angesehen werden; sie leiten die Electricität minder vollkommen als die eigentlichen Leiter, und werden auch durch Reibung electrisch.

§. 1200.

Diese Übersicht der Leiter und Nichtleiter liefert den Satz, daß die Leitungsfähigkeit für die Electricität bei den festen Körpern ziemlich im umgekehrten Verhältniß der idioelectrischen Eigenschaft ist. Übrigens isolirt kein Körper die Electricität vollkommen. Die Oberfläche des Glases, die des Harzes, sogar die atmosphärische Luft, leiten nach und nach die Electricität, so daß nach einiger Zeit der electrische Zustand ganz verschwindet; indessen diese Leitung in den Metallen momentan ist. Und diesem ist's vorzüglich zuzuschreiben, warum die Metalle meistens so wenig Spuren von Electricität durch Reibung zeigen, die Isolatoren aber so viel.

§. 1201.

Die bisherigen Phänomene schienen immer gleich zu seyn, ob man ein Stück Glas oder ein Stück Harz rieb. Jedes derselben zog alle Körperchen an, gab Funken ꝛc. Allein folgende Versuche zeigen eine we-

sentliche Verschiedenheit zwischen dem electrischen Zustande des Glases und dem des Harzes.

1) Man versetze zwei Stücke Glas in den electrischen Zustand und theile diesen Zustand zwei leichten Körperchen mit; dann nähere man diese Körperchen an einander, so werden sie sich von einander entfernen und behalten ihren electrischen Zustand.
2) Dasselbe geschehe mit Harz, so ist derselbe Erfolg.
3) Nähert man aber einen durch das Harz electrisirten leichten Körper einem durch das Glas electrisirten, so rücken sie schnell an einander, und, waren die Electricitätsgrade gleich, so ist der electrische Zustand in beiden verschwunden. Wo nicht, so sind beide noch im electrischen Zustande, der prädominirte.

Man sieht also hier Zurückstoß und Anziehung; folglich müssen wir auf zweierlei Electricitätszustände schließen. Der Satz, den diese Phänomene liefern, wird gewöhnlich so ausgedrückt: Gleichnamigte Electricitäten stoßen sich ab, ungleichnamigte ziehen einander an. Dufay hatte schon diese zwei electrische Zustände entdeckt und nannte sie Glas- und Harzelectricität. Lichtenberg aber nannte sie kürzer und passender + E und — E, weil sie sich in der That wie positive und negative Größen verhalten, und diese beiden E in vielen andern Körpern als Harz und Glas sich darstellen lassen. Ist der electrische Zustand im Versuche 3 verschwunden, so ist dann der electrische Zustand = o E.

Auf dieses Anziehen und Zurückstoßen gründen

sich mehrere interessante Spielwerke, als: das Glokkenspiel, die electrische Spinne, die tanzenden Papierpuppen, die electrische Schaukel ꝛc.

§. 1202.

Wenn zwei Körper an einander gerieben werden, so erhalten beide den electrischen Zustand; aber der eine ist positiv, der andere negativ; und die positive oder die negative Electricität ist nicht dieser oder jener Materie eigenthümlich, sondern eine und dieselbe Substanz erhält oft bald + E, bald — E, nachdem sie mit dieser oder jener Substanz gerieben wird.

Katzenhaar wird immer positiv, die andere Substanz negativ.

Glattes Glas gleichfalls, ausgenommen wenn es auf dem Fell einer lebendigen Katze gerieben wird.

Mattgeschliffenes Glas, positiv mit Wachstaffent, Schwefel, Metallen; negativ mit Wollenzeug, Federkiel, Holz, Papier, Siegellack, der Hand, weißem Wachse.

Hasenfell, positiv mit Metallen, Seide, Magnetstein, Leder, der Hand, Papier, gedörrtem Holz; negativ mit andern feinern Fellen.

Schwefel, positiv mit Metallen; negativ mit Harz, Wolle, Papier, Holz und der Hand.

Weiße Seide, positiv mit Metallen, schwarzem Tuche, schwarzer Seide; negativ mit Papier, der Hand, Haaren.

Schwarze Seide, positiv mit Siegellack; negativ mit behaarten Fellen, Metallen, der Hand, Magnetstein.

Siegellack, positiv mit Metallen; negativ mit

Haaren, Wolle, der Hand, Papier, Leinwand Baumwolle.

Gedörrtes Holz, positiv mit Seide; negativ mit Flanell.

Der Unterschied zwischen weißer und schwarzer Seide liegt weder an der Farbe als solche, noch an dem Färbestoffe, sondern an der ungefärbten Gallussäure.

Indeß finden viele Modificationen in diesen Phänomenen Statt, deren Ursachen in der Temperatur, in dem größern oder kleinern Drucke, in den verschiedenen Graden der Glätte der Oberflächen, und in der Größe der reibenden und geriebenen Oberfläche. So z. B. findet man, wenn man zwei Stücke eines und desselben Seidenzeuges auf einander reibt, daß das Stück, dessen geriebene Oberfläche die kleinere ist, negativ wird, das andere aber positiv. Dieser Unterschied der Größe, in Rücksicht auf die Reibung, macht den Unterschied zwischen geriebener Substanz und Reiber aus; dieser ist derjenige Körper, dessen reibende Oberfläche die kleinere ist. Diese einzelnen Phänomene auf ein einziges Gesetz zurückzuführen, glückte noch nicht. Das Wahrscheinlichere ist, daß der Körper, der sich während dem Reiben am meisten oxydirt, — E erhält. Aber die Rauhheit der Oberflächen verändert das Resultat sehr oft. Glatte Körper erhalten leichter + E, rauhe — E. Auch mag überhaupt ein gewisser Körper leichter den einen electrischen Zustand annehmen als den andern.

B. Übergang des electrischen Zustandes von einem Körper zu einem andern Körper.

§. 1203.

Dieser Übergang ist doppelter Art. Entweder ist's ein wahrer Übergang, eine wirkliche Mittheilung, wobei der electrisirte Körper von seiner Electricität verliert; oder es ist nur ein scheinbarer Übergang, wobei der electrisirte Körper nichts verliert. Jener heißt Mittheilung, dieser Vertheilung. Schon dieser Unterschied deutet auf etwas Materielles, welches den electrischen Phänomenen zum Grunde liegt, und so wird von nun an die Sache genommen, um nur die Phänomene bestimmt ausdrücken zu können. Indeß ist diese Annahme bis jetzt nur Hypothese, bis wir im Stande seyn werden, sie zum Rang einer physicalischen Wahrheit zu erheben.

a) Von der Mittheilung.

§. 1204.

Wenn der electrisirte und der nicht electrisirte Körper einander berühren, so geht diese Mittheilung ohne äussere Anzeigen ganz im Stillen fort; man bemerkt nur, daß ersterer von seiner Electricität verloren hat (im Verhältniß der Oberflächen, wenn beide Leiter sind). Beide ziehen die leichten Körper an und stoßen sie zurück, gleich stark, aber schwächer als ersterer allein.

§. 1205.

Berühren aber die beiden Körper einander nicht, ist eine Luftschichte zwischen beiden, so treten äussere Kennzeichen der Mittheilung ein, Geräusch und

Licht, und das Stechen, wenn man den Empfänger berührt. Hier sind die Phänomene äusserst mannichfaltig. Wir statuiren zuerst, daß beide Körper gute Leiter seyn, Metalle. Die Figur der Enden dieser Leiter hat auf die Phänomene vielen Einfluß. Sind sie zugespitzt, so strömt die Electricität allmählig, fast ohne Geräusch, und durch eine große Weite auf die Spitze. Sind sie kugelförmig, so stürzt sie sich, aber in einer weit kleinern Distanz, mit einemmale, mit Geräusch und Licht, auf den nicht electrisirten Leiter, in dem, in der ganzen Länge des Zwischenraums, ein leuchtender mehr oder weniger dicker (oft auch in 2 sten sich vertheilender) Strahl sich zeigt. Hält man die Hand an den vorher nicht electrisirten Leiter, so erhält man einen stechenden Schlag. Die Distanz zwischen beiden Kugeln nennt man die Schlagweite; für kleinere Kugeln ist sie größer als für größere.

Sind die Enden der Leiter flach und gut polirt, so erfolgt dasselbe als vorher, aber unter einer viel geringern Schlagweite, und der Schlag ist heftiger.

Stumpfe Spitzen wirken für kleine Grade von E, wie Kugeln für große Grade.

Versuche mit Spitzen, Kugeln und Platten.

§. 1206.

In Ansehung auf das Licht, das bei diesen Phänomenen Statt findet, zeigen sich folgende Phänomene in Beziehung auf die beiden Arten von E.

Die mit + E ausströmende Spitze giebt einen Strahlenbüschel. Die mit — E ausströmende giebt ein Sternchen.

Die + E empfangende Spitze hat ein Sternchen. Die — E empfangende hat einen Strahlenbüschel.

Diese Versuche fallen übrigens sehr verschieden aus, nachdem man scharfe oder stumpfe Spitzen braucht. Jene liefern durchaus nur feine leuchtende Puncte, die sich durch nichts von einander unterscheiden, als durch die Lebhaftigkeit des Lichts. Sehr stumpfe Spitzen liefern die mit + E ausstrahlenden sehr stark divergirenden (quastenförmigen) Büschel, die einsaugenden einen feinen energischen Strahlenpinsel. Zwei stumpfe Spitzen, einander gegenüber, geben zwei Büschel mit + E und — E. Zwei scharfe Spitzen nur Sternchen.

Diese Phänomene erscheinen besonders schön und auffallend im sogenannten leydener Vacuo und im leuchtenden Leiter, welche beide sehr verdünnte Luft enthalten.

Versuche über das Licht der Spitzen in gewöhnlicher und verdünnter Luft. *)

§. 1207.

Diese Phänomene zeigen offenbar eine Strömung. Aber die Richtung derselben ist in keinem Falle in den Gränzen der Beobachtung, theils weil es möglich und wahrscheinlich ist, daß zwei Strömungen in entgegengesetzten Richtungen Statt finden, theils weil die Electricität sich mit unmeßbarer Geschwindigkeit mittheilt, da ein Drath von mehreren tausend Fuß sie in einer nicht wahrnehmbaren Zeit fortpflanzt.

§. 1208.

Die Strömung der Electricität aus einer Spitze zeigt sich dem Gefühle; sie erregt, sowohl + E als

*) Dieser Versuch, mit dem des §. 1197., erklärt das Leuchten in der torricelliſchen Leere.

— E, einen kühlen Wind; sie setzt sogar feste und flüssige Körper in Bewegung.

1) Versuch mit Franklin's electrischem Rade. *) Es dreht sich sehr schnell und in derselben Richtung mit + E und — E.

2) Versuch mit Wasser in einem Trichter, dessen untere Öffnung so enge ist, daß das Wasser nur tropfenweise durchgeht. Electrisirt man den Trichter mit + E oder — E, so bildet sich eine fortlaufende Ader, welche sich bald in sehr viele noch feinere zertheilt. Dabei fließt in gleicher Zeit mehr Wasser als durch das Tröpfeln aus.

§. 1209.

Sind die Körper, welche man zu den obigen Versuchen über die Mittheilung anwendet, Nichtleiter, so sind auch die Phänomene nicht völlig dieselben. Ist der electrisirte ein Leiter, der andere nicht, so ist die Schlagweite bei weitem kleiner und der Funken wird nur bei höheren Graden der E merklich. Ist der electrisirte Körper ein Nichtleiter, der andere ein Leiter, so entzieht dieser, auch bei der Berührung, dem erstern nur wenig Electricität, ob gleich er selbst, so lange er ihn berührt, im electrischen Zustande ist. Bei der Trennung hat der Leiter kaum etwas Merkliches behalten, der Nichtleiter aber fast Alles; woraus folgt, daß die Nichtleiter die Electricität viel stärker behalten als die Leiter. Dieses alles erklärt sich aus

*) Ich verstehe eigentlich hier das Flugrad, das viel belehrender ist als das eigentliche Rad Franklins, der Bratenwender. Diese Bewegung geschieht auch in der verdünntesten Luft, wenn man nur der Glocke die E, welche sie nach und nach annimmt, entzieht. Die Wirkung ist die des Reactionsrades.

der Eigenschaft der Nichtleiter, die Verbreitung der E nicht zu begünstigen.

§. 1210.

Bei allen diesen Phänomenen der Mittheilung sieht man, daß die Electricität in meßbaren Entfernungen wirkt, und daß wirkliche Übergänge, Strahlungen, in die Luft, Statt finden. Wir müssen uns also bei jedem electrisirten Körper die Electricität nicht bloß in oder an demselben angehäuft uns denken, sondern um denselben herum bis auf gewisse Entfernungen verbreitet. Diese verbreitete Electricität ist die Atmosphäre des electrisirten Körpers, der Raum der Verbreitung sein Wirkungskreis. Die gemeinste Erfahrung zeigt, daß die Wirkung dieser Atmosphäre desto kleiner ist, je größer die Distanz des Punkts, auf welchen gewirkt werden soll. Da die Verbreitung der Electricität in dem Wirkungskreise durch Strahlung Statt findet, so muß hier das allgemeine Gesetz der Strahlung Statt finden, nämlich das der Wirkung im umgekehrten Verhältniß des Quadrats der Entfernung vom strahlenden Punkte. Coulomb hat diesen schönen Satz *) durch bestimmte Versuche mit seiner Drehwaage empirisch bewiesen, und dieser empirische Beweis bestätigt rückwärts die Vorstellungsart der Strahlung.

Versuche mit Coulombs Drehwaage.

*) Coulomb nahm hypothetisch diesen Satz an, wegen der Analogie der Anziehung durch Electricität mit der Gravitation, und geht dann von dieser Ähnlichkeit aus in seinen übrigen Untersuchungen über Electricität und Magnetismus. Da wir aber bei den Phänomenen der Gravitation keine materiellen Ausflüsse wahrnehmen, so mochte diese Analogie schwerlich haltbar seyn.

§. 1211.

Die Leitungsfähigkeit der leitenden Substanzen ist die Fähigkeit der Theile derselben, einander die E mitzutheilen. Denkt man sich also die Theile einer vollen Metallmasse, welche von wenigen Theilen an der Oberfläche eine der beiden E erhalten, so werden die einzelnen Electricitäten der einzelnen Theile einander abstoßen, und der Erfolg dieses Conflicts wird seyn, daß die gesammte Electricität sich nach der Oberfläche des Körpers concentriren wird. Ist der Körper sphärisch, so gilt hier von der Repulsion, was in der Gravitationslehre von der Attraction gilt, nämlich, daß jeder Punkt, innerhalb der Kugel, nach allen Seiten gleich stark zurückgestoßen wird. Dabei bleibt die allgemeine Repulsion, welche so wirkt, als käme sie vom Mittelpunkte. Folglich widersteht dieser Zurückstoßung vom Mittelpunkte aus nichts, da in dem angenommenen Punkte sonst ein relatives Gleichgewicht von Repulsionen Statt findet. Da indessen die Luft der Ausbreitung der Electricität sich widersetzt, so müssen nahe an der Oberfläche die Repulsionen zunehmen, und ein solcher Körper muß die Electricität an seiner Oberfläche, im höchsten Grade der Intensität, darstellen. Daher sagt man: die Electricität verbreitet sich an der Oberfläche der Leiter.

§. 1212.

Ist die Intensität der Electricität auf der Oberfläche der Leiter überhaupt durch die Repulsionen im Innern am größten, so muß sie bei einem nicht sphärischen, sondern länglichten Leiter an beiden Enden desselben größer seyn, als in irgend einem andern Punkte der Oberfläche. Dieses auf spitzige Leiter ausgedehnt,

erklärt die große Kraft der Spitzen, die Electricität abzuführen, da das äusserste Ende derselben sehr hohe Grade von E haben müssen, bei einem sonst sehr mäßigen mittleren Electricitätszustande.

b) Von der Vertheilung.

§. 1213.

Die Phänomene der Mittheilung der Electricität durch Spitzen lehren uns, daß wenn zwei Leiter von runder oder platter Figur, deren einer electrisirt ist, der andere nicht, auch in einer größern Distanz als die ihrer Schlagweite auf einander wirken, indem die electrische Atmosphäre sich weiter erstreckt. Bei dieser ungünstigen Figur zur Mittheilung wird die Entladung nicht Statt finden, weil die Luft für diese Figur nicht leitend genug ist. Über die Wirkung, welche unter diesen Umständen Statt findet, belehren uns folgende Versuche.

1) Es sey B, Fig. L., ein isolirter Leiter, der sich bey a und b in zwei Kugeln endigt; an b hängen zwei Korkkügelchen c an leinenen Fäden. Nähert man einen electrisirten Körper A, aber ausserhalb der Schlagweite, so divergiren die Kügelchen mit derselben E, welche A hat; in a ist o E. Wird A entfernt, so wird überall auf A wieder o E seyn.

2) Während A auf B wirkt, berühre man b mit der Hand, so ist überall auf B die Electricität = o, auch wenn man den Finger abgenommen.

3) Entfernt man nun den Körper A, so zeigt der Körper B überall die entgegengesetzte E der des

Leiters A. Aber A hat seine Electricität nicht verloren.

In diesem dritten Versuche haben wir also einen Körper B electrisirt, nicht durch Reibung desselben, sondern mittelst des Leiters A, ohne das dieser seine Electricität verloren hätte.

4) Es seyn A und B in denselben Verhältnissen, wie in 1), und man nähere einen zweiten isolirten Leiter C, weniger als bis zur Schlagweite, so wird dieser durch den Leiter B in denselben Zustand versetzt werden; so ein dritter D durch den zweiten C ꝛc., aber je weiter vom ersten mit desto geringerer Intensität, weil die Luft und die übrige Isolirungsmittel keine vollkommene Isolirung erzeugen. Wiederholt man die Versuche 2) und 3) mit diesen zweiten, dritten ꝛc. Leiter, so hat man denselben Erfolg.

§ 1214.

Diese räthselhaft scheinenden Phänomene erklären sich mittelst der drei folgenden Sätze.

In allen Körpern (unsern ganzen Erdball mit inbegriffen), welche keine electrische Wirkungen zeigen, befinden sich + E und — E im Gleichgewichte, und man nennt diese E das natürliche + E und — E. Dieses folgt daraus, daß alle Körper durch Reibung electrisch werden können (§. 1202.), also die E aus ihnen sich entwickeln läßt, und daraus, daß + E — E, in gleichem Grade auf einem Körper gehäuft, den nicht electrischen Zustand erzeugen.

Die + E und — E haben eine Anziehung zu allen Körpern. Dieser Satz bewei-

set sich dadurch, daß die Körper, die man durch Reibung oder Mittheilung electrisirt hat, ihre E nicht augenblicklich verlieren, dadurch, daß irgend ein anderer Körper da seyn muß, um sie ihnen zu entziehen (die Leere ist ein vollkommener Isolator), und dadurch, daß gewisse Körper (die Leiter) die E leichter durch Mittheilung annehmen als andere (die Isolatoren).

Zwischen + E und — E findet gleichfalls Attraction Statt. Dieses beweiset die wechselseitige Bindung.

§. 1215.

Im ersten Versuche (§. 1213.) müssen wir also im Leiter B die + E und — E im Gleichgewichte unter sich voraussetzen. Kommt nun die + E des Körpers A in die Nähe, so zieht sie das natürliche — E des Leiters nach a an, und würde in größerer Nähe sie ganz an sich ziehen und binden, wie es in der Schlagweite geschieht; auch bei dieser größern Entfernung, und folglich verminderten Wirkung der Atmosphäre, bindet das + E des Körpers A eben so viel natürliches — E des Körpers B, und das entgegengesetzte Ende b, das einen Theil seines natürlichen — E verlor, muß nun eben so viel von seinen natürlichen + E frei darstellen. Wird nun A weggezogen, so würde B die + E haben müssen, wenn beide in der Schlagweite einander gegenüber gewesen wären. In der größern Entfernung aber konnte die verminderte Intensität des + E aus A die Anziehung der natürlichen — E zum Körper B nicht überwinden. Bei der Trennung von A und B mußte also alles in den vorigen Zustand treten.

Wird nun, während A und B einander gegenüber stehen, B berührt, d. h. mit der Erde durch einen Leiter verbunden, so tritt aus der Erde (einem für unendlich geltenden Behältniß von + E und — E) so viel — E nach b, als dort + E frei war, und der Zustand von B ist o E. Entfernt man endlich A von B, so macht A und B, jedes seine Ansprüche auf die E geltend, die es vorher hatte, welche es anzieht, und so bleibt die + E auf A und die — E auf B. Die — E aber kann auf B nicht mehr gebunden werden, weil eben so viel dessen natürlicher + E durch das — E aus der Erde gebunden worden. Diese Erklärung rechtfertigt den Ausdruck: Electrisiren durch Vertheilung.

Die Phänomene der Vertheilung liefern beinahe unzählige Folgerungen in der Electricitätslehre. Folgende bieten sich zunächst dar.

§. 1216.

Da man Leitern nur schwer und in geringen Graden die Electricität der idioelectrischen Körper durch Berührung mittheilen kann, indem, bei der Entfernung der geriebenen Glas- oder Harzstange, diese beinahe ihre ganze Electricität zurücknimmt; so kann man die Vertheilung zu dieser Mittheilung vortheilhaft brauchen; aber man erhält die entgegengesetzte E. Gesetzt man wollte einem oder zwei Korkkügelchen + E geben; man hänge sie an einen Isolator, berühre die Kugel mit dem Finger und nähere eine geriebene Siegellackstange mehr oder weniger, nachdem die E stark oder schwach seyn soll, und während dieser Annäherung entferne man den Finger, dann die Harzstange; das Kügelchen wird + E haben, und man wird damit die Art von E eines andern Kügelchen prüfen können.

§. 1217.

Zwei heterogene Körper, beide isolirt, auf einander gerieben, erhalten der eine + E, der andere — E, aber diese E können nur zu sehr geringem kaum merklichem Grade steigen, weil sie so nahe an einander sind. Giebt man aber dem einen Körper eine gute Leitung nach der Erde, so fließt von daher so viel entgegengesetzte E, als zur Bindung der auf demselben entstehenden E nöthig ist, und die E des andern Körpers bleibt frei, und kann also beliebige Grade der Anhäufung erhalten.

§. 1218.

Gesetzt, der isolirte Leiter B habe irgend einen Grad von Electricität; er verliert ihn doch nach und nach durch die atmosphärische Luft. Wird ihm aber ein anderer Leiter C, der mit der Erde in leitender Verbindung steht, gegenüber gestellt, in etwas größerer Distanz als die Schlagweite, so sagt man, daß B im Zustand der Vertheilung sey, und B wird seine Electricität viel langsamer verlieren, besonders wenn beide Leiter eine platte Figur haben. So erhält sich die E, Tage, Wochen lang; denn die Electricität von B ist nicht frei, sondern durch die natürliche von C und der Erde gebunden. Eben diese Bindung, welche die E aus beiden Leitern gleichsam verschwinden läßt, macht es möglich, dem Leiter B höhere Grade von E zu geben. Denn die dahin zuströmende E verschwindet in Rücksicht auf ihr Ausströmungsvermögen, und es muß deren vielmehr zukommen, bis der Leiter B in dem Grade electrisch wird als der Körper, der ihm die Electricität giebt; folglich hat nun der Leiter B weit mehr E, als ihm nach

dem Grade des electrisirenden Körpers zukommt. Wird nun der Leiter C entfernt, so erscheint diese versteckte E in einem weit höhern Grade, und äussert sich durch einen weit stärkern Funken, der oft im Augenblick der Entfernung auf C stürzt.

So kann man also durch Vertheilung die E verstärken. Die Gegenwart der größern Menge der E im Leiter B, während er sich im Vertheilungszustande befindet, erkennt man auch daran, daß, wenn man ihn entladet (durch Annäherung des Fingers oder eines Metalls), die E nicht auf einmal überströmt, sondern, daß es sehr viele Entladungen liefert, deren folgende immer schwächer ist als die vorhergehende.

Versuche über diese Verstärkung der Electricität.

§. 1219.

Die Phänomene der Vertheilung allein erklären die Anziehung leichter Körper durch die electrisirten. Es sey B ein electrisirter Körper. In einiger Entfernung von ihm wird sich ein leichter Körper K zu ihm verhalten, wie der Körper C; hat B die + E, so wird die natürliche — E von K angezogen, und da diese mit einer gewissen Kraft diesem anhängt, so wird K der Anziehung zu B folgen, und zwar mit accelerirter Geschwindigkeit, bis er die Schlagweite erreicht, da er denn + E erhält und nun abgestoßen wird.

So geht es auch mit der Entladung durch Funken in der Schlagweite. Daher sind die Entladungen auf isolirte Leiter immer schwach, weil sie nur von der umgebenden Luft und den (immer unvollkommenen) Isolatoren die entgegengesetzte E, welche jene binden soll, erhalten. Bei jeder Entladung, sie sey

schwach oder stark, durch Platten oder Kugeln oder Spitzen, haben wir also immer Strömungen der beiden E gegeneinander und wechselseitige Bindung.

§. 1220.

Wenn ein Nichtleiter durch Mittheilung electrisirt wird, so theilt sich die E nicht, wie bei den Leitern, über die ganze Fläche, indem jeder Theil dieses Körpers den andern isolirt. Indeß breitet sich die Electricität doch bis zu meßbaren Distanzen aus; die nächste Schichte wirkt dann als Isolator, folglich, wie die Luft im Versuch 1, §. 1213.; die darauf folgende Schichten müssen sich also mit den electrisirten im Zustande der Vertheilung befinden, und es entsteht hier — E, wenn der electrisirte Körper + E hatte. Dieses freie — E wirkt nun vertheilend auf die folgenden Schichten, und erregt dort + E; dieses + E erregt gleichfalls weiterhin — E und so weiter.

Versuch mit einer langen Glasstange. Man findet abwechselnd + E und — E von Zone zu Zone der Stange.

§. 1221.

Eine höchst interessante Bestätigung dieser Wirkung, der mitgetheilten Electricität an isolirenden Körpern, liefern die sogenannten Lichtenbergschen Figuren.

Man berühre eine nicht electrisirte Harzfläche mit einem electrisirten Leiter an einem Punkte oder zeichne mit demselben irgend einen Zug (man setzt auch eine Glocke auf den Harzkuchen und theilt ihr etwas E mit), dann beutle man durch eine feine Leinwand feinen Harzstaub auf den Harzkuchen, so wird das Harz sich nach dem

oben beschriebenen Zug auf den Kuchen anlegen und die übrigen Stellen bloß lassen.

Hatte man mit + E den Zug beschrieben, so legt sich auf den Zug selbst und um denselben das Harzpulver in unzähligen dendritischen Strahlen an und bleibt fest daran kleben (Wochen und Monate lang), das übrige aber bläset sich leicht weg.

Hatte man mit — E den Zug beschrieben, so legt sich auf den Zug selbst kein Harz fest an, sondern rings herum in breiten Flächen, und in diesen Flächen befinden sich wieder leere Stellen, welche einzelne Züge mit Harzstaub bedeckt enthalten.

Jene Figuren heißen die positiven, diese die negativen. *)

Jedes harzige Pulver, welches durch Leinwand, Baumwollenzeug ꝛc. gebeutelt wird, wird electrisch, in der Regel negativ, durch die Reibung, die es im Durchgehen erfährt, und daraus erklärt sich dieses schöne Phänomen leicht. Das negative Pulver wird durch die positiven Stellen des Harzkuchens angezogen und haftet daselbst. Neben den positiven Stellen aber müssen, nach §. 1220., negative Stellen entstehen, welche das negative Pulver abtreiben, und so müssen diese Abwechselungen von + E und — E auf

*) Gemeiniglich werden die negativen Figuren nur als wolkenartige Flecken beschrieben. Aber diese sind sehr unvollkommen. Die wahren negativen Figuren sind, so wie ich sie hier beschrieben. Um sie herauszubringen, gehört ein gewisses Verhältniß von — E, wodurch viel + E durch Vertheilung erzeugt und concentrirt werde.

der Harzfläche sich genau durch das Haften des Pulvers bezeichnen. Am schönsten geschieht es in den negativen Figuren, welche die Intensität der E und die vielen Abwechselungen derselben in einander, in einem großen Wirkungskreise, anzeigen.

Wir sehen übrigens aus der Betrachtung beider Figuren, daß die + E sich ganz anders als — E auf der Harzfläche ausbreitet.

§ 1222.

Die Theorie dieser Figuren erklärt auch, warum starke und lange electrische Funken sich in der Luft in verschiedene Äste zertheilen, weil die Luft als schlechter Leiter ebenfalls eine Vertheilung der herausströmenden E bewirken, und also der nachfolgenden E verschiedene Wege bahnen muß, gerade wie auf dem Harzkuchen.

C. Von den vorzüglichsten Apparaten für die Reibungselectricität.

a) Von den Electrisirmaschinen.

§. 1223.

So lange man keine anderen electrischen Versuche als durch einfache Reibung einer Glas- oder Harzstange anstellen konnte, mußte die Lehre der Electricität nur langsame Fortschritte machen, weil sich dadurch nur geringe Äusserungen erzwingen ließen. Die Electrisirmaschinen, welche die Reibung auf weit größern Flächen und unter viel vortheilhaftern Umständen bewirken, mußten daher jene Fortschritte sehr befördern. Der Erfinder der Luftpumpe war der Erfinder der Electrisirmaschinen. Otto Guericke machte seine erste Maschine aus einer Schwefelkugel, die er

um eine Axe drehte, und an deren Äquator er die Hand hielt. Die übrigen Geräthschaften kamen nach und nach hinzu. Die wesentlichen Theile einer Electrisirmaschine sind der geriebene Körper, der Reiber, der Conductor.

§. 1224.

Der geriebene Körper muß eine gute idioelectrische Substanz seyn. Ist sie steif, so formt man sie als Kugel, Cylinder oder Scheibe, versieht diesen Körper mit einer Axe, und dreht diese entweder unmittelbar durch eine Kurbel oder durch eine Rolle und ein Rad, die man mittelst einer Schnur ohne Ende mit einander verbindet. Die letztere Vorrichtung bezweckt eine größere Schnelligkeit der Umdrehung, welche den doppelten Vortheil hat, in derselben Zeit mehr Reibung zu bewirken, und die erregte Electricität schneller von der Gegend des Reibers zu entfernen. Die Scheibenmaschinen, deren Erfindung dem D. Ingenhouß zugeschrieben wird, aber Planta, einem Deutschen, gehört, sind jetzt die üblichsten, und sind in einem sehr großen Maßstabe ausführbarer; sie werden bloß mit der Kurbel getrieben. Die Cylindermaschinen, wenn sie sehr gut centrirt sind (welches aber sehr selten möglich ist), sind in mittlerer Größe den Scheibenmaschinen vielleicht vorzuziehen. In der Regel hat man nur das Glas, als geriebene Substanz, beibehalten, weil man damit beide E sich leicht verschaffen kann. Bis jetzt ist die größte Maschine die des teylerschen Musäums in Harlem, welche aus zwei parallelen Scheiben, von 65 englischen Zollen im Durchmesser, besteht.

Biegsame Materien werden entweder in Form eines Cylinders auf zwei durch eine Axe verbundene hölzerne Scheiben gespannt, wie Lichtenbergs Maschine von glattem Wollenzeug oder als Tuch ohne Ende über zwei Cylinder gespannt, deren einer umgedreht wird, und mit ihm der andere und das Zeug, wie Walkiers de St. Amand Maschine von Seidenzeug. Sie sind wohlfeil, geben viel Electricität, aber ziehen leicht die Feuchtigkeit an; daher man sich oft der Kohlenpfanne dabei bedienen muß.

§. 1225.

Das Reibzeug oder der Reiber muß nach der Substanz des geriebenen Körpers verschieden seyn, und auch für eine und dieselbe geriebene Substanz ist noch eine Wahl unter den verschiedenen Substanzen, die man für den Reiber nehmen kann. Für Glas ist das beste ein von Kienmayer erfundenes Amalgama aus 2 Theilen Queckſilber, 1 Theil gereinigten Zink, und 1 Theil Zinn. Letztere Metalle werden zusammengeschmolzen, wozu dann, wenn sie schon zu erkalten anfangen, das Queckſilber gegossen und gut umgerühret wird. Es wird dann alles in einem gläsernen oder steinernen Mörser zu einem feinen Pulver gerieben; dabei wird das Amalgama nach und nach sehr dunkelgrau, d. h., es fängt an sich an der Luft zu oxydiren. Mit etwas Schweinsfett wird es auf das Reibekiſſen von Leder oder Taffent aufgetragen. Für Seide, Wolle und Harze sind langhaarige Felle von Katzen oder Hasen vorzüglich gut. Die Reiber müſſen nur einen sanften Druck auf die geriebenen Körper äussern, damit man diesen eine beträchtliche Geschwindigkeit geben könne. Daher versieht man sie

mit Schrauben, auch mit Federn. Die Reibezeuge liefern immer die entgegengesetzte E derjenigen, welche die geriebene Substanz giebt. Daher müssen sie durch eine sehr gute Leitung mit der Erde verbunden werden, um diese wo möglich zu oE zu machen; welches übrigens selten ganz gelingt. Um aber beide an einer und derselben Electrisirmaschine zu erzeugen, müssen die Reiber isolirt seyn, so, daß man sie nach Willkühr in und ausser Verbindung mit der Erde setzen könne. Geschieht ersteres, so hat man die Electricität des geriebenen Körpers auf dem Leiter, den man ihm entgegensetzt; geschieht letzteres, und dabei dieser Leiter (Conductor) mit der Erde verbunden, so erhält man die E des Reibers.

§. 1226.

Der Conductor ist derjenige Theil der Electrisirmaschine, welcher die erzeugte Electricität dem geriebenen Körper entzieht. Dieser muß sehr nahe an den Conductor vorbei sich drehen, um ihm seine E abzugeben. Die auf dem Conductor sich anhäufende E ist die disponible Electricität, der Zweck der ganzen Maschine. Ehemals versah man den Theil des Conductors, der zunächst an dem geriebenen Körper lag, mit sogenannten Saugspitzen. Aber v. Marum hat gezeigt, daß sie mehr schädlich sind als nützlich, weil sie die E noch leichter ausströmen lassen als empfangen, und also dem Conductor keine so starke Ladung gestatten. Die Conductoren werden am besten von Messingblech gemacht, in länglichter Form, den Gesetzen der Mittheilung gemäß. Je größer ihre Oberfläche ist, desto größer sind die Funken, die man aus ihnen ziehen kann. Jedoch sind gewisse, aber noch nicht be-

stimmte Gränzen dieser Vergrößerung, weil man nicht vergessen muß, daß die Luft immer einen beträchtlichen Theil ihrer E ihnen raubt. Daher überzieht man sie gerne mit einem nicht leitenden Firniß, und zieht dann die Funken aus metallenen Kugeln, die man auf dieselben steckt. Oft hat man auch einen zweiten Leiter, den man mit dem ersten Leiter in Berührung bringt. Die Conductoren müssen aufs beste isolirt seyn. Je länger die Glasstangen oder sonstigen Isolatoren sind, je besser, da die Vollkommenheit der Isolirung sich, wie die Quadratwurzeln der Längen, verhalten muß; d. h., wenn ein Isolator für n Grade isolirt, so muß er viermal länger seyn, wenn er für 2n Grade gleich gut isoliren soll.

§. 1227.

Die vollkommenste Einrichtung der Electrisirmaschinen ist diejenige, welche v. Marum gelehrt und ausgeführt hat, wobei die Scheibe mit ihrer Axe nur auf einer ziemlich weit entfernten Säule ruht, der Conductor, in Form eines Bogens, mit zwei Endcylindern, welche an der Scheibe sehr nahe stehen, die Electricität in eine große Kugel führt, die Reiber aber, durch einen ähnlichen Bogen, mit der eisernen Achse in Verbindung gesetzt sind, und die Achse mit der Erde. Beide Bogen können gedreht werden, so, daß bald der eine, bald der andere die Reiber berührt, wodurch man willkührlich beide E erhalten kann, und in gleichem Grade; bei den gewöhnlichen Electrisirmaschinen ist die — E immer schwächer, weil der Reiber gewöhnlich keinen Conductor hat.

b) Von der kleistischen Flasche.

§. 1228.

Es sey C eine Metallplatte auf einem isolirenden Fußgestelle, Fig. LI., A eine Glasplatte auf C liegend, B eine metallene Platte mit einem isolirenden Handgriffe, womit man sie auf A auflegen oder davon abnehmen kann. Beide Metallplatten haben eine Kugel, c, b, um durch sie die metallenen Platten bequem zu laden und zu entladen.

1) Giebt man z. B. + E auf C, und prüft man B, so findet man + E auf B. Entfernt man B, so zeigt sich darauf o E.

2) Berührt man B, während dem C die + E gegeben wird, so findet man beim Abheben von B viel — E darauf, und in C viel + E.

Diese Versuche sind den Vertheilungsversuchen §. 1213. ganz analog. Die Glasplatte A ist ein schlechter Leiter, aber kein vollkommener Isolator für mäßige Grade von E. Hier wirkt eine Glasdicke von etwa 1‴, ungefähr wie eine Luftschichte von 3 bis 4 Zoll. Folglich müssen wir hier nicht nur die obigen Vertheilungsphänomene haben, sondern auch alle ihre Folgen. Also müssen, nach Versuch 2), diese zwei Platten (§. 1218.), jede einen höhern Grad von E, die eine + E, die andere — E erhalten, wenn man die eine anhaltend electrisirt, und diese E wird sich viel länger erhalten, wenn B in steter Leitung mit der Erde bleibt, als jeder auf die einfache Art electrisirte Körper.

§. 1229.

1) Stellt man den Apparat wieder auf und electrisirt die eine der Metallplatten mit + E oder — E,

indem man die andere mit der Erde in leitende Verbindung setzt, und berührt man zugleich beide mit einem metallenen Leiter (Auslader), so entsteht ein sehr starker Funken, weit beträchtlicher als derjenige, den man aus dem zu gleichem Grade geladenen Conductor ziehen kann. Geschieht diese Entladung mit den Fingern, so erhält man eine äusserst heftige Erschütterung, welche das Nervensystem des ganzen Körpers sehr schmerzlich afficirt. Dieses ist der kleistische oder leydener Versuch.

2) Ladet man die eine metallene Platte mit + E, die andere mit — E, indeß beide isolirt bleiben, so erhält man bei der Entladung dieselben Wirkungen.

3) Ladet man die eine Platte A, unterdessen die andere mit der Erde in Verbindung steht, und nähert den Finger der Platte A, so strömt eine große Menge E ununterbrochen aus, nicht auf einmal, wie vom Conductor.

4) Ladet man aber nur eine Platte, indeß die andere isolirt bleibt, so erhält man nur den gewöhnlichen Funken, wie aus dem Conductor, und zwar um so viel schwächer, als die Platte kleiner ist als er.

Diese Wirkungen erklären sich aus der großen Menge von beiden Electricitäten, welche in jeder der beiden Platten concentrirt sind, und die bei der Verbindung der beiden Platten sich plötzlich vereinigen. Der dritte Versuch beweiset diese große Anhäufung. Der zweite Versuch zeigt, daß im erstern in der That die entgegengesetzte E in die andere Platte von der Erde

herüberkam, welches durch den vierten Versuch bestätigt wird, da die Wirkung fehlt, wenn die entgegengesetzte E weder directe gegeben war, noch indirecte aus der Erde hinzu kam.

§. 1230.

Anstatt der beweglichen massiven Platten B und C kann man jede Glastafel ganz einfach mit zwei Zinnfolien überkleben, die jedoch einen freien Glasrand, der Isolirung wegen, lassen müssen; und eine solche Vorrichtung, welche alle obige Phänomene liefert, heißt eine belegte Tafel. Bequemer als die Tafel sind gläserne Flaschen, große Becher, die man inwendig und auswendig belegt und von deren innern Belegung eine metallene Leitung herausgeht. Diese Vorrichtung ist die leydener Flasche, die kleistische Flasche, die Verstärkungsflasche. Eine solche Flasche liefert also die Wirkungen der Electricität in einem weit höhern Grade als die Conductoren der Electrisirmaschinen; ausserdem, da ihre äussere Belegung immer mit der Erde in Verbindung steht, wenn man sie nicht absichtlich isolirt, so enthalten solche Flaschen einen Vorrath an + E oder — E, der lange daselbst bleibt, und den man nach Willkühr braucht. Mehrere solcher Flaschen, deren innere Belegung unter sich, die äussere aber mit der Erde verbunden sind, machen die electrische Batterie, und liefern Wirkungen, die mit der Größe der ganzen belegten Fläche zunimmt.

Versuch der Ladung und Entladung einer Batterie.

Da die innere Belegung immer mehr E annimmt, so kann sie überladen werden, und sich selbst entladen,

nämlich, wenn der Raum zwischen der innern und äussern Belegung kleiner ist als die Schlagweite für diesen Grad von E,*) oder, wenn das Glas nicht mehr als Isolator wirken kann, in welchem letztern Falle die Flasche zerspringt.

In den Vorlesungen wird das Wesentlichste von der Erfindung der Verstärkungsflasche angeführet, woraus sich die Wichtigkeit dieser Vorrichtung für die ganze Lehre der Electricität zeigt.

c) Von dem Electrophor.

§. 1231.

Der Electrophor besteht aus drei Theilen; der Form, welche metallisch ist; dem Kuchen, welcher eine ebene Harzplatte ist; dem Deckel, der metallisch und mit einem isolirenden Griffe von Glas oder seidenen Schnüren versehen ist. In Fig. LII. stellt C die Form, A den Kuchen, E den Deckel vor. Mit dieser Vorrichtung lassen sich folgende Hauptversuche anstellen, wenn die Harzfläche gerieben worden.

Die Form wird mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt.

1) Berührt man E mit dem Finger, so erhält man mehrere kleine stechende Funken, wie wenn man den Knopf einer auf dem Tische stehenden leydener Flasche berührt, und nun ist der Zustand des Deckels oE.

2) Hebt man nun den Deckel isolirend ab, so giebt er einen beträchtlichen leuchtenden Funken von + E.

*) Wobei aber die Oberfläche des Glases, welche die Electricität leitet, eine beträchtliche Verlängerung der Schlagweite liefert.

3) Setzt man den abgenommenen Deckel, ohne ihm den Funken abgenommen zu haben, so ist er im Zustande o E.

4) Wird der Deckel überhaupt, ohne die vorhergehenden Operationen, oder nach dem Versuche 2), aufgesetzt, und dann eine leitende Verbindung zwischen Form und Deckel gemacht, so entsteht der verstärkte Funken; und nun ist o E im Deckel.

5) Hebt man nun, nach 4). den Deckel isolirend ab, so giebt er denselben + E Funken als in 2) ab.

Die Form wird isolirt.

† 6) Berührt man E mit dem Finger, so erhält man keine stechende Funken, und hebt man ihn nun ab, so zeigt er keine E.

7) Der Deckel mit o E wird aufgesetzt, und nun Form und Deckel mit einander in leitende Verbindung gesetzt; man erhält den stechenden erschütternden Funken, wie in 4); und nun zeigen Deckel und Form o E.

8) Wird nun der Deckel isolirend abgehoben, so hat der Deckel + E die Form — E, und bei der Entladung jedes einzelnen erhält man denselben leuchtenden Funken als in 2).

§. 1232.

Diese Versuche alle gehören offenbar zur Classe der Vertheilungsversuche. Hier wirkt die größere Anziehung der E durch die Harzfläche, anstatt der halben Isolirung durch die Luft, (in §. 1213.), und des Glases in der kleistischen Flasche. Die Hauptbedingung beiderseits ist, daß die Electricität nicht durch

Mittheilung in den leitenden Körper übergehe, und also nur durch Vertheilung wirke.

Dieses vorausgesetzt, so bindet die — E des Kuchens die natürliche + E des Deckels. Dessen — E wird also frei. Hebt man den Deckel ab, so bleibt die — E des Kuchens auf dem Kuchen zurück, und der Deckel muß also wieder o E haben. Berührt man aber den Deckel vor dem Abheben, so strömt aus der Erde + E hinzu, Nimmt man ihn nun isolirend ab, so bleibt wieder — E auf dem Kuchen, und die auf den Deckel geleitete + E zeigt sich frei, und entzieht man sie ihm nicht, so wird sie beym Auflegen wieder gebunden. So sind also 1) 2) 3) einfache Vertheilungsversuche. Der Versuch 4) ist der der kleistischen Flasche, wo die Form die äussere Belegung, der Deckel die innere, der Kuchen die Glaswand vorstellt. Durch diese Entladung ist der Deckel mit der Erde in Berührung gekommen und hat also + E erhalten; folglich muß er beim Abheben, im Versuch 5), diese + E zeigen.

§. 1233.

Die Versuche 6) 7) 8) erklären sich nicht so einfach, weil sie in der That zusammengesetzter sind. Sie stellen das auffallende Phänomen des kleistischen Versuches dar, ohne daß eine Berührung der Vorrichtung mit der Erde Statt habe; denn der Versuch 7) findet eben so gut Statt, wenn man die Entladung mit einem isolirten metallenen Bogen, als mit den Händen anstellt. Diese Versuche werden sich aber erklären, wenn man die Vertheilung der E in allen Theilen des Apparats genau betrachtet.

Es sey Fig. LIII. A der auf seiner obern Fläche geriebene Kuchen, der also — E erhält; C die Form, E der Deckel; und wir wollen die verschiedenen Electricitäten nach den Körpern, auf welchen sie sich befinden, ∓a, ∓c, ∓e nennen, und —a ist also die dem Kuchen gegebene —E. Diese — E zieht das natürliche +e an sich, und es häuft sich nach oben — e; sie wird aber auch durch +e gebunden, aber nur zum Theil. Denn ein Theil von — a wirkt vertheilend auf den Kuchen und erzeugt am untern Theile desselben +a. Dieses +a bindet in der Form — c, und häuft an der untern Seite derselben +c. So folgen also die E in abwechselnder Ordnung von oben nach unten.

§. 1234.

Wird nun zwischen Deckel und Form eine Leitung bewirkt, so verbindet sich — e mit +c, wie im Versuch 2), (§. 1229.), und man muß also den erschütternden Funken erhalten. Durch diesen Funken sind aus dem Deckel — e und aus der Form +c verschwunden. Folglich muß in jenem +e prädominiren, und in diesem — c, welche dann sich frei zeigen, sobald man den Deckel isolirend abhebt. Wird aber bloß der Deckel berührt, oder mit der Erde verbunden, so sollte allerdings +E aus der Erde zuströmen, um die — e zu binden; aber es geschieht nicht, weil die Form isolirt ist, und ebenfalls vertheilend wirkt. Denn es sey n(— E) die Quantität Electricität, welche auf dem Kuchen erregt worden ist, so wird $\frac{1}{2}$n(— E) zur Vertheilung im Deckel, und $\frac{1}{2}$(n — E) zur Vertheilung in der Form verwandt. Käme nun +E auf den Deckel, so würde dieses +E, welches

$\frac{1}{2}$n(+E) wäre, nun eben so viel — E des Kuchens binden müssen, wodurch also für die Wirkung auf die Form nichts mehr übrig blieb. Da aber die natürlichen E der Form eben so stark wirken müssen als die des Deckels und der Erde, so kann die Erde nichts von ihrem natürlichen E in diesem Falle abgeben. Folglich entsteht bei ihrer Verbindung mit dem Deckel kein Funken, und bei Abhebung des Deckels kann also auch kein freies E sich zeigen. *)

§. 1235.

Die obigen Operationen mit dem Electrophor können so oft wiederholt werden als man will, ohne daß der Kuchen von seiner Electricität verliere; denn alle ihm scheinbar entzogene Electricität kommt von der Erde; er aber behält die seinige, nach der Ver-

*) Es scheint zwar dieses der Fall nicht zu seyn, da im Versuche 6) der berührte und abgehobene Deckel einen Funken giebt; und man hat diesen Funken als eine den vorigen Wirkungen des Electrophors analoge Wirkung angesehen. Lichtenberg und die übrigen Physiker, als Gehler und Fischer in den Wörterbüchern, Mayer in seinen Anfangsgründen, sind dieser Meinung. Die Schwierigkeiten, welche diese Meinung in der Erklärung der Phänomene des Electrophors legten, wofür man nur etwas sehr Schwankendes sagen konnte, veranlaßten mich, die Versuche genau anzustellen. Mein größerer Electrophor, von 26 Zoll Durchmesser, giebt bei der gewöhnlichen Behandlung lebhafte Funken von 3 Zoll und mehr am Deckel. Im Versuche 6) erhielt ich kaum fühlbare Funken von etwa 2 Linien; und ich fand, daß diese E negativ ist, die der Form, nach abgehobenem Deckel, eben so schwach positiv. Diese — E des Deckels ist offenbar durch Mittheilung entstanden, weil weder Kuchen noch Deckel ganz frei von scharfen Ecken sind. Diese mitgetheilte E des Deckels band eben so viel als +E der Form; folglich müssen beide durch Abhebung des Deckels wieder erscheinen.

theilungstheorie, sehr lange; daher ihm Volta den Namen Elettroforo perpetuo gab.

Der Electrophor kann die Dienste einer mäßigen Electrisirmaschine vertreten, indem dessen Deckel, so oft als man will, mit + E geladen werden kann (man erspart sich die Berührung desselben mit der Hand dadurch, daß man einen Stanniolstreifen an der Form anklebt, und über den Kuchen bis zum Deckel gehen läßt), und damit Verstärkungsflaschen, positiv oder negativ, laden kann, nachdem man den Knopf oder die äussere Belegung wiederholt damit berührt. Umgekehrt kann man, mittelst der Flasche, die E des Electrophors beträchtlich vermehren, indem man sie mit dem Deckel ladet, dann auf den Kuchen aufsetzt und sie durch wiederholte Verbindungen des Knopfs mit der Form entladet. Die — E der äussern Belegung wird auf diese Art auf verschiedene Stellen des Kuchens verbreitet. So auch durch bloßes Anfassen des Knopfs und Herumführen der Flasche auf dem Kuchen.

§. 1236.

Auch ohne leydener Flasche kann man sich beide E zum beliebigen Gebrauche verschaffen. Dazu braucht man nur zwei Electrophore mit einem gemeinschaftlichen Deckel. Das eine, A, sey gerieben, das andere, B, aber nicht. Setzt man den Deckel auf A, so ladet er sich, durch die Berührung des Fingers oder der Form, mit + E, und kann durch seine Kante oder mittelst eines metallenen Ringes auf verschiedenen Stellen des Electrophors B, der dadurch + E bekommt, entladen werden. Legt man nun den Deckel auf B, so wird er, abgehoben, — E haben. Man

kann nun diese Operation öfters wiederholen und dadurch beide E auf jedem Electrophor sehr erhöhen. Lichtenberg, der Erfinder dieses Versuches, vereinigt beide Electrophore in einen einzigen von doppelter Länge, und nennt diese Vorrichtung einen doppelten Electrophor.

Endlich läßt sich die Wirkung eines Electrophors beträchtlich vermehren, wenn die reibende Person sich während dem Reiben isolirt, und zugleich sich mit der negativen Seite einer in Thätigkeit gesetzten Electrisirmaschine setzt.

Indeß, bei allen diesen Vorzügen des Electrophors, wird dieser Apparat doch seltener gebraucht als man vermuthen sollte, und seine Wichtigkeit besteht darin vorzüglich, daß er zu der Erfindung und Bestätigung der Gesetze der Vertheilung viel beigetragen hat. Die Electrophore lassen sich nicht bloß aus Harz verfertigen, sondern aus allen Substanzen, welche als schlechte Leiter bekannt sind, als: Schwefel, Glas ꝛc. So z. B. kann ein Spiegel, mit seiner Belegung, als Kuchen und Form dienen.

d) Von den Electrometern.

§. 1237.

Diese Vorrichtungen haben den Zweck, Grade in den electrischen Zuständen der Körper anzuzeigen. Ehe wir aber an die Beschreibung dieser Vorrichtungen gehen, müssen wir vorher genau bestimmen, was wir eigentlich damit wollen, und was solche Vorrichtungen uns sagen können. Gesetzt man hätte zwei isolirte Leiter, von ungleicher Größe, mit dem Con-

ductor einer Electrisirmaschine in Berührung gebracht, indeß die Maschine wirkt, und man trennt sie von einander und vom Conductor, so werden sie gleich stark electrisch seyn; aber sie enthalten nicht gleich viel Electricität, so wie zwei ungleiche aber homogene Massen, und von gleicher Temperatur, nicht gleich viel Wärme enthalten. Die Electricitätsgrade sind also eigentlich die electrische Temperatur, und so wie man mit einem 10mal größern Körper, von einer höhern Temperatur, 10mal mehr Eis schmelzen kann, als mit einem 10mal kleinern von gleicher Temperatur, so wird ein 10mal größerer electrisirter Körper auch 10mal mehr E haben als ein 10mal kleinerer, der gleich stark electrisirt worden. Dieses zeigt sich an den großen Conductoren und an den Batterien von Verstärkungsflaschen. Der Funken aus einem Leiter, in so fern man keine Notiz von der Größe des Leiters nimmt, kann also nicht als ein Maß für die Grade der Electricität eines Leiters angesehen werden, obgleich die Schlagweite bei stärkern Graden von E größer ist als bei kleinern. Denn der Funken entzieht den größten Theil der E, welche auf der Oberfläche des Leiters verbreitet war; und da der Funken das Product dieser Ladung ist, so muß er bei größern Leitern größer seyn. Dieses zeigt sich unwidersprechlich an den Conductoren, an den leydener Flaschen, und an den Electrophoren. Bestimmt man aber die Größe des Conductors, dann kann die Länge des Funkens als ein Maß (obgleich ein sehr unsicheres) für den Grad der E dieses Conductors angesehen werden. Daher kann man auch die sogenannten Ausladе-Electrometer zu den Electrometern zählen. Die

Grade aber der E, nämlich das Expansionsvermögen der Electricität, welches man auch die Spannung nennt, können sie nicht angeben.

§. 1238.

So wie die Wärmegrade durch die Ausdehnung der Körper, d. h., durch die Entfernung ihrer Elementartheile im Thermometer angegeben werden, so werden die Electricitätsgrade durch das Auseinandertreiben zweier leichter Körper gleichfalls angezeigt. Dazu müssen sie in Berührung mit dem electrisirten Körper gesetzt werden. Dabei aber theilt sich die Electricität zwischen dem electrisirten Körper und dem Electrometer, so wie bei der Wärme, und in beiden Fällen kann man die Grade für die wahren annehmen, nur in so fern das Meter als unendlich klein gegen den zu prüfenden Körper angesehen werden kann. Denn wenn der electrisirte Leiter 10 Quadratzoll enthält, und der Electrometer 2, so theilt sich die E über 12 Quadratzoll aus, und ihre Intensität oder Spannung ist nun nur $\frac{10}{12}$ derjenigen, die der Leiter vorher hatte.

§. 1239.

Der Auslade-Electrometer besteht aus einem drathförmigen, in zwei Kugeln sich endigenden Leiter, der auf einem isolirenden Gestell so befestigt wird, daß man ihn dem Conductor oder dem Knopfe einer kleistischen Flasche nach Belieben nähern kann. Um die Entfernung zu messen, rückt man ihn an den funkengebenden Körper bis zur Berührung an; dann zieht man, mit unveränderter Lage des Gestells, den Drath zurück. Eine auf dem Drathe angebrachte Abtheilung mißt die Distanz. Dann setzt

man das entgegengesetzte mit der Erde in Verbindung, ladet dann den Leiter oder die Flasche bis der Funken überschlägt. Der doppelte Auslade-Electrometer (allgemeiner Auslader) besteht aus zwei einfachen, welche eine ihrer beiden Kugeln einander gegenüber haben, und in beliebige Entfernung gestellt werden können, indeß die andere Kugel des einen mit dem Conductor der Electrisirmaschine oder mit der innern Belegung einer Verstärkungsflasche, der andere aber mit der Erde oder der äussern Belegung der Flasche verbunden wird. Dieser Auslader kann so eingerichtet seyn, daß man die einzelnen Leiter nicht bloß in gerader Linie, sondern auch in andern Richtungen, nach oben und unten, rechts und links, von einander entfernen kann. Auch hat er zwischen beiden Leitern einen, höher und niedriger zu stellenden, kleinen Tisch, dessen Blatt von Glas ist, auf welchen man die Körper, durch welche man den Funken durchlassen will, aufstellt. Der Erfinder des einfachen Ausladers ist Lane, der des doppelten Henly. Letzterer wird selten als Funkenmesser, desto öfter aber als Auslader für Verstärkungsflaschen und Batterien gebraucht.

§. 1240.

Der eigentliche Electrometer besteht aus zwei sehr leichten länglichten Körpern, welche an einen Leiter hängen, und durch die ihnen vermöge dieses Leiters mitgetheilte E divergiren. Die einfachesten und ältesten Electrometer bestehen aus einfachen Zwirnfäden (die man allenfalls mit Gummiwasser überzieht um sie glatt zu machen); Gray und Dufay erfanden sie. Canton hing kleine gutgedrechselte Korkkügelchen von der Größe einer Erbse, daran. Volta braucht seine

Strohhalme, welche in kleinen Ringen von Metall hängen. Bennet führte endlich zwei Goldplättchen ein, die neben einander hängen; sie sind die empfindlichsten.

§. 1241.

Henly führte zuerst Electrometer mit eingetheilten Graden ein. Sein Quadratenelectrometer besteht aus einer nichtleitenden kleinen hölzernen Säule, an welcher ein Halbkreis befestigt ist. Am Mittelpunkte dieser Säule hängt der Zeiger, unten mit einer Korkkugel versehen, welche in ihrem natürlichen Zustande den Fuß der Säule berührt, welcher aus einem metallenen um den Fuß der Säule anliegenden Ringe besteht, welcher Ring einen metallenen Stift hat, wodurch das Instrument auf einen Conductor aufgesetzt werden kann. Schon kleine Grade von E treiben diesen kleinen Pendel aus seiner verticalen Lage.

An den Electrometern mit Fäden, Strohhalmen, Goldblättchen ꝛc. kann man auch den Winkel der Divergenz messen, ohne ihrer Empfindlichkeit zu schaden, wenn man sie in vierkantige Flaschen einsperrt, und an der mit der Ebene der Divergenz parallelen Seite einen Gradbogen aufklebt, dessen Mittelpunkt dem Scheitel des Divergenzwinkels gegenüber fällt, und an den Seiten Stanniolblätter, welche das Glas mit dem leitenden Boden des Instruments in Leitung bringen. Übrigens hat man, theils nach Bedürfniß, theils nach Laune, die Gestalt der Electrometer sehr varirt.

§. 1242.

Es sey, Fig. LIV., ACB ein Voltascher oder Bennetscher Electrometer, so wird jeder Punkt c auf

CB vom dem gegenüber liegenden Punkte c auf CA abgestoßen, mithin die Repulsion in senkrechter Richtung auf CD Statt finden. Es sey Q das Gewicht des Theilchen in c durch die verticale cd ausgedrückt; so wird cb oder da, im Parallelogram der Kräfte, die Repulsion P vorstellen. Nennt man nun α den Elongationswinkel BCD, so hat man $P:Q=tg\alpha:r$ oder $P=Q.tg\alpha$, folglich die Repulsion im Verhältniß der Tangent der Elongationswinkel, wenn sich die Repulsionen verhielten, wie die Entfernungen; sie verhalten sich aber, §. 1210., wie die Quadrate der Entfernungen, also wie $tg\alpha^2$. Bei dem Henleyschen Quadrantenelectrometer, wo nur ein Pendel BC von dem festen Punkte D abgestoßen wird, und also die Repulsion in der Richtung DB Statt findet, ist $P=Q\left(\frac{\text{Sin. }\alpha}{\text{Sin. }90^\circ-\frac{\alpha}{2}}\right)^2$. Bei sehr kleinen Winkeln kann man in beiden Arten von Electrometern die Winkel für die Tangenten oder die Sinus nehmen.*) Diese Betrachtungen können zu einem absoluten Maße der electrischen Repulsion durch Vergleichung derselben mit dem Gewichte des Pendels führen, besonders mittelst des Henlyschen Electrometers, an welchen man diese Repulsion als bloß auf die Kugel des Pendels wirkend ansehen kann. De Luc hat daher ein Fundamentalelectrometer angegeben, an welchem die Kugel des Zeigers abgewech-

*) Übrigens gelten diese Regeln bei Goldblattelectrometern, welche Stanniolblätter an den Seiten haben, nur für kleine Divergenzen, da bei größern die Goldblättchen von den Stanniolblättern merklich angezogen werden.

selt werden kann, damit ihr Gewicht mit den Electricitäten, die das Instrument messen soll, in einem vortheilhaften Verhaltnisse stehe.

§. 1243.

Die bisher beschriebenen Electrometer gründen sich auf die Repulsion. Aber man kann auch die electrische Anziehung dazu brauchen. So hat Ritter, zur Vergleichung der Reibungselectricität mit der galvanischen, zwei Goldblättchen jedes an einen besondern isolirten Draht gehängt, und durch Electrisirung des einen Blättchen, durch seinen Draht, das andere Blättchen angezogen. Marechaux hat diese Idee in seinem Microelectrometer sehr vervollkommnet, indem er ein Goldblättchen isolirt, und ihm eine sich in eine kleine Kugel endigende Micrometerschraube nähert, und die allerkleinsten Distanzen, wie im Smeatonschen Pyrometer, mißt. Würde die allgemeine Brauchbarkeit dieses Instruments seiner ausserordentlichen Empfindlichkeit entsprechen, so würde es nichts zu wünschen übrig lassen.

e) Von den Condensatoren.

§. 1244.

Der Zweck des Condensators, dessen Erfinder Volta, ist solche kleine Grade von Electricität, welche der empfindlichste Electrometer nicht anzuzeigen im Stande ist, vergrößert darzustellen. Diese Vorrichtung, Fig. LV. a, besteht aus einem Electrometer C (gewöhnlich dem von Goldblättchen), einer polirten ebenen Platte von Metall AB, welche mit dem

Electrometer leitend verbunden ist, und aus einer zweiten gleichfalls glatten Metallplatte AE, mit einem isolirenden Handgriffe, welche man den Deckel nennt.

Der Gebrauch ist folgender: Man setzt den Deckel DE mit der Erde in Verbindung, und bringt ihn der Platte sehr nahe und parallel; während dem electrisirt man die Platte, und wenn der Grad von E sehr klein ist, so werden die Goldblättchen nicht divergiren. Entfernt man nun den electrisirten Körper von AB, und dann auch den Deckel, so divergiren die Goldblättchen augenblicklich, so daß, wenn sie ohne Condensator um etwa 1 Grad divergirt hätten, sie nun um 20 Grade und mehr divergiren, und zwar mit derselben E, welche auf die Platte gebracht worden. Oder man setzt die Platte mit der Erde in Verbindung und giebt dem nun isolirten Deckel DE die Electricität. Dann nimmt man die Verbindung von AB mit der Erde und dann auch den Deckel ab, so divergiren die Goldblättchen mit der entgegengesetzten E. In jenem Falle hat die Platte dieselbe E, die man ihr gegeben hatte, in diesem die entgegengesetzte, und der Deckel die entgegengesetzte der E der Platte.

Versuche mit dem Condensator.

§. 1245.

Dies sind wiederum Vertheilungsversuche. Die dünne Luftschichte zwischen Deckel und Platte dient als unvollkommener Isolator für diese schwachen Grade von E, wie in der kleistischen Flasche die eben so dicke Glasschichte für höhere Grade. Es ist theoretisch einzusehen, und die Versuche lehren es, daß

für sehr kleine Grade, welche das gewöhnliche Goldblattelectrometer nicht merklich afficiren, die Platten näher an einander gerückt werden müssen als für höhere Grade; für gewöhnlich läßt man die Luftschichte zwischen Deckel und Platte höchstens $\frac{1}{12}$ Zoll dick, für die kleinsten muthmaßlichen Grade von E läßt man sie nur $\frac{1}{40}$ bis $\frac{1}{30}$ Zoll seyn. Für jeden am bloßen Electrometer noch merklichen Grad von E wirkt übrigens der Deckel auf die Platte schon in einer Entfernung von 4 Zoll. Sind die Electricitätsgrade für die Entfernung der Platten zu groß, so schlägt ein Funken hinüber, und es bleibt nur so viel übrig in der Platte, als zur Vertheilung eben erforderlich ist.

§. 1246.

1) Man nehme eine Metallplatte, so groß als die Platte AB, und electrisire sie schwach, so daß, wenn sie mit AB in Berührung kommt, die Goldblättchen 10° divergiren. Dann zerstöre man in beiden die E, und lade wiederum diese Metallplatte eben so stark, setze den Deckel über die Platte des Condensators, und berühre AE mit der electrisirten Metallplatte, dann entferne man diese, alsdann den Deckel von AE, so werden die Goldblättchen höchstens um $13\frac{1}{2}°$ divergiren. Wäre die ganze E der Metallplatte in den Electrometer übergegangen, so hätten die Goldblättchen um 14,14° divergiren müssen, nach §. 1242.

2) Nimmt man aber eine leydener Flasche, welche so schwach geladen ist, daß sie das Electrometer nur um 1° divergiren läßt, und electrisirt da-

mit den Condensator, so wird man nach abgehobenem Deckel die Divergenz = 80 bis 90 Grad finden, das heißt, die größte mögliche am Instrument.

Aus diesen Versuchen, die sich sehr vervielfältigen lassen, müssen wir den Schluß ziehen: daß die Condensatoren die Electricität nicht vermehren, sondern nur die Electricität, welche auf einer größern Oberfläche verbreitet war, auf eine kleinere anhäufen, und dadurch zu einer größern Spannung oder Energie bringen. Die Electricität, welche auf einer unendlich großen Oberfläche (dafür kann schon eine geladene kleistische Flasche von 1 Quadratfuß Belegung gelten) verbreitet ist, wird also sich auf einem Condensator binden lassen, bis endlich die Platte vor Abhebung des Deckels die nämliche Spannung hat als die große Oberfläche, und diese Spannung wird jetzt geringer seyn als die vorhergehende; nimmt man aber den Deckel ab, so zeigt dann die Platte AB alle Electricität, welche gebunden worden ist, aber auf dieser kleinen Fläche concentrirt, folglich unter einer größern Spannung.

Von den Mitteln, Deckel und Platte in gehöriger Entfernung von einander zu stellen, so wie auch von der früheren Beschaffenheit der Condensatoren, wird das Vorzüglichste in den Vorlesungen angeführt und gezeigt.

§. 1247.

Hat man einen Proceß, der beständig Electricität erzeugt, auch wenn diese noch so wenig Spannung hat, so ist's dasselbe, als hätte man eine unendliche Oberfläche, welche zu diesem geringen Grade

electrisirt wäre; folglich muß die Condensatorplatte, deren Oberfläche unendlich ist, durch die Sammlung derselben diese E an den Goldblättchen merklich machen, wenn man nur den Deckel der Platte nahe genug gebracht hat, um die Vertheilung vollständig zu Stande zu bringen. Dazu wäre es aber zuweilen nöthig, diese Weite nur $\frac{1}{100}$ Zoll und noch viel geringer zu machen, welches seine große Schwierigkeiten hat. Denn man muß nicht glauben, daß bey jeder Entfernung der Platten, auch wenn man eine Vertheilung bemerkt, diese Vertheilung ihre Maximen erreiche, welches durch sehr einfache Versuche sich zeigen läßt; sondern es muß für jeden Grad von E nur eine Entfernung geben, die das Maximum liefert. Ist sie zu groß, so fällt die Vertheilung kleiner aus; ist sie zu klein, so geht ein Theil der E durch Mittheilung über und verliert sich in die Erde, besonders da man keine vollkommen ebene Platten hat.

§. 1248.

Das Bedürfniß, noch kleinere Grade von E merklich zu machen als diejenigen sind, welche der Condensator darstellt, hat die sinnreiche Idee erzeugt, die E, welche durch einen Condensator schon vervielfältigt worden, noch ein Mal, ja noch mehrere Male zu vervielfältigen. Eine solche Vorrichtung heißt ein Duplicator; dessen erster Erfinder ist Bennet, welcher nur 3 Platten dazu brauchte.

§. 1249.

Um die Wirkungsart des Duplicators recht genau zu übersehen, wollen wir uns neben dem Con-

densator, Fig. LV. a, noch den, Fig. LV. b, denken, dessen Deckel und Platte gleiche Größe haben als in jenem. Man gebe nun der Platte AB irgend eine sehr kleine Quantität E, so daß ihre Spannung bei aufgesetztem Deckel $= \alpha$ sey. Ferner sey n der Exponent der Vervielfältigung der Spannung durch jeden der Condensatoren; so wird, nach aufgehobenem Deckel DE, die Spannung in AB seyn $n\alpha$. War α eine positive Electricität, so hat AB nun $+n\alpha$; zugleich hat DE auch $-n\alpha$. Man bringe jetzt DE mit ab in Berührung, indeß de mit der Erde in Verbindung steht, so wird ab die Spannung $-\frac{n}{n+1}.\alpha$ erhalten und DE nur noch die Spannung $\frac{1}{n+1}.\alpha$ behalten, (welche aber vernichtet werden kann, da sie weiterhin nicht mehr nöthig ist, in dem DE nun auf AB aufgesetzt und mit der Erde verbunden wird). Hebt man nun de isolirend ab, so erhält es $+\frac{n}{n+1}.n\alpha$, das heißt etwas weniger als AB. Nun bringe man diese $\frac{n}{n+1}.n\alpha$ auf AB, indeß der Deckel DE darüber liegt; so wird (vorausgesetzt AB habe unterdessen durch die Luft nichts verloren) diese Platte AB nun $\alpha + \left(\frac{1}{n+1}\right)^2\alpha$ oder $+\left(1+\left(\frac{n}{n+1}\right)^2\right).\alpha$ haben, und nach aufgehobenem Deckel $+\left(1+\left(\frac{n}{n+1}\right)^2\right).n\alpha$. Dies ist die erste Verdoppelung. Der Deckel DE erhält dadurch $-\left(1+\left(\frac{n}{n+1}\right)^2\right).n\alpha$.

§. 1250.

Trägt man diesen $-\left(1+\left(\frac{n}{n+1}\right)^2\right).n\alpha$ auf ab über, indessen de darüber liegt, so bekommt ab davon eine Spannung $-\left(1+\left(\frac{n}{n+1}\right)^2\right)\frac{n}{n+1}.\alpha$. Da aber de schon $-\frac{n}{n+1}.\alpha$ hat, so hat de nun $-\left(2\frac{n}{n+1}+\left(\frac{n}{n+1}\right)^3\right)\alpha$; und hebt man den Deckel de ab, so erhält er $+\left(2\frac{n}{n+1}+\left(\frac{n}{n+1}\right)^3\right)n\alpha$.

Dies ist die zweite Verdoppelung. Wiederholt man die Operation, so erhält man zur dritten Verdoppelung auf AB nach abgehobenem Deckel $+\left(1+3\left(\frac{n}{n+1}\right)^2+\left(\frac{n}{n+1}\right)^4\right).n\alpha$. So läßt sich das Gesetz dieser Verdoppelungen übersehen und weiter fortführen, wobei die Quantität von E, welche von einem Condensator auf den andern übertragen wird, immer kleiner ist, als diese E selbst, und von den Potenzen von $\frac{n}{n+1}$ abhängt. Wäre dieses nicht und ginge während dem Abheben der Deckel keine E an der Luft verloren, so würde die E schon nach einer zehnfachen Operation mit jedem Condensator nahe zu 6000 Mal $n\alpha$ betragen. Nicholson und Read haben Vorrichtungen erfunden, wodurch man leicht und in kurzer Zeit die Operation 100 und mehrere Male wiederholen kann, woraus erhellet, daß man durch sie theoretisch dies gegebene E ohne Gränzen vermehren kann.

§. 1251.

Allein wenn diese Instrumente die gegebene Electricität α nach Willkühr vermehren können, so thun sie es auch in demselben Verhältniß mit jeder zufällig hinzukommende E, welche bey jeder Berührung und Trennung von festen Körpern durch die daselbst statt findende Reibung nothwendig entstehen muß. Man kann sich also auf die durch sie gelieferten Resultate gar nicht verlassen. Die Erfahrung hat aber auch gezeigt, daß solche Instrumente, die man völlig entladen und in vollkommener Leitung mit der Erde Wochen lang erhalten hat, sich dennoch oft bis zum Funkenschlagen laden, ohne daß man ihnen absichtlich einige E gegeben hätte, bloß durch die Manipulation derselben; welches das Vorurtheil anfangs erweckt hatte, als könne ein einmal electrisirter Körper nie völlig entladen werden.

§. 1252.

Zwischen dem einfachen Condensator und dem Duplicator steht der Collector in der Mitte: ein vortreffliches Werkzeug, das zwar keine so große Erhöhung als der Duplicator zuläßt, aber eine durchaus sichere Condensation liefert. Die Idee des Collectors besteht darin, daß man die E erst auf einen Condensator von beträchtlicher Oberfläche condensiren, und sie alsdann noch einmal auf einen zweiten Condensator von sehr geringer Oberfläche sammele. Die beste Einrichtung dazu hat unstreitig Cuthberson, unter dem Namen des doppelten Condensators, uns geschenkt. Es sey, Fig. LV, b, der große Condensator, Fig. LV., a, der kleine, und das Verhältniß der Flächen von ab: AB sey 1:m. Es sey fer-

ner wieder α die Spannung der E, welche erhöhet werden soll; durch den ersten Condensator wird sie $n\alpha$ werden. Trägt man diese $n\alpha$ auf AB über, so hat man auf AB vor abgehobenem Deckel $\frac{n}{n+1}.m\alpha$; und nach abgehobenem Deckel $\frac{n}{n+1}.mn\alpha$ *). Die

*) Ich habe für das hiesige physicalische Cabinet einen Cuthbertson'schen doppelten Condensator verfertigen lassen, wobei die großen Platten 8″, die kleinen $1\frac{1}{2}$″ Durchmesser haben, so daß, wenn man die unumgänglichen Nebenstücke dazu rechnet, m etwas über 24 ausmacht. Setzt man nun $n = 400$, so kann man annehmen, daß die ganze Condensation $= 24.400$, wenn man nur den großen Condensator anfangs ladet; ladet man aber beide zugleich anfangs, so kann die Condensation $= 25.400 = 10000$ geschätzt werden. Dabei habe ich den Apparat so eingerichtet, daß ich die Platten willkührlich von $\frac{1}{2}$″ bis $\frac{1}{150}$″ an einander rücken kann. Auch habe ich eine kleine Verdoppelung am Electrometer selbst dieses Instruments angebracht. Ein häufiger Gebrauch desselben hatte mich mit der höchst unangenehmen Erfahrung bekannt gemacht, daß die auch noch so sorgfältig geschnittenen Goldblättchen sich sehr oft an einander hängen, so, daß der Experimentator dann nicht weiß, ob er Electricität am Instrumente hat oder nicht. Aber auch in den Fällen, wo man weiß, daß E vorkommen muß, die man aber messen will, ists sehr verdrüßlich den Versuch zu wiederholen, und nachdem man die Blättchen aus einander gebracht hat, nicht sicher zu seyn, daß der Versuch glücken wird. Diesem Nachtheile auszuweichen, und doch den Vortheil der Goldblättchen (der leichtesten aller electrometrischen Substanzen) zu behalten, habe ich nur ein Goldblättchen beybehalten, und an die Stelle des andern eine steife messingene Stange genommen, welche gleich lang aber schmaler ist als das Goldblättchen, und durchaus wohl abgerundet, polirt und vergoldet ist. Sie ist eine verticale Fortsetzung des Stifts, an welchem man die Goldblättchen hängt. Man erhält dadurch nur den einfachen Elongationswinkel, und für die Vergleichung der Intensitäten zweier Electricitätsgrade muß die Formel

Ursache, warum Cuthbersons Vorrichtung die große Sicherheit liefert, besteht darin, daß alle dabei vorkommende Friction nur die mit der Erde stets verbundenen Deckel DE, de trifft, und also sich nie häufen kann.

§. 1253.

Um die wahre Erhöhung der Spannung, sowohl für diesen doppelten als auch für den einfachen Condensator, zu messen, fehlt es noch an hinlänglichen Versuchen, wodurch der Werth des Exponenten n für verschiedene Entfernungen zwischen Platte und Deckel bestimmt würde; und wahrscheinlich würden diese Werthe von n, nach dem Grade der Feuchtigkeit der Luft, noch eine Correction erhalten müssen.

D. Von den Wirkungen der Reibungselectricität.

§. 1254.

Jeder Übergang der Electricität aus einem Körper in den andern, durch die gewöhnliche oder verdünnte Luft, erzeugt Licht; die Electricität sey + E oder — E. Die Wiederholung dieses Lichtausflusses

$$P = Q\left(\frac{\sin.\ \alpha}{\cos.\ \frac{\alpha}{2}}\right)^2$$

des §. 1242. gebraucht werden. Daß man nicht den doppelten Elongationswinkel mit dieser Vorrichtung erhält, schadet der Genauigkeit nicht, da man den doppelten Winkel nur durch zwey Beobachtungen erhält. Der Vortheil, sicher zu seyn, das Goldblatt brauchen zu können, ohne zu fürchten, in seinen Versuchen durch das Anhängen desselben gestört zu werden, scheint mir sehr schätzbar.

am Ende vieler kleiner Körper, liefert die bekannten Belustigungen auf Glastafeln oder Cylinder, welche allerlei illuminirte Figuren darstellen.

§. 1255.

Die Electricität wirkt auf das Nervensystem der Thiere. Ein Thier kann durch sie plötzlich getödtet werden. Die Erschütterungen der kleistischen Flasche pflanzen sich durch eine Reihe vieler Personen fort. Diese Wirkung scheint sich nicht unmittelbar auf das Gefäßsystem zu erstrecken; wenigstens befördert, nach den genauen Versuchen van Marum's, die Electricität eines Conductors die Circulation des Bluts nicht. Auch ist die Wirkung der E auf die Pflanzen (wenn sie nur mäßig ist) sehr zweifelhaft. Starke Erschütterungen zerstören sie. Ihre medicinische Wirkungen in Nervenkrankheiten sind bekannt.

§. 1256.

Die Electricität erzeugt mechanische Bewegungen, überwindet große mechanische Widerstände. Ein Beispiel davon gab schon das Reactionsrad, §. 1208. Folgende sind noch weit größer.

1) Legt man zwei Stanniolstreifen zwischen zwei Hölzer, die auf einander glatt aufliegen, auch noch mit Gewichten beschwert sind, so daß die Stanniolstreifen 1 bis 2 Zoll zwischen den Hölzern von einander abstehen und die Entladung einer Batterie durchgehen läßt, so wird das obere Holz weggeschleudert. Darauf gründet sich der lehrreiche Versuch des Donnerhauses.

2) Wird eine an beiden Enden offene, aber mit Korken verschlossene, in welchen Dräthe durchge-

ſteckt ſind, gläſerne Röhre mit Waſſer gefüllt, und die Dräthe ſtehen in der Röhre um 1 oder 2 Zoll von einander, ſo zerplatzt die Röhre, wenn man die Entladung einer Batterie durchgehen läßt.

3) Zwei Glasplatten mit Stanniolblättchen, wie 2) eingerichtet, aber durch eine Preſſe zuſammengeſchraubt, zerſpringen in unzählige Stücke durch die Entladung der Batterie.

4) Ein Stück Holz wird der Länge nach angebohrt um zwei Dräthe zu faſſen, die man von den entgegengeſetzten Seiten hineinſteckt, ſo daß ſie um $\frac{1}{2}$ Zoll oder 1 Zoll innerhalb des Holzes von einander abſtehen. Die Entladung der Batterie ſpaltet mit Gewalt das Holz, ſo daß die Stücke noch weit abſpringen. Van Marum ſprengte mit der großen Batterie des Harlemer Muſäums einen Cylinder von Buxbaum, der im Durchmeſſer und in der Höhe 4 Zoll hatte. Durch andere Verſuche beſtimmte er die hiebei geäuſſerte Kraft auf 9840 Pfund.

5) Wenn man die Entladung einer Batterie durch einige Spielkarten treibt, ſo werden ſie durchgebohrt, und zwar ſo, als hätte man, von der mittleren Karte aus, die Karten beiderſeits mit einem ſpitzigen Inſtrumente nach auſſen durchgebohrt. Zuweilen geſchehen auch weitläuftige Riſſe.

§. 1257.

Läßt man die Entladung einer Batterie in freier Luft durch einen Metalldrath (der nicht zu dick und

zu lang dazu genommen werden muß), so schmilzt der Drath und fällt in geschmolzenen Kügelchen.

† Nimmt man den Drath etwas länger, so schmilzt nur seine Oberfläche, und man erhält einen dünnen Drath, der mit Kügelchen übersäet ist, wie eine Perlenschnur. Nimmt man ein noch etwas längeres Stück, so glühet der Drath nur, wenn es ein solcher ist, der vor dem Schmelzen glühen kann, und er hat seine Elasticität verloren und ist an der Oberfläche oxydirt. Van Marum schmolz 600 Zoll Eisendrath von Nr. 16.

Wird diese Operation in Stickgas oder Wasserstoffgas vorgenommen, so schmilzt kein so großer Theil Drath, aber das übrige wird in viele Stücke zerrissen. In allen Fällen aber zeigt sich eine beträchtliche Erwärmung am Drathe.

§. 1258.

Werden die Drathstücke von derselben Dicke als in 7) aber viel kürzer genommen, so entsteht in atmosphärischer Luft eine förmliche Entzündung derselben; sie verbinden sich mit dem Sauerstoffgas der Luft, und das Oxyd zerstreut sich in Rauch oder Flocken, die man auf einem nahe darunter liegenden Papiere gleichsam fixiren kann, wodurch Figuren von eigenthümlichen Zeichnungen und Farben für jede Art von Metall entstehen. In reinem Stickgas und Wasserstoffgas geht diese Entzündung nicht vor sich, aber im Sauerstoffgas und Salpeteraas, jedoch in jenem nicht besser, in diesem nicht schlechter, als in atmosphä-

rischer Luft. *) Auch wenn der Drath durch Wasser geht, entzündet er sich im Wasser, aber er muß nur etwa $\frac{1}{8}$ seiner sonstigen Länge haben, weil ein Theil der E sich durch das Wasser vereinigt; man sieht die Flamme in seiner ganzen Länge, das Oxyd schwebt dann wolkenartig im Wasser, und es entbinden sich viele Blasen von Wasserstoffgas. **)

§. 1259.

Ob die Metalloxyde durch die E reducirt werden, ist noch problematisch. Van Marum glaubt es, weil es ihm geglückt ist, mittelst seiner riesenmäßigen Batterie einige Atome reducirten Metalls von verschiedener Art darzustellen; aber er brauchte dazu Leiter von nasser Leinwand; und da aus §. 1258. schon erhellt, und noch mehr aus den folgenden, daß bei solchen Operationen sich Wasserstoffgas entbindet, so kann die beobachtete Reduction füglich dem Wasserstoffgas zugeschrieben werden. Mehr dafür sprechen die farbigten Streifen, welche eine Entladung auf einer Glasfläche erzeugt; diese Streifen sind unvollkommene Desoxydationen des Bleioxyds oder Braunsteinoxyds des Glases.

§. 1260.

Die meisten entzündlichen Körper, als: Weingeist, Semen Lycopodii, Schießpulver, Wasser-

*) So v. Marum. Aber sein Sauerstoffgas war in begränzter Quantität da, nämlich so viel, als seine Röhre, in welcher der Drath lag, faßte. Fehlte es nicht vielleicht an Oxygen?

**) Ein Beweis, daß die Metalloxydationen durch das Wasser selbst Wasserstoffgas liefern. S. die Metalloxydationen unter Wasser.

stoffgas, werden durch den electrischen Funken entzündet. Auf dieser Entzündung des Wasserstoffgases beruht die Construction der electrischen Lampe.

§. 1261.

† Ein länglichtes und dünnes Stück Kohle entzündet sich durch die Entladung der Batterie nicht, aber erhitzt sich merklich; am meisten, wenn man die Entladung allmählig entstehen läßt, indem man sie nicht durch eine Kugel, sondern durch eine Spitze Statt finden läßt.

§. 1262.

Sowohl den Strom aus dem Conductor einer kräftigen Electrisirmaschine, als auch die Entladung der kleistischen Flasche, zersetzt das Wasser, und stellt ihre beiden Stoffe in Gasgestalt dar, wenn man Gold- oder Platindräthe dazu nimmt. Wo die positive Electricität einströmt, entwickelt sich das Oxygen, bei der negativen aber das Hydrogen.

§. 1263.

Die Electricität, in Funken aus dem Conductor, lange durch Gase durchgeführt, modificirt die Gase. Wasserstoffgas, Stickstoffgas und Kohlensäure, werden etwas dilatirt. Aber nachher nehmen sie ihr voriges Volum ein. Die atmosphärische Luft und das Salpetergas liefern Salpetersäure, welche das sperrende Queckſilber oxydirt oder von einer Kaliauflösung verschluckt wird. Dieses wird immer von einer beträchtlichen Volumverminderung begleitet. Eine Mischung aus Wasserstoffgas und Sauerstoffgas entzündet sich, und bildet Wasserammonium, wird unter Dilatation in seine Bestandtheile zersetzt. Sauer-

stoffgas wird condensirt, wahrscheinlich von der sperrenden Flüssigkeit verschluckt.

Werden diese Gase (die Mischung aus Wasserstoff- und Sauerstoffgas ausgenommen) der Einwirkung einzelner Funken aus einem kräftigen Conductor oder einer kleistischen Flasche ausgesetzt, so dehnen sie sich um etwas aus, aber nur einen Augenblick; dann nehmen sie sogleich ihr voriges Volum ein; atmosphärische Luft und Salpetergas ein etwas kleineres, wegen der Bildung eines kleinen Theils von Salpetersäure.

E. Theorie der Electricität, so weit sie aus den bisherigen Datis sich ergiebt.

§. 1264.

Wir haben im vorigen Artikel gesehen, daß die Electricität die mächtigsten mechanischen und chemischen Wirkungen äussert, Körper schleudert, zerbricht, zerreißt, mit Kräften, die mehreren tausend Pfunden gleich sind; daß sie Metalle schmilzt und oxydirt, Gase chemisch verbindet und trennt, Körper entzündet, und auf die animalische Organisation wohlthätig und fürchterlich wirkt. Solche Wirkungen lassen sich durch kein metaphysisches Wort erklären, sondern müssen einer materiellen Ursache zugeschrieben werden, gleichviel ob sie sich unsern Wagen entzieht oder nicht, das erstere ist der Fall; denn nach den Versuchen des Professors Schmidt, mit seiner höchst empfindlichen Wage, zeigt sich kein Gewichtsunterschied zwischen der geladenen und der nicht geladenen Flasche. Aber was von dem Wärmestoff und dem Lichtstoffe in dieser Hinsicht gesagt wurde, gilt hier

vollkommen. Wir müssen also eine Materie anerkennen, welche die Wirkungen, die wir electrische nennen, verursacht. Aber die electrischen Phänomene bilden zwei gleichlaufende Reihen von Erscheinungen, die wir mit +E und —E bisher bezeichnet haben, und in der That im Verhältniß von positiven und negativen Größen zu einander stehen. Es fragt sich also, ob hier eine Materie das räthselhafte Spiel treibt, oder ob ihrer zwei sind, deren jede ihre eigenthümliche Wirkungen hat?

§. 1265.

Schon die frühesten Electriker schwebten zwischen den beiden möglichen Antworten auf diese Frage, und dachten sich schon Atmosphären um die festen Körper herum, aus welchen sie die Phänomene zu erklären suchten. So nahm Dufay zwei Materien an, Nollet aber nur eine, und erzwangen einige Erklärungen, jener aus carteſianischen Wirbeln, dieser aus der Ein- und Ausströmung. Franklin erklärte sich für eine einzige Materie, welcher er Repulsion gegen sich selbst, und Anziehung gegen andere Körper beilegte; er statuirte die Allgegenwart dieser Materie in allen Körpern, wo sie sich in ein gewisses Gleichgewicht setzt, welches den nichtelectrisirten Zustand constituirt. Wird nun auf irgend einen Körper mehr von dieser Materie gehäuft, oder seine natürliche Quantität vermindert, so ist dieser Körper electrisirt, im ersten Falle mit +E im letzten Falle mit — E. Mit dieser sehr einfachen Hypothese erklärt Franklin das Anziehen und Zurückstoßen (jedoch mit Hülfe der Luft), die Wirkungskreise, und besonders den kleistischen Versuch mit Ungezwungenheit. Aber diese Hypothese

scheitert an der Erklärung des Versuches mit dem electrischen Reactionsrade und mit dem Durchbohren der Kanten, vorzüglich an dem wichtigen Versuche der Wasserzersetzung, wo die +E den Sauerstoff, —E den Wasserstoff entwickelt.

§. 1266.

Diese wichtigen Mängel der Franklinischen Hypothese, welche sich nur durch die Annahme zweier electrischer Materien heben lassen, zwingen also, der Hypothese des Robert Symmer von zwei Materien beizupflichten. Der ganze bisherige Vortrag der electrischen Phänomene erhebt sie zur Würde einer Theorie, und es ist nichts weiter hinzuzufügen, als daß man sich diese beiden Materien, als chemisch verwandte Stoffe, denke, da sie sich einander wechselseitig binden, und daß, wo sie sich nicht binden, sie aus den Körpern strahlen, jedoch nur vermöge ihrer Affinität zu den andern (ponderablen) Substanzen, da diese Strahlung im leeren Raume aufhört. Die Electricitätsphänomene sind also nichts als das Spiel der Affinität zweier imponderablen Stoffe, welche unter einander, und mit allen ponderablen Stoffen, mehr oder weniger verwandt sind. Diese letztere Behauptung wurde schon (§. 1214.) dadurch gerechtfertigt, daß idioelectrische Körper fast nichts von ihrer E an die Leiter durch Mittheilung abgeben, und wird in einem höhern Grade noch durch folgenden Versuch bestätigt.

† Man nehme zwei Metallplatten, jede mit einem isolirenden Handgriffe, beide gleich groß und gleich geschliffen, aber die eine von Kupfer, die andere von Zink, und stelle jede auf ein besonderes isolirendes Gestelle. Nun lege man an sie

einen gemeinschaftlichen Leiter, in Gestalt eines >, der mit seiner Spitze auf einem dritten Isolator ruhe, und berühre diese Spitze mit dem Knopfe einer sehr schwach geladenen kleistischen Flasche. Dann nehme man jede der Platten am isolirenden Handgriffe, und berühre damit ein Goldblattelectrometer, so wird dieses jederzeit weit mehr Divergenz zeigen durch die kupferne Platte, als durch die von Zink *)

Es folgt daraus, daß verschiedene Körper, auch solche, welche zu den besten Leitern gehören, verschiedene Capacitäten für die Electricität für sich haben, gerade wie wir es für die Wärme gefunden haben; daß mithin, wenn auch ein electrisches Gleichgewicht Statt findet, zwischen heterogenen Körpern, es mag ihr Zustand +E, oE oder —E seyn, sie verschiedene Quantitäten E enthalten. In allen Leitern wird diese Capacität durch Vertheilung erhöht, aber nur für die eine E auf Kosten der andern.

§. 1267.

Zum Beschluß dieser Lehre, der Reibungselectricität, muß noch ein electrisches Phänomen erwähnt

*) Aus 34 Versuchen ergaben sich, als Mittelzahlen der Divergenzen, am Electrometer 59° für das Kupfer, 14° für das Zink. Eine wichtige Folge aus diesen Versuchen ist, daß wenn man die leydener Flaschen mit Kupfer belegte, sie eine weit größere Menge von Electricität aufnehmen würden, da Zinn und Zink in dieser Hinsicht nicht weit von einander sind. Wiederholt man den Versuch, so daß man jede Platte unmittelbar an die Flasche und dann an den Electrometer bringt, so ist die Mittelzahl der Divergenz 20°½ für das Kupfer, 9½ für das Zink. Ein Resultat, welches sich dem obigen nähert, wenn man die Note zu §. 1242. erwägt.

werden, welches noch durchaus räthselhaft ist, und weder zu dem vorigen Capitel, noch zu dem folgenden zu gehören scheint. Es ist nämlich eine Electricitätserregung durch bloße Temperaturänderung, ohne irgend eine Reibung oder sonstige mechanische Einwirkung.

§. 1268.

Der Turmalin, ein Schörl, der ausser der Thonerde noch Kieselerde und etwas Kalkerde und Eisenoxyd enthält, crystallisirt in 9seitigen Säulen mit zwei Endspitzen von ungleicher Anzahl von Flächen. Die eine Spitze hat z. B. 3 Flächen, die andere aber hat ihrer 6. Jene wollen wir A nennen, diese B. In gewöhnlicher Temperatur zeigt er kein E, gerieben zeigt er stark +E.

1) Erhöhet man seine Temperatur um 20° bis 60°, so zeigt er Electricität, an einem Ende A, +E, an dem andern —E.
2) Die Intensität dieser E nimmt gegen die Mitte ab, wo sie oE wird.
3) Es giebt für jeden Turmalin einen Grad der Erwärmung, wo er das Maximum von E zeigt. Durch stärkere Erhitzung nimmt ihre Intensität ab, und wird endlich = o. Vermehrt man die Erhitzung, so zeigen sich wieder die E, aber entgegengesetzt als vorher.
4) Durch Erkältung des Turmalins erhält man wieder die E, aber entgegengesetzt vertheilt als durch Erwärmung.
5) Wird der Turmalin auf einem isolirten Körper erwärmt oder erkältet, so erhält dieser Körper die entgegengesetzten E.

6) Berührt man den Turmalin mit der Hand an einem seiner Enden, während der Erwärmung oder Erkältung, so erhalten seine Enden die umgekehrten E, die sie sonst ohne Berührung erhalten haben würden.
7) Geschieht die Erwärmung des Turmalins im Dunkeln, so bemerkt man ein lebhaftes Licht an demselben.
8) Wird ein Turmalin zerbrochen, so zeigt jedes Stück die obigen Eigenschaften.

§. 1268.

Nicht bloß der Turmalin zeigt diese Eigenschaften, sondern auch mehrere andere Crystalle; der Topas und der Smaragd aus Brasilien, und andere Edelsteine aus Südamerica, haben sie auch. Am auffallendsten aber ist diese Eigenschaft am Boracit (boraxsaure Bittererde), einem an allen Kanten abgestumpften Würfel, dessen Ecken ausserdem noch Facetten haben. Er zeigt die E an den 8 Ecken, so daß die entgegengesetzten E sich auch an den entgegengesetzten Ecken befinden und also 4 Axen oder 4 Turmaline an einem solchen Würfel sind.

§. 1269.

Alle diese Phänomene sind Vertheilungsphänomene, und wenn man einst an ihre Erklärung sich wird wagen können, wird man von dem Princip ausgehen müssen, daß Crystalle Aggregate von Körpern sind, welche durch heterogene Substanzen in Rücksicht auf Zusammenhang verbunden, in Rücksicht auf Electricität (wie auch in Rücksicht auf Durchgang von Wärme und Licht) von einander getrennt sind.

Diese Phänomene sind für die Electricitätslehre völlig das Analogon der Phänomene des Doppelspaths für die Lehre des Lichts.

Zweites Kapitel.

Von der galvanischen Electricität.

§. 1270.

So weit war man in der Lehre der Electricität (als Theil der theoretischen Physik) gekommen, als etwa das vorhergehende Kapitel anzeigt; und es entstand eine Art Stillstand in diesem Theil der Naturwissenschaft, der sich auf die übrigen Theile mehr oder weniger ausdehnte. Man war es gleichsam müde, die vorhandenen Data zu wiederholen, von neuem zu bearbeiten, auch sogar Hypothesen darauf zu bauen. Es schien, als stände eine Scheidewand da, welche die weitern Fortschritte hemmte; kein Wunder also, wenn das Streben nach einer erweiterten Laufbahn endlich viele deutsche Naturforscher bewog, die dynamische Lehre, welche Kant aus der reinen Philosophie in die Naturlehre übertragen hatte, mit Wärme zu ergreifen. Der Geist schien hier die Fesseln abzulegen, welche die allzu langsame Empirie ihm anlegte, und wähnte einen neuen, raschen, hohen Flug zu thun. Er irrte aber, und ergriff statt Thatsachen mystische Worte, statt der Geschichte der Natur einen selbst verfertigten Roman. Im Jahre 1791, als dieser neue geistige Schwung schon begonnen hatte, erschienen die neuen electrischen

Phänomene, welche von ihrem Urheber, Galvani, den Namen erhalten haben. Sie fesselten allgemein die Aufmerksamkeit, stellten aber Räthsel dar, welche mit dem bisherigen Vorrath an Kenntnissen nicht gelöset werden konnten, und trugen Anfangs nicht wenig dazu bei, jenen Schwung bis zu seinem Culminationspunkte zu erheben. Frankreich, England, Italien, hatten keinen entschiedenen Theil daran genommen, neigten sich aber in der Lehre der Elasticität, der optischen Zurückwerfung und der Electricität einem Dualismus, welcher mit der transcendentellen Lehre der Deutschen verwandt war; und so knüpfte ein feines Band die Ansichten von ganz Europa über die ersten galvanischen Phänomene, so sehr diese Ansichten auch von einander abzuweichen schienen. Die Phänomene der galvanischen Electricität hatten sich zuerst am thierischen Organismus geoffenbaret, und 9 Jahre hindurch quälte man Thiere und Menschen ohne wesentlichen Nutzen für die Wissenschaft. Endlich überzeugte sich Volta, durch so wichtige Erfindungen in der Electricität berühmt, mit mehr gesundem Menschenverstande, vielleicht auch mit weniger Phantasie begabt als seine Landsleute, daß die Ursache des galvanischen Phänomens nicht im Organismus, sondern in der todten Natur läge, daß der organische Körper hier nur ein höchst empfindlicher Electrometer sey, und eröffnete das 19te Jahrhundert mit der Erfindung seiner Säule, welche diesem Phänomen den wissenschaftlichen Character erst aufdrückte. Unter den unzähligen wichtigen Folgen dieser großen Erfindung darf die nicht übersehen werden, daß der menschliche Geist nun neue Nahrung, neuen Reiz für ächte physicali-

sche Speculation erhielt, und von dieser Zeit an von den imaginairen Vortheilen des Transcendentalismus in der Physik immer mehr sich loszusagen anfing.

So unbedeutend für die Wissenschaft die ersten 9 galvanischen Jahre waren, so sind doch die ersten entdeckten Phänomene uns der Zeit nach zu nahe, als daß man sie hier ganz übergehen könnte.

A. Galvanische Phänomene vor der Entdeckung der voltaschen Säule.

§. 1271.

1) Man secire einen Frosch so, daß nur seine Hinterschenkel mit den Füßen, und sein Rückgrad ohne Haut übrig bleiben, und lege zwei Stücke heterogener Metalle (am besten Zink und Silber) so an, daß eins der beiden eine Muskel, das andere irgend einen Nerven, oder beide eine Muskel oder einen Nerven berühren, und nähere diese Metalle einander mit ihrem andern Ende bis zur Berührung, so entsteht ein heftiges Zucken in allen Theilen des secirten Frosches.
2) Man kann auch beide Metalle zuerst unter sich in Berührung bringen und dann mit den Froschtheilen; aber die Zuckungen sind geringer.
3) Werden große Metallflächen mit den Froschtheilen in Berührung gebracht, so klein auch die Berührungsfläche der Metalle unter sich seyn mag, so sind die Zuckungen heftiger, als wenn die Berührung der Froschtheile mit den Metallen eine kleine Fläche einnimmt.

4) Bei der Trennung der Metalle von einander zeigen sich die Zuckungen von neuem, da sie während der ununterbrochenen Berührung der Metalle unter sich nicht Statt gefunden hatten.

5) Die Kohle kann an die Stelle des einen Metalls treten.

6) Mit homogenen Metallen erhält man auch Zukkungen, wenn man einen Tropfen Wasser oder Säure darauf legt; indeß sind die Resultate schwach und ungewiß.

7) Auf lebendige Thiere zeigen sich dieselben Wirkungen, wenn man ihre Muskeln und Nerven entblößet, und diese Wirkungen sind mit einem empfindlichen Schmerz verbunden.

8) Wenn man seine Zunge an die Stelle des Frosches setzt, so erhält man auf derselben einen eigenen salzigen Geschmack.

9) Wenn man jedes Auge mit einem der beiden Metalle berührt, und diese unter sich in Berührung treten läßt, so erhält man die Empfindung eines plötzlichen schwachen Lichts.

§. 1272.

Ausser den obigen Versuchen kamen noch in der erwähnten 9jährigen Periode manche andere vor, welche einst der Physiologie nützlich werden können, aber hieher nicht gehören.

Das Historische der Erfindung des Galvanismus wird in den Vorlesungen kurz angeführt.

B. Construction der voltaschen Säule.

§. 1273.

Drei Substanzen sind erforderlich, um die voltasche Säule zu construiren, davon eine nothwendig eine tropfbare Flüssigkeit seyn muß. Die beiden andern müssen Leiter der Electricität seyn (wozu man am besten Metalle nimmt), und zwar heterogene. In den Säulen mit einer Flüssigkeit giebt das Wasser die kleinste Wirkung, die Säuren die größte, und nach diesen die Salze. Platina, Gold, Silber und Kupfer taugen am besten zu einem der beiden Metalle, deren Stelle die Kohle auch vertreten kann; für das andere Metall ist Zink das Vorzüglichste. Für Säulen mit einem Metall und zwei Flüssigkeiten (die jedoch selten gebaut werden) nimmt man am besten Wasser und eine Säure. Man hat sogenannte trokkene Säulen, aber ohne Erfolg, bauen wollen. Leisteten sie Wirkungen, so war immer etwas Feuchtigkeit, wenigstens von der Luft, zugegen.

§. 1274.

Die Art, die voltasche Säule zu construiren, hat sehr variirt. Die vorzüglichsten Constructionen sind folgende, deren gemeinschaftliche Bedingung aber ein gleichmäßiges Alterniren der drei Stoffe ist.

1) Stehende Säulen bestehen aus Schichtungen der drei Substanzen übereinander. Die Flüssigkeit wird in Pappen oder Leder oder Tuch eingesogen, und so zwischen die Metalle gelegt, daß sie beide, jedes auf einer ihrer Seiten, berühre, die Metalle aber sich wechselseitig, auf ihrer andern Seite, berühren. Man fangt ge-

wöhnlich mit einem Metalle an, und man hat viel darüber gestritten, ob das andere Metall oder die Flüssigkeit gleich darauf folgen solle. Die Entscheidung der Frage hängt von der ganzen Theorie der galvanischen E ab. Wir bauen sie in folgender Ordnung: Zink, Flüssigkeit, Kupfer (oder Silber), Z. F. K, Z. F. K, ꝛc. Die stehenden Säulen haben den Fehler, daß, wenn die Schichtungen zahlreich sind, die Flüssigkeit der untern durch das Gewicht der obern ausgepreßt wird, und zwischen den trocken seyn sollenden Oberflächen der Metalle fließt, und die untern Pappen weit weniger freie Flüssigkeit behalten. Man sucht diesem Fehler dadurch abzuhelfen, daß man die ganze Säule in kürzere abtheilt, die man durch Leiter unter einander verbindet.

2) Die liegenden Säulen haben im Grunde dieselbe Bauart als die vorigen; aber die Säule wird liegend errichtet auf einem isolirenden Gestelle, welches an beiden Enden der Säule Schrauben hat, wodurch man die Säule nach Willkühr zusammenpressen kann. Diese Säulen wirken unter gleichen Umständen merklich mehr als die stehenden.

3) Die Trogsäulen sind keine Säulen mehr; sondern es werden hier die zwei Platten jeder Schichtung an einander (bloß auf dem Rande) wasserdicht gekittet, und die Paare, in einer kleinen Entfernung von einander, in einem länglichten Trog stehend, und unter sich parallel, eingekittet. Dadurch entstehen Zellen, in welche

man die Flüssigkeit gießt. Sie haben den Vortheil, schnell in Thätigkeit gesetzt zu werden, und machen es leicht, die Flüssigkeiten zu wechseln; sie haben aber den Nachtheil, selten ganz (auf jeden Fall nicht in die Länge) wasserdicht zu bleiben, und nur mit großer Mühe von ihrem Oxyd ganz befreit zu werden, welches eine Bedingung ihrer größten Wirksamkeit ist.

4) Der Becherapparat ist von den Säulen wesentlich unterschieden. Dort berührten die zwei Metalle einander mit trockenen Flächen; hier berühren sie sich unmittelbar gar nicht, und jedes derselben liegt in der Flüssigkeit, von ihr ganz umgeben. Man nimmt nämlich eine Reihe Glasbecher, und stellt darin, parallel mit einander, eine Silber- und eine Zinkplatte, und verbindet durch einen Drath das Silber eines Bechers mit dem Zinke des nächsten Bechers; dann gießt man die Flüssigkeit in die Becher; die Enden dieser Kette liefern dieselben Resultate als die der Säulen.

C. Hauptwirkungen der voltaschen Säule.

§. 1275.

Die Wirkungen einer Säule, mit vielen Plattenpaaren auf dem Nerven- und Muscularsystem, sind ungleich energischer als die des einfachen Paars. Ladet man eine Säule von 100 Plattenpaaren von etwa 3" Durchmesser mit verdünnten Säuren, so lassen sich folgende Versuche damit anstellen:

1) Ein präparirter Frosch geräth in die heftigsten Zuckungen, wenn man Drathverbindungen zwischen den Enden der Säule und dem Frosch anlegt.
2) Ein lebendiger Frosch wird oft mit einemmale getödtet, wenn man die Dräthe an beiden Seiten seines Kopfs anlegt.
3) Berührt man mit nassen Fingern die Enden der Säule oder die davon ausgehenden Dräthe, so erhält man eine sehr schmerzhafte, obgleich nicht heftige Erschütterung, die sich durch den ganzen Körper verbreitet. Diese Erschütterung pflanzt sich durch 10 und mehr Personen, die sich mit nassen Händen angefaßt haben, fort, obgleich diese Personen nicht isolirt sind.
4) Läßt man die Ladung, nur von 15 bis 20 Paaren, durch entgegengesetzte Theile des Kopfs durchgehen, so erhält man Zuckungen, heftige Lichterscheinungen und dann verstärkten Salzgeschmack. Mit mehr als 20 Lagen muß man diesen Versuch nicht anstellen, wenn man seine Organe nicht in Gefahr setzen will.
5) Alle diese Phänomene finden in einem noch höheren Grade Statt, wenn man zwischen jedem Ende der Säule und der Person beträchtliche Massen von Metallen, Wasser und besonders Säuren oder Salzauflösungen legt.

§. 1276.

Die wichtigsten Phänomene der voltaschen Säule sind unstreitig diejenigen, welche mit den der Reibungselectricität die größte Ähnlichkeit haben.

1) Man nehme einen Goldblattelectrometer mit abgesonderten Blättchen *), und lege den Leiter des einen und dann des andern Endes der Säule an einer Seite an, so wird man in beiden Fällen sehen, daß die Blättchen sich einander bis zum Anstoßen nähern, am stärksten, wenn man den Leiter des andern Blättchens mit dem Finger berührt.

2) Macht man den Versuch mit einem gewöhnlichen sehr empfindlichen Goldblattelectrometer, dessen Blättchen an einem Leiter hängen, so werden sie in beiden Fällen divergiren. Sollte die Divergenz nicht Statt haben, so verbinde man den Condensator mit dem Electrometer, alsdann wird man eine große Divergenz wahrnehmen. Die Divergenz ist immer sichtbar, wenn man das andere Electrometer braucht, dessen beide Leiter durch einem dritten Leiter unter sich verbindet, und diesen alternativ mit den Enden der Säule verbindet.

3) Hat man auf diese letzte Art die Blättchen zum Divergiren, durch Berührung mit einem Ende der Säule, gebracht, und die Leitung nach der Säule isolirend abgenommen, so daß die Divergenz fortdaure, so bringe man das andere Ende der Säule damit in Verbindung, alsdann hört die Divergenz augenblicklich auf, und zeigt sich gleich wieder. Noch auffallender ist der Versuch, wenn man einen vom Electrometer abge-

*) Zu allen diesen Versuchen sind die derbern Blättchen von sogenannten falschem Silberschaum (Zinn), weil sie dem Verbrennen weniger ausgesetzt, und doch auch empfindlich genug sind.

sonderten Condensator mit einem gewöhnlichen Goldblattelectrometer verbindet. Divergirten z. B. die Goldblättchen durch das eine Ende um 30°, so werden sie durch das andere Ende völlig zusammenfallen.

4) Man bringe die Leiter eines Electrometers mit abgesonderten Blättchen, jeden mit einem Ende der Säule in Verbindung, so werden sie heftig an einander fahren, oft sich entzünden. Um dieses zu verhüten, mache man die Verbindung des einen Leiters mit einem Ende der Säule, und stelle die Blättchen so weit auseinander, daß sie sich nur gegeneinander neigen aber nicht anstoßen. Dann hebe man diese Verbindung isolirend ab, damit diese Neigung bleibe; endlich verbinde man das andere Blättchen mit dem andern Ende der Säule, so werden die Blättchen nun zusammen stoßen.

Diese vier Versuche zeigen uns hier zweierlei Zustände der Leiter, welche mit den Enden der Säule verbunden und den beiden Reibungselectricitäten völlig ähnlich sind, welche man also mit +G und —G bezeichnen kann; denn es ergiebt sich, daß jedes G leichte Körper anzieht, daß gleichnamigte G sich zurückstoßen, daß ungleichnamigte G sich anziehen, und daß +G und —G in gleichen Graden sich zerstören. Wird die Säule in folgender oben angezeigter Ordnung gebaut, Zink, Flüssigkeit, Kupfer, so hat das Zinkende —G, das Kupferende aber +G.

§. 1277.

Diese Vergleichung der beiden G mit den beiden E läßt sich noch weiter verfolgen.

Man stelle die Versuche 2) 3) und 4) mit G und einem E, von etwa gleicher Intensität, so wird man gleiche Resultate erhalten, als in §. 1276., das heißt: +G und +E, so wie auch —G und —E, stoßen sich ab; +G und —E, so wie auch —G und +E ziehen einander an und zerstören sich wechselseitig.

Da diese Versuche völlige Identität, in den Anziehungs- und Repulsionsphänomenen, zeigen, so sind wir berechtigt, wenigstens in Rücksicht auf Anziehung und Repulsion, den Galvanismus und die Electricität für identisch zu halten. Der einzige Unterschied, den wir bis jetzt wahrnehmen, ist, daß der Galvanismus der hohen Grade der Spannung nicht fähig ist, welche die Reibungselectricität zeigt. Diese Spannung geht bei einer Säule von 100 Plattenpaaren nicht über 2° bis 3° an einem sehr empfindlichen Goldblattelectrometer.

§. 1278.

Der Galvanismus zeigt, wie die Electricität, die Phänomene der Vertheilung. Dieses zeigt sich schon aus den angestellten Versuchen mit dem Condensator, und durch folgenden Versuch.

Man lade eine kleistische Flasche mit +G oder —G, so wird man an derselben dieselben Phänomene haben, als an der mit 2 bis 3° +E oder —E geladenen Flasche.

§. 1279.

Alle Leiter der Electricität sind auch Leiter des Galvanismus. Zwar hatte man ehemals finden wollen, daß die Flamme und einige Halbleiter der E es nicht von dem G wären. Allein man hatte, besonders

bei den Halbleitern, nicht mit gleichen Graden operirt. Auch die sehr verdünnte Luft hat sich als einen vortrefflichen Leiter des Galvanismus gezeigt.

§. 1280.

Auch die Lichtphänomene liefert der Galvanismus.

1) Man bringe die Dräthe, welche an den Enden der Säule hängen, mit einander in Berührung (man nennt das die Säule schließen), so entsteht ein Funken.

Der Funken entsteht hier in der That nicht erst bei der Berührung, sondern in einer solchen kleinen Entfernung, daß wir sie mit dem bloßen Augen nicht sehen, noch weniger zu Stande bringen können, ohne die völlige Berührung zu bewerkstelligen. Eine eben so schwach geladene Flasche zeigt dasselbe.

2) Senkt man eine nicht ausgekochte gefüllte Barometerröhre in ein Queckſilberbecken, das mit einem Ende der Säule in Verbindung ist, und die Barometerröhre hat oben eine metallene Spitze, welche nicht sehr weit vom Queckſilber absteht, so sieht man im verfinsterten Zimmer das electrische Licht von der Spitze übergehen, wenn man sie mit dem andern Ende der Säule verbindet.

§. 1281.

Der Galvanismus liefert, so wie die Electricität, auch Entzündungs- und Schmelzungsphänomene. Mit der obigen Säule lassen sich folgende Versuche anstellen:

1) Goldblättchen und andere sehr dünne Metallfolien, durch welche man die Entladung der Säule gehen läßt, entzünden sich und verbrennen, jede mit ihrem eigenthümlich gefärbten Lichte.

2) Sehr feiner Eisendrath mit jedem Ende der Säule verbunden, und die Enden des Draths an einander gebracht, zeigen Schmelzung und Entzündung des Eisens bis zu 2 oder 3 Linien Länge.

3) Eine solche feine Drathspitze, von einem Ende der Säule, mit einer isolirenden Queckſilberflasche, welche mit dem andern Ende der Säule in Leitung steht, in Berührung gebracht, liefert Entzündung des Eisens, unter beträchtlichem Funkensprühen, und Oxydation des Queckſilbers. *)

4) Alkohol, Naphta, Schießpulver ꝛc. lassen sich entzünden, wenn man die Säule in denselben schließt.

5) Armirt man die beiden Drathleiter der Säule, mit Kohlenstiften, und bringt man die Enden dieser Stifte an einander, so entzünden sie sich beide, auch sogar unter Wasser.

Braucht man zu diesen Entzündungsphänomenen Säulen von sehr großen Platten, als von 8 bis 10 Zoll im Quadrat, so erreichen diese Phänomene eine ganz unerwartete Größe. So hat van Marum mit einer Säule von 110 Plattenpaaren, von 5 Zoll im Quadrat, 32 Zoll Eisendrath Nr. 16. von $\frac{1}{250}$ Zoll Dicke zum Rothglühen gebracht.

† 6) Wenn man der Einwirkung einer so mächtigen Säule einen Kohlenstift, von 2 bis 3 Zoll Länge und 1 Linie Dicke, auf einem Isolator

*) An diesen Figuren des Queckſilberoxyds kann ich das Analogon der lichtenbergischen Figuren, welches Einige gesehen haben wollen, nicht finden.

ausseßt, so fängt dieses Stift an zu glühen, und zwar an beiden Enden, jedoch am + Ende etwas früher; dann verbreitet sich das Glühen von beiden Seiten bis zur Mitte, so daß die Kohle nun in ihrer ganzen Länge glüht und allmählig verbrennt. *)

† 7) Wenn man das Kohlenstift zu dick nimmt, so daß die Entzündung nicht Statt findet, so erhitzt es sich in seiner ganzen Länge; kleine Kügelchen Siegellack schmelzen darauf.

Davy hat mit einem Trogapparate von 20 13zölligen Schichtungen Wasser zum Kochen gebracht, indem Er zur Schließung der Säule einen $\frac{1}{8}$ Zoll dicken Drath brauchte, und mit dem Wasser in Berührung seßte.

§. 1282.

Der Galvanismus zerseßt das Wasser nicht nur wie die Electricität, sondern viel leichter, und man hat die Wasserzerseßung durch Electricität erst durch den Galvanismus kennen gelernt.

Man fülle eine Glasröhre mit reinem Wasser, und stecke durch die beiden sie verschließenden Korke zwei Metalldräthe, welche man mit den Enden der Säule in Verbindung seßt. Die Drathspitzen müssen sich im Wasser nicht berühren. Augenblicklich entsteht Gasentwickelung,

*) Ich habe diesen Versuch mit der Batterie von 9 Flaschen, jede von 3 □ Fuß Belegung, nämlich durch allmählige Entladung derselben, mittelst einer feinen Spitze, versucht, aber umsonst. Die Kohle erhitzt sich nur, aber entzündet sich nicht. Es wäre zu wünschen, daß v. Marum ihn mit der großen Batterie des teylerschen Museums wiederholte.

die so lange fortwährt, als die Säule wirkt oder Wasser in der Röhre ist. Sind die Dräthe von Gold oder Platina, so entwickelt sich am +Ende Sauerstoffgas, am —Ende Wasserstoffgas. Sind die Dräthe von Silber, Kupfer, Messing, Eisen ꝛc., so oxydirt sich der Drath, und liefert kein Sauerstoffgas.

Arbeitet man mit Golddräthchen, so daß jedes Gas in einer besondern graduirten Glocke aufgefangen wird, so ist die Menge der Gase im Verhältniß, welches zur Zusammensetzung des Wassers erforderlich ist.

Andere Zersetzungen werden weiterhin vorkommen.

§. 1283.

Die unmeßbare Geschwindigkeit, mit welcher die Electricität sich durch die größten Entfernungen fortpflanzt, findet auch bei dem Galvanismus Statt. Erman in Berlin fand, daß alle galvanischen Erscheinungen in instanti Statt finden, wenn die Leitungen bis 249 Fuß lang sind, auch dann sogar, wenn die eine Leitung eine nicht isolirte Wassermasse von dieser Länge, und von unbestimmter Breite (die Havel), war. Basse, in Hameln, hatte früher dieselben Versuche angestellt, und dieselben Resultate gehabt, aber bei einer Länge des Drath und des Wassers, jede von 4000 Fuß. Zuckungen der Froschpräparate, Entzündungen von Blattgold, electrometrische Divergenzen ꝛc. finden im Augenblicke der Schließung der Säule Statt, als wenn die Länge der Leitung nur wenige Zolle betrüge.

§. 1284.

Der Galvanismus erzeugt auch mechanische Bewegungen, nicht nur in unbedeutenden Massen, wie die Electrometerblättchen, sondern in solchen, die man, nach Verhältniß der geringen Spannung, welche hier Statt findet, für sehr groß halten muß.

1) Man gieße in eine gläserne Schale, von etwa 4 bis 5 Zoll Durchmesser, sehr reines Queckſilber, und darüber eine sehr dünne Schichte von entwässerter Schwefelsäure oder von gesättigter Auflösung von kohlensaurem Kali. Nun führe man die (Gold- oder Platina-) Dräthe, von den Enden der Säule in die Capillarvertiefung der Säure oder des Kali am Rande des Gefäßes, jedoch ohne das Queckſilber zu berühren, so entsteht im Augenblicke der Schließung der Säule ein heftiges Strömen der obern Flüſſigkeit in verschiedenen Curven, die aber, so lange die Umstände dieselben bleiben, ebenfalls dieselben bleiben. Einige Theile der Queckſilberfläche werden von der Säure, die an einem der Pole sich zu einem Damme anschwellen, ganz entblößet. Diese Strömungen bilden dadurch gleichsam lebendige Figuren, welche nach der Art der gebrauchten Flüſſigkeit, und vorzüglich, nachdem man beide Dräthe oder nur den einen ausserhalb des Queckſilbers hält, sich modificiren.

2) Man nehme eine doppeltschenklichte Röhre, von etwa $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser, fülle Queckſilber darin, bis es in jedem Schenkel etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll hoch steht, und gieße Wasser darüber. Dann

senke man die Leiter der Säule ins Wasser, so daß der positive bis $\frac{1}{4}$ Linie an die Queckſilberfläche reiche. Sobald die Säule geſchloſſen iſt, erhebt ſich das Queckſilber auf der poſitiven Seite bis zum Leiter, fällt dann zurück. So geräth dieſe Queckſilbermaſſe von etwa $\frac{1}{2}$ Pfund Gewicht, in beſtändige Oscillationen. *)

§. 1285.

Die in den §. 1275. bis 1284. enthaltenen Phänomene liefern zehn Analogien, zwiſchen dem Galvanismus und der Electricität, welche alle Anſichten der Electricität erſchöpfen, und alſo keinen Zweifel mehr überlaſſen (nach § 11.), daß Galvanismus und Electricität identiſch ſind; und ſo werden wir von nun an die Ausdrücke + G und — G in die + E und — E

*) Der Herr Profeſſor Erman, dem wir dieſe intereſſanten Verſuche verdanken, behauptet, daß ſie der durch die Electricität der Säule bewirkten Verminderung der Adhäſion zwiſchen dem Queckſilber und der andern Flüſſigkeit zuzuſchreiben ſind. Ich muß geſtehen, daß ich dieſer Meinung nicht beipflichten kann, ſondern daß ich, wie Gerboin, in dieſen und ähnlichen Phänomenen nur die electriſche Repulſion als mechaniſche Urſache, die Flächenanziehung aber als modificirende Bedingung anſehe. Es iſt hier der Ort nicht, dieſe Sache auseinander zu ſetzen. Ich will aber hier nur kurz anführen, daß die galvaniſchen Figuren (die Strömungen vollkommen gut mir gerietzen, als ich, anſtatt nur eine dünne Oberfläche der Säure anzuwenden, eine Schichte von 1‴ Dicke nahm, wobei kein Theil der Queckſilberfläche entblößt wurde. Übrigens iſt die Rückſicht, in welcher dieſe Strömung (in 1) angeführt worden, wohl die geringſte. Gehörig behandelt, werden ſie wichtige neue Aufſchlüſſe über die Natur beider E liefern. Ich ſchlage daher vor, daß man dieſes wichtige Phänomen die Ermanſchen Figuren nenne, ſo wie die Harzfiguren die lichtenbergſchen genannt werden.

verwandeln. Die voltasche Säule, dieses edle Geschenk, womit ihr Erfinder den Anfang dieses Jahrhunderts verherrlichte, liefert uns also eine unerschöpfliche Quelle von immer strömender Electricität beider Art, die der Physiker nach Gefallen gebrauchen kann, die er mit desto mehr Vortheil gebraucht, da ihre Erzeugung und Strömung nicht momentan, nicht tumultuarisch ist, sondern anhaltend und stetig; dadurch wird er in den Stand gesetzt, die Wirkungen dieses so allgemein verbreiteten Agens mit Muße und Schärfe zu beobachten, und die Lehre der Electricität und der electrischen Wirkungen auf diese Beobachtungen zu gründen. Zwar scheinen manche Wirkungen der Säule verschieden von den der Reibungselectricität zu seyn. Allein der Unterschied wird gänzlich verschwinden, wenn man bedenkt, daß die Electricität der Säule sich nur bis zu einer kleinen Spannung von 3 bis 4 Graden am Goldblattelectrometer erhebt, daß sie aber dafür unaufhörlich in ungeheurer Menge strömt; da hingegen die geringste Reibung des Siegellacks schon eine höhere Spannung erzeugt, die aber nur einmal da ist, nur einmal durch Mittheilung wirken kann. Von der ungeheuren Menge von electrischen Stoffen, die sich in der Säule entwickeln, kann man sich einen Begriff machen, wenn man bedenkt, daß van Marum eine Batterie von 137½ Quadratfuß Belegung durch eine einzige momentane Berührung bis zu derselben Spannung, welche die Säule selbst hatte, laden konnte.

§. 1286.

Die Erscheinung der beiden E, jede an einem Ende der Säule, die aus lauter sich wechselseitig be-

rührenden Leitern besteht, ist eins der größten Räthsel in der Electricitäts-Lehre. Es ist fürs Erste nöthig, den Zustand dieser Electricität an verschiedenen Punkten der Säule zu beobachten. Die Säule sey gebaut, wie §. 1275.

1) Ist sie an beiden Enden und in ihrer ganzen Länge isolirt, so zeigt das empfindlichste Goldblattelectrometer an jedem Ende gar keine Divergenz. Nimmt man aber den Condensator zu Hülfe, dessen Scheiben in einer Distanz von $\frac{1}{100}$ Zoll von einander abstehen, so erhält man eine Divergenz von 15° bis 19°, negativ am Zinkende, positiv am Kupferende.

2) Wird aber das eine Ende mit der Erde in vollkommene Verbindung gesetzt, so zeigt das bloße Electrometer eine Divergenz am andern Ende von $2\frac{1}{2}$°. Rückt man mit dem Electrometer immer näher gegen die Mitte an, so zeigt sich immer weniger Spannung.

3) Ist die Säule isolirt und man legt eine metallene Leitung in der Mitte an, zwischen Zink und Kupfer bis zum Electrometer, so zeigt sich weder am bloßen Electrometer, noch mit dem Condensator, die geringste Divergenz. Dasselbe, wenn beide Enden mit der Erde verbunden sind.

4) Die Vorrichtung sey, wie in 3), aber eins der beiden Enden mit der Erde verbunden, so zeigt die Mitte der Säule am Condensator 15° bis 20° an, und zwar —E, wenn die + Seite mit der Erde verbunden ist, die — Seite aber isolirt, dann aber +E, wenn die — Seite isolirt, die + Seite mit der Erde verbunden ist.

Diese Versuche zeigen im Allgemeinen den Gang beider E in der Säule an, zu deren Verständniß aber bemerkt werden muß, daß der hier gebrauchte Condensator eine Divergenz von mehr als 45° des Goldblättchens anzeigt (es schlägt an), wenn das Electrometer mit $\frac{1}{2}$° geladen wird. Da nun die Säule in ihrer vollen Thätigkeit, in 2), bis $2\frac{1}{2}$° an jedem Ende durch das bloße Electrometer zeigt, so sind die 15° bis 20° am Condensator, in 1) und 4), als unbedeutend anzusehen. Sie erscheinen in der That nur durch die nie vollkommene Isolirung der Säule. Dieses vorausgesetzt, so sehen wir, daß in allen Fällen die Mitte der Säule keine E liefert, oder daß hier die E im Gleichgewichte sind, daß bei völliger Isolirung ebenfalls keine electrische Spannung Statt findet, daß aber das Maximum der Spannung an einem Ende entsteht, wenn man das eine Ende mit der Erde verbindet. *) Es nimmt also von der Mitte an die —E nach dem Zinkende zu, die +E nach dem Kupferende. Da aber, wie in der Folge bestimmt gezeigt werden wird, jede Schichtung beide E erzeugt, so muß nothwendig die —E, von dem Kupferende an bis zum Zinkende, sich anhäufen, und umgekehrt, die +E von dem Zinkende an bis zum Kupferende. Dieses bestätigt sich dadurch, daß (namentlich nach Maréchaux's Versuchen mit dem Micro-Electrometer) die Spannung genau im Verhältniß der Plattenpaare steigt. Da ferner die Säule keine E zeigt, in keinem Punkte derselben, wofern sie vollkommen

*) Von diesen Eigenschaften rührt der Name Pole für die Enden der Säule her. Man sagt: der positive, der negative Pol.

isolirt ist, hingegen ihre volle Thätigkeit an jedem Ende zeigt, wenn das andere mit der Erde verbunden ist, so müssen wir annehmen, daß jede E zwar sich jeden Augenblick erzeugt, aber nur dadurch sich anhäufen kann, wenn die andere E abgeleitet oder mit gleichviel aus der Erde gesättigt wird; welches bei der Electrisirmaschine, so wie auch am Electrophor, gleichfalls Statt findet.

§. 1287.

Die Wirkung der voltaschen Säule nimmt nicht nur im Verhältniß der Zahl der Schichtungen zu, sondern auch im Verhältniß der Größe der Oberfläche jeder Schichtung. Jedoch muß man hier die Wirkung in beiden Fällen nicht für synonym halten. Die Spannung ist bei großen oder kleinen Platten für gleiche Anzahl von Plattenpaaren gleich; so, daß die Größe der Platten die Spannung nicht erhöhet. Aber von größern Schichtungen strömt eine größere Menge electrischer Stoffe, welche in allen Entzündungsversuchen, und in den Zersetzungen, sich nach der Größe der Fläche thätiger zeigt. Demnach können zwei Säulen, von gleicher Summe der Oberflächen, sehr verschieden sich zeigen; die mit einer großen Zahl von kleinen Schichtungen wird auf das Electrometer und das Nervensystem stark, auf chemische Processe schwach wirken; die mit einer kleinen Anzahl von großen Schichtungen wird auf das Electrometer und das Nervensystem schwach wirken, auf die chemischen Processe aber stark. Jedoch giebt's in der Vergrößerung, nach jeder Art auf Kosten der andern, gewisse Gränzen. So wird eine Säule von mehreren tausend Schichtungen nicht im Verhältniß dieser

großen Zahl auf das Electrometer wirken, weil, bei einer beträchtlichen Erhöhung der beiden Spannungen, endlich die eine die andere vermindern muß, wie bei dem Condensator, der mit einer größern Spannung geladen als er verträgt, deswegen nicht mehr E behält als er kann, das übrige durch den Deckel abführt. So auf der andern Seite gehören 5 Schichtungen von 11zölligen Platten, um einen Anfang von Entzündung am Goldblatte zu erzeugen, da hingegen 20 Schichtungen von 1 Zoll Durchmesser dazu hinreichen.

§. 1288.

Eine sehr wichtige Erfindung für die allgemeine Lehre der Electricität, welche die voltasche Säule möglich machte, ist die des Herrn Prof. Erman, daß nicht alle Leiter, unter allen Umständen, beide E leiten, sondern, daß es Körper giebt, welche, unter gewissen Umständen, nur die +E oder die —E leiten. Die Flamme des Weingeistes, als Leiter für jeden Pol der Säule gebraucht, zeigt sich als vollkommener Leiter.

1) Verbindet man aber beide Pole durch diese Flamme, so ist die Spannung beider Pole nicht aufgehoben, wie es zu erwarten wäre, sondern beide Pole zeigen am Electrometer ihre volle Spannung, wenn man den einen oder den andern ableitend berührt.

2) Berührt man aber die Flamme selbst ableitend, so bekommt der negative Pol das Maximum seiner Spannung, indeß der positive keine Spur davon zeigt.

3) Daſſelbe geſchieht mit den Flammen des Talgs, Wachſes, Harzes, der Öhle, der Naphta, des Kampfers und des Waſſerſtoffgaſes.

4) Die Flamme des Schwefels iſolirt jeden Effect der Säule. Sobald aber eine andere waſſerſtoffhaltige Subſtanz beigemiſcht wird, ſo treten obige Phänomene ein.

5) Vollkommen getrocknete Seife und gekochtes und dann getrocknetes Eiweis (welches die Farbe des Bernſteins dadurch erhält) wirken jeder für ſich auf eine ähnliche Art als in 1) und 2), mit dem wichtigen Unterſchiede aber, daß hier der poſitive Pol ſeine ganze Spannung erhält, der poſitive gar keine.

Dieſe wichtigen Phänomene begründen die von Erman gemachte Eintheilung der Leiter in Bipolar- und Unipolarleiter, und dieſe in poſitive und negative. Der poſitive Unipolarleiter leitet die Wirkung des poſitiven Pols ab, und iſolirt die des negativen; der negative Unipolarleiter leitet die Wirkung des negativen Pols ab, und iſolirt die des poſitiven.

§. 1289.

Die beſtändige Zuſtrömung kleiner Grade von E, welche die voltaſche Säule giebt, liefert an der Flamme ein ſehr intereſſantes Phänomen, das künftig eine große Wichtigkeit erlangen wird.

Man halte in eine gewöhnliche Lichtflamme die Dräthe von den Polen einer voltaſchen Säule, den poſitiven in die Nähe des Dochts,

den negativen einige Linien darüber, so entstehen allmählig am erstern Rußdendriten, welche mehrere Linien Höhe erreichen. Am größten und schönsten sind diese Dendriten, wenn man die Flamme des Kampfers dazu braucht; sie erreichen eine Höhe von 1 bis 2 Zoll, und bilden eine förmlich baumähnliche Gestalt. Je mehr die Flamme Rauch giebt, desto schöner sind diese Dendriten überhaupt. Auch an bloß geschmolzenen Kampfer entstehen auf diese Art Dendriten, so wie auf dem Conductor der Electrisirmaschine, aber weit kleiner.

Man hat diese Dendriten wieder mit den lichtenbergischen Figuren verglichen, aber mit Unrecht. Sie lassen sich viel füglicher mit den Ermanschen Figuren vergleichen (nicht der Figur, sondern dem Princip der Entstehung nach).

D. Verhalten des Oxydationsprocesses zum electrischen Processe in der voltaschen Säule.

§. 1290.

Die Thätigkeit der voltaschen Säule stellt uns immer zwei wichtige Processe zugleich dar, nämlich, die galvanische Electricität, wie wir sie eben kennen gelernt haben, und einen chemischen, meistens Oxydationsproceß. Ist dieses Beisammenerscheinen bloß Simultanäität, oder sind diese zwei Processe in Relation von Ursache und Wirkung zu einander? Hat die Natur hier ein unsichtbares Band zwischen Electricität und Affinität geknüpft, oder finden sich diese beiden imposanten Phänomene nur von ungefähr bei-

sammen? Letzteres muß uns schon deshalb unwahrscheinlich vorkommen, da wir aus dem Vorhergehenden wissen, daß die Electricität die wichtigsten chemischen Processe einleitet, die für sich nicht entstehen würden, könnten.

§. 1291.

Das Erste, was sich bei der Vergleichung dieser Processe darbietet, ist eine große Gleichförmigkeit in den Graden beider Processe; Electricität und Oxydation steigen in gleichem Verhältniß, welches folgende Resultate aus Davy's Versuchen zeigen. Seine Säule bestand aus Silber und Zink.

1) Mit distillirtem Wasser war die Wirkung sehr schwach.
2) Mit Salzsäure war die Wirkung weit beträchtlicher.
3) Mit verdünnter Salpetersäure war sie noch beträchtlicher.
4) Mit concentrirter Salpetersäure war sie noch beträchtlicher. Schon drei Schichtungen gaben merkliche Erschütterungen.
5) Mit concentrirter Schwefelsäure war die Wirkung der ganzen Säule kaum merklich.
6) Mit verdünnter Schwefelsäure waren die Wirkungen beträchtlich, doch minder als mit concentrirter Salpetersäure.
7) Mit einer Auflösung von Schwefelleber zeigte sich gar keine Wirkung.
8) Van Marum fand mit einer Kaliauflösung dieselbe Wirkung als mit Wasser.

In Nr. 2) 3) 4) sehen wir die electrische Wirkung steigen, und es ist bekannt, daß die chemische Wirkung dieser Säuren auf das Zink eben so steigt. In Nr. 1) ist die Wirkung am schwächsten, weil das Wasser für sich (§. 1029.) keine Oxydation der Metalle bewirkt, sondern bloß der durchziehende Sauerstoff der atmosphärischen Luft. In Nr. 5) ist die electrische Wirkung fast unmerklich; es ist aber auch bekannt, daß völlig wasserfreie Schwefelsäure das Zink und das Silber gar nicht oxydirt. Verdünnte Schwefelsäure oxydirt aber stark, und die electrische Wirkung in Nr. 6) erscheint auch wieder stark. In Nr. 7) verschwindet die electrische Wirkung völlig, weil die Schwefelleber weder das Zink noch das Silber für sich angreift, und überdies allen atmosphärischen Sauerstoff, der dahin dringen könnte, zersetzt; dagegen erscheint in Nr. 8) die electrische Wirkung wieder, wie im Wasser, weil das Kali die beiden Metalle nicht angreift, aber auch den Sauerstoff der atmosphärischen Luft nicht verhindert, durch die Flüssigkeit bis zum Metall zu dringen.

Seit diesen Versuchen Davy's, welche von andern Physikern mehr oder minder wiederholt worden, ladet man die Säule mit leicht zersetzbaren Salzen oder Säuren, wenn man viele Grade von E erhalten will.

§. 1292.

Davy lud eine Säule von Silber und Zink mit Wasser, stellte sie unter einem Recipienten mit verschiedenen Luftarten.

1) War es atmosphärische Luft, so verminderte sich diese, und nach einiger Zeit hörte die electrische Wirkung auf.
2) Die Säule wurde wieder in atmosphärische Luft gesperrt, und diese ausgepumpt, bis das Barometer auf 0,6" gefallen war; die Säule gab gar keine electrische Wirkung. Wurde atmosphärische Luft wieder zugelassen, so trat die electrische Wirkung wieder ein, und weit stärker, wenn reines Sauerstoffgas zugelassen wurde.
3) Die Säule wurde mit schwacher Salpetersäure geladen, und die Luft wieder ausgepumpt; sie wirkte wie in atmosphärischer Luft.
4) Die mit bloßem Wasser geladene Säule wurde in Stickgas, Wasserstoffgas, oxydirten Stickgas, Kohlenstoff-Wasserstoffgas gesetzt, und zeigte nur 5 bis 6 Minuten lang eine schwache Wirkung; dann gar keine.

Diese Versuche, welche nachher von andern Physikern, als: Biot und Cuvier, Böckmann und Andern, wiederholt worden sind, zeigen ganz bestimmt, daß die electrische Wirkung der mit reinem Wasser geladenen Säule nur dann Statt findet, wenn der Sauerstoff der atmosphärischen Luft zum Metall Zutritt findet. Man vergleiche nun diese Versuche mit der Oxydation der Metalle (§. 1029.), so ergiebt sich wiederum der Satz, daß die electrische Wirkung nur in so fern Statt findet als die Oxydation zugelassen wird.

§. 1293.

Baut man eine Säule aus Eisen und Kupfer, und nimmt man Wasser zur Ladung, so giebt, wenn

man die §. 1274. angezeigte Ordnung der Schichtungen befolgt, das Eisenende — E, das Kupferende + E. Ladet man sie aber mit Schwefelleber, so giebt das Eisenende + E, das Kupferende — E. Man sieht aus diesem Versuche, daß sogar die Art der *E* sich nach dem chemischen Processe richtet. Im ersten Falle wurde nur das Eisen durch den Sauerstoff der atmosphärischen Luft (§. 1029.) oxydirt, das Kupfer nicht. Im zweiten Falle findet keine Oxydation, sondern eine ganz andere Auflösung der Metalle Statt; daher die E einen entgegengesetzten Gang nimmt.

§. 1294.

Fügt man zu allen diesen Versuchen noch die Erfahrung hinzu, daß die Metalle sich ausserhalb des Einflusses der Electricität der Säule eben so stark oxydiren als unter diesem Einflusse, wenn nur die mit der Flüssigkeit getränkte Pappe und das Metall, ausserhalb der Säule, demselben Drucke ausgesetzt sind, als in der Säule, so geht schon daraus hervor, daß die Electricität durch den chemischen Proceß erzeugt wird. Allein wir werden in der Folge noch directere und bestimmtere Beweise dafür haben.

E. Vorläufige Theorien der voltaschen Säule.

§. 1295.

Diese Theorien bezwecken vorzüglich die Erklärung der Entstehung der hier so thätigen Electricität, dann auch des Gangs der beiden E durch lauter leitende Substanzen in entgegengesetzten Richtungen.

Solcher Theorien sind im Grunde nur zwei möglich; entweder entsteht die Electricität durch das Beisammensein der heterogenen Körper, oder sie entsteht durch die Affinitätswirkungen zweier dieser Substanzen aufeinander. Volta stellte die erste auf. Davy in England, ich in Riga, etwa zu gleicher Zeit, ein Jeder ohne von dem Andern etwas zu wissen, stellten die zweite auf. *)

Volta's Theorie.

§. 1296.

Wenn zwei heterogene Metalle sich unter einander gehörig berühren (in ganzen beträchtlichen Flächen oder nur in einzelnen Punkten), so wird in dieser Berührung ein electrischer Proceß ganz eigener Art rege, eine Störung des electrischen Gleichgewichts oder Electricitätserregung durch Impulsion. Das Eine der beiden Metalle wird positiv, das Andere negativ, und zwar so, daß diese E, so lange die beiden Metalle mit einander in Berührung sind, sich nicht wechselseitig binden und latent machen, sondern, daß

*) Davy begnügte sich damals bloß mit der Aufstellung des Satzes, daß die Oxydation die Quelle der E sey, und zwar nach den in D angeführten Versuchen. Ich hatte minder entscheidende Versuche (es fehlte mir damals an Apparaten) und stellte nicht nur diesen Satz auf, sondern versuchte damals schon eine vollständige Theorie des Galvanismus zu liefern. Später hat Davy die voltasche Meinung angenommen; zuletzt aber verlangt er, daß der Oxydation ein Antheil an der Wirkung assignirt werde.

der Überfluß des einen *) sich in jedem Augenblicke nach jeder Richtung (die Richtung des andern Metalls ausgenommen) zu ergießen und andern Körpern mitzutheilen strebt.

Die electrische Spannung, die durch eine solche wechselseitige Wirkung zweier Metalle auf einander erfolgt, ist, selbst bei den günstigsten Metallen, z. B. Silber und Zink, nur ungemein schwach und durch das empfindlichste Electrometer nicht unmittelbar zu erkennen, sondern nur durch den Condensator an einen empfindlichen Electrometer darzustellen.

Volta beweiset diese Sätze durch folgende zwei Hauptversuche.

1) Man nehme eine Zink- und eine Silberplatte, beide sehr eben auf einander passend und mit einem isolirenden Handgriffe versehen, lege sie auf einander und bringe sie dann einzeln an den Condensator von Messing; jede derselben wird etwa 3° anzeigen, Zink an +E, Silber an — E.

2) Man lege eine Silber- und eine Zinkplatte zur Hälfte übereinander, und halte sie so zusammen, durch eine Schraube, durch einen durchgeschlagenen Nagel oder durch Löthung, und fasse die Zinkscheibe mit den Fingern und berühre den obigen Condensator mit dem Silber, so erscheinen 2, 3, auch 4 Grade — E. Wird aber der Versuch umgekehrt, das Silber ange-

*) Volta pflichtet hier noch der franklinischen Hypothese bei.

faßt, und obiger Condensator mit dem Zink berührt, so erscheinen 3 bis 4° +E.

Dieß sind die beiden Fundamentalversuche der voltaschen Theorie; die übrigen sind nur Modificationen derselben. Die electrische Spannung, die durch ein Plattenpaar in diesen Versuchen entsteht, nennt Volta die Spannung von einem Grade.

§. 1297.

Durch Übereinanderhäufung mehrerer gleicher Metallplatten-Paare kann dieser electrische Effect nicht verstärkt werden. Es erfolgt daraus entweder nur eine electrische Tension, oder der Effect ist völlig =0, indem, wenn in der ganzen Säule die Metalle sich unmittelber berühren, die electrischen Impulsionen nach oben und unten sich entweder gänzlich oder wenigstens so weit aufheben, daß nur eine einzige als Rest übrig bleibt. Dieses bestätigt sich durch Versuche.

§. 1298.

Wenn Metalle mit nassen Leitern sich wechselseitig berühren, besonders wenn diese feuchten Leiter mehr oder weniger wässericht sind (denn einige nasse Leiter, als Säuren, verhalten sich allerdings beinahe wie die Metalle), so findet zwar ebenfalls ein ähnlicher Proceß Statt; aber die electrische Impulsion von dem einen zum andern, nämlich vom Metalle zum nassen Leiter, ist so gering, daß die dadurch erfolgte Störung des electrischen Gleichgewichts oder die Electricitätserregung unverhältnißmäßig viel schwächer als die zwischen zwei heterogenen, selbst ungünstig mit

einander wirkenden, Metallen ist, und verdient gar nicht in Anschlag genommen zu werden. Daher sind die Metalle, und die ihnen gleich wirkenden Körper (Leiter der ersten Klasse), von den nassen Körpern (Leiter der zweiten Klasse) sehr unterschieden; jene sind in der Säule die eigentlichen Electricitätserreger.

§. 1299.

Diese Eigenschaft des Wassers und ähnlicher Flüssigkeiten macht es möglich, eine voltasche Säule zu bauen, d. h., den Effect eines Plattenpaars zu einem mehrfachen Effect vereinigt wirkender Plattenpaare zu erheben. Es sey eine Säule, wie in Fig. LVI., gebaut. Im untern Plattenpaare findet eine electrische Impulsion vom Silber zum Zink = 1 und eine vom Zink zum Silber = — 1. Ruhet das zweite Plattenpaar unmittelbar auf dem ersten, so würde vom Silber 3 eine Impulsion = 1 zum Zink 2 Statt finden, und eine von Zink 2 = — 1 gegen das Silber 3 Statt finden; wodurch der totale Effect vernichtet werden würde. Der nasse Zwischenkörper vermittelt dagegen die Vervielfachung des Effects. Die electrische Impulsion, die vom Silber 3 gegen den feuchten Körper Statt findet, ist unendlich geringer, und schwächt so viel wie nichts die Impulsion vom Silber 1 nach dem Zink 2. Der feuchte Körper ist gleichsam ein bloßer gleichgültiger Zwischenleiter *) der ersten Impulsion des ersten

*) In unsrer Sprache soll es wohl heißen: die Flüssigkeit wirkt durch Vertheilung.

Metallplatten-Paares, die sich mit der Impulsion des zweiten in ähnlicher Richtung vereinigt und eine doppelte Impulsion oder Spannung im Zink 4 hervorbringt, welcher nothwendig eine doppelte negative Spannung im Silber 1 entsprechen muß. So weiterhin mit mehreren Plattenpaaren, so daß demnach die Spannung an den Enden der Säule eine nfache für eine Anzahl n von Plattenpaaren seyn muß. Dieser Satz ist aus §. 1286. klar.

§. 1300.

Dies sind die Hauptsätze der voltaschen Theorie; das Übrige, was etwa noch dazu gerechnet wird, ist im Vorhergehenden, Art. C, enthalten. Folgende critische Prüfung wird über ihren Werth entscheiden. Wir fangen mit den zwei Fundamentalversuchen (§. 1296.) an.

† 1) Zwei wohlpolirte Platten, jede 5 Zoll Durchmesser, Zink und Kupfer, werden zum ersten Versuche angewandt an einen Condensator von $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser, dessen Platten $\frac{1}{100}$ Zoll von einander abstehen, so erhält man allerdings am Zink +E, am Kupfer —E. Aber wenn man in verschiedenen Versuchen die Operation 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10mal wiederholt, so erhält man Resultate, welche mit diesen nmaligen Operationen nicht übereinstimmen; so erhält man z. B. 5, 19, 8, 16, 14, 15, 24, 21, 90, 80 Grade, vorausgesetzt, die nicht abgehobene Platte stehe mit der Erde in leitender Verbindung. Sind aber beide Platten isolirt (in

diesen Versuchen waren die Isolatoren Glasstangen von 9 Zoll Länge), so erhält man wieder die +E und —E, aber auch unregelmäßig. Für obige Zahl von Operationen erhält man z. B. 3, 7, $6\frac{1}{2}$, $6\frac{1}{2}$, 11, $12\frac{1}{2}$, 17, 9, 17, 7 Grade.

Nach der voltaschen Theorie sollte aber hier die Spannung mit der Anzahl der Operationen regelmäßig wachsen, so wie in der Säule mit der Zahl der Plattenpaare. Ferner sollten die Platten, im Falle einer so vollkommenen Isolirung, gar keine E liefern, wie auch die isolirte Säule. Zwar haben wir in der Säule von 100 Paaren (§. 1286.) eine Spannung von 15 bis 19 Graden gefunden, etwa so viel als hier. Aber dort war die Säule nicht so vollkommen isolirt, und die Ursache war das 10fache von der in diesen Versuchen.

Es folgt also aus diesen Versuchen, daß hier die Ursache der Erscheinung der E nicht eine constante, sondern eine gewissen zufälligen Umständen unterworfene, Ursache ist. Eine dieser Ursachen ist die Reibung, welche beim Auflegen und Abheben der einen Platte nie ganz vermieden werden kann, und natürlich bald größer, bald kleiner ist; aber sie ist nicht die einzige.

† 2) Der zweite Versuch Volta's mit aufeinander gelötheten Platten (von 4″ Länge, 2″ = 1‴ Breite, und um 2″ = 6‴ über einander gelöthet), hat mir nie glücken wollen, wenn ich die Friction bei der Berührung einigermaßen vermied.

Ich erhielt nie die geringste Divergenz am obigen Condensator. *)

Da nun die Säulen aus Zink und Kupfer eben so gut wirken als aus Zink und Silber, so müßten die voltaschen Versuche hier so gut als dort ihren Erfolg haben, wenn die Electricität der Säule von den Metallen herkäme.

Folglich sind diese Versuche an sich unzulänglich um auf sie eine Theorie zu bauen.

§. 1301.

Bei den obigen Versuchen zeigt sich die Electricität durch Vereinigung und Trennung der Metalle. Bei der Säule aber zeigt sie sich während der Verei-

*) Da es mir unbegreiflich schien, daß Volta einen falschen Versuch angestellt hätte, und Pfaff und v. Marum ihn dennoch wahr gefunden, so wiederholte ich ihn sehr oft, an verschiedenen Tagen, überzeugt, daß ich irrte. Allein ich konnte nie, bei der bloßen Berührung, eine Spur von E entdecken, auch von einer 10maligen Berührung nicht. Ich ließ nun die Platten loslothen und vollkommen poliren, ließ zwei eiserne Schrauben machen um sie zusammen zu schrauben; um aber dadurch nicht eine fremde Leitung anzubringen, legte ich zwei dicke Spiegelglasscheiben über und unter die Platten, zwischen das Eisen der Schrauben und das Zink und Kupfer, welche über diese um 2''' vorstehen. Auch hiermit fand ich keine E. Endlich, da Haüy sagt, daß wenn man das Kupfer anfaßt, und mit Zink den Condensator berührt, zwei entgegengesetzte Impulsionen entstehen, und folglich oE, so wollte ich die Vorsicht noch weiter treiben, und ließ eine messingene Scheibe machen, welche die Stelle des Kupfers vertrat, weil der Condensator von Messing ist. Auch jetzt erhielt ich, weder durch Löthung, noch mit den Schrauben, durch 10malige Berührung keine E.

nigung, das heißt: völlig ohne mechanische Bewegung. Mithin muß auch ein einfaches Plattenpaar, so lange die Berührung dauert, die electrische Wirkung zeigen, wenn die voltasche Theorie richtig ist. Folgender Versuch ist das Experimentum crucis gegen diese Theorie.

† Man lege zwei wohlpolirte auf einander passende gleich große Platten, die eine von Zink, die andere von Kupfer, die eine mit der Erde, die andere mit dem doppelten oben beschriebenen Condensator, dessen beide Plattenpaare höchstens um $\frac{1}{100}$ Zoll von einander abstehen, in vollkommene Verbindung, so zeigt sich keine Spur von E, wofern man bei der Anlegung der Leitungsdräthe keine Friction erzeugt hat. *) Der Erfolg ist immer derselbe mit 3- 5- und 11zölligen Plattenpaaren.

Es folgt aus diesem entscheidenden Versuche, daß die von Volta angenommene Impulsion, die Störung des Gleichgewichts der Electricität heterogener Plattenpaare, nicht Statt findet, und daß überhaupt sich keine freie E bei der wechselseitigen Berührung solcher Metalle zeigt, wohl aber bei dem Auflegen und Trennen derselben, welches Auflegen und Trennen aber bei der Säule nicht Statt findet.

*) Ich verrichte die Anlegung und Abnahme der Leitung nach dem Condensator, ohne Reibung durch eine Schraube, so daß kein Hin- und Herrücken des Leiters, sondern die bloße, aber bestimmte, Berührung Statt findet.

§. 1302.

Fragt man in der voltaschen Hypothese, warum die Säuren und Salze eine größere Wirkung äussern als das reine Wasser, da doch die Impulsion der Flüssigkeiten gegen das Metall, und umgekehrt im Verhältniß der Impulsion der Metalle gegen einander, verschwindet; so wird geantwortet, daß jene bessere Leiter sind als dieses. Allein dieser Satz ist falsch.

† Man nehme zwei Electrometer, mit abgesonderten Blättchen, welche man so gestellt hat, daß sie bei gleichen Graden von E durchaus gleichzeitig anschlagen, stelle sie neben einander, so daß ihre Dräthe parallel stehen, und verbinde das eine Ende eines jeden mit der Erde, das andere aber durch Golddräthe mit gut isolirten Glasgefäßen, von etwa $3\frac{1}{2}$" Länge, $1\frac{1}{2}$" Breite und $\frac{3}{4}$" Tiefe. Am entgegengesetzten Ende der Gläser lege man einen gekrümmten Golddrath mit beiden Enden in die Gläser, mit der Krümmung auf ein isolirendes Gestelle. Dann fülle man das eine Glas mit destillirtem Wasser, das andere abwechselnd mit Salzauflösungen, Säuren ꝛc., so werden diese Flüssigkeiten, jede mit dem einen Blättchen ihres Electrometers, in vollkommener Verbindung seyn. Bringt man nun +E oder —E an der Biegung des doppelten Leiters aus Golddrath an, so muß diese E durch die Flüssigkeiten nach den Electrometern, und die besserleitende muß das Anschlagen früher, oder gar allein, bewirken. Aber es zeigt sich hier, daß jedes Paar jener Flüssigkeiten durchaus gleichzeitig das Anschlagen bewirkt; auch

mit Queckſilber und Waſſer. Aber mit Öhl und Waſſer nicht. Das Electrometer des Waſſers ſchlägt heftig an, indeß das des Öhls eine kaum merkliche Nutation hervorbringt. *)

Es folgt aus dieſen Verſuchen, daß die wäſſerichten Flüſſigkeiten ein gleiches Leitungsvermögen haben, ganz der gewöhnlichen Meinung entgegen. Ähnliche Verſuche beweiſen gleichfalls ein gleiches Leitungsvermögen des Zinks und Kupfers. Aber dieſe Flüſſigkeiten unterſcheiden ſich, wie die Metalle durch ungleiche Capacität für die E.

† Am vorigen Apparate nehme man die Electrometer mit abgeſonderten Blättchen weg, und ſtelle an ihre Stelle ein gewöhnliches; theile beiden Flüſſigkeiten E mit, auf die vorige Art, hebe den gemeinſchaftlichen Leiter iſolirend ab, und prüfe am Electrometer die E der Flüſſigkeiten. Jede derſelben wird andere Grade anzeigen. So z. B. verhält ſich die Anzahl der Grade

*) In dieſen Verſuchen ſtanden die Blättchen der Electrometer um 3‴ auseinander. Rückte man ſie an einen Electrometer nur um $\frac{1}{10}$‴ zu oder von einander, ſo ſchlugen die Blättchen nicht gleichzeitig an. Da aber hier die Anziehung, nach dem Quadrat der Entfernung, abnimmt, ſo beweiſen dieſe Verſuche, daß die geprüften Flüſſigkeiten in ihren Leitungsvermögen nicht um $\frac{1}{900}$ von einander verſchieden ſeyn können. Dieſe Verſuche habe ich angeſtellt mit reinem deſtillirtem Waſſer einer Seits, anderer Seits mit concentrirter Kochſalzauflöſung, mit concentrirter Salmiakauflöſung, mit Schwefelſäure und Salpeterſäure, beide mit 4 Theilen Waſſer nach Volum verdünnt, alſo mit den am häufigſten gebrauchten Flüſſigkeiten.

für Wasser, gesättigte Kochsalzauflösung, Salpetersäure mit 4 Theilen Wasser verdünnt, Baumöhl, wie 1 : 1,48 : 1,21 : 0,78.

§. 1303.

Endlich fragt man mit Recht, in der voltaschen Hypothese, woher die ungeheure Menge von E herkommt? Zwar hat man an heterogenen Metallen ungleiche Capacitäten für die E, wie für die Wärme. Aber, abgerechnet daß die Wärme zweier Körper, von ungleicher Capacität für die Wärme, bei ihrer Berührung keine Störung in ihrem Gleichgewichte leidet, wenn ihre Temperatur gleich war, und also die Analogie hier gegen die voltasche Hypothese spricht; gesetzt die electrische Impulsion fände Statt, so könnte sie nur momentan seyn; der ungeheure Verbrauch dieser thätig gewordenen E müßte bald den Vorrath erschöpfen. Die Säule aber wirkt, so lange Flüssigkeit vorhanden ist. Zwar hat der Herr Prof. Pfaff zu Kiel diesem Einwurfe zu begegnen gesucht, indem er darauf sich bezieht, daß das eine Ende der Säule nur dann wirkt, wenn das andere mit der Erde verbunden ist, und leitet von der Erde die E ab. Allein die Leitung mit der Erde bindet nur die eine E der Säule, damit es nicht die andere binden könne. Dagegen wirkt die vollkommen isolirte Säule mit beiden Enden auf die Zersetzung des Wassers, Schmelzung und Glühung der Metalle, Entzündung der Kohle und anderer Substanzen, und auf die Zerlegung so vieler Stoffe. Dafür wenigstens muß die Säule die E aus sich selbst schöpfen, und der unerschöpfliche Vorrath ist in der voltaschen Hypothese unerklärbar.

Oxydationstheorie.

§. 1304.

Man muß den Namen dieser Theorie nicht in einem zu strengen Sinne nehmen. A potiori fit denominatio. Weil die Oxydation der Metalle in der voltaschen Säule am häufigsten vorkommt, und nach dieser Theorie die Ursache der electrischen Erscheinung ist, so hat sie ihren Namen daher. Aber was von der Oxydation hier gesagt wird, gilt von der Formänderung überhaupt. Diese ist es, welche durch Bindung und Entbindung der Imponderabilien die Phänomene der galvanischen Electricität darstellt. Zwar ist es keine leichte Sache, die Entstehung der E bei jeder Formänderung darzustellen; allein es sey genug für diese Theorie, den Beweis an der Oxydation zu führen.

§. 1305.

Es war schon bekannt, daß sich Electricität zeigt, wenn man Säuren mit Metallen aufbrausen läßt, so auch an der Lichtflamme und wenn man Wasser auf Kohlen gießt. Allein die bekannten Versuche sind zu unbestimmt. Ich wiederholte und vervielfachte sie, mit dem Cuthbersonschen Condensator. Das Resultat ist folgendes:

† 1) Mit einem gewöhnlichen Talglichte. Am Dochte zeigten sich, als Mittel aus 8 Versuchen, 18° +E.

Am Rande der Flamme, als Mittel aus 6 Versuchen, $27\frac{2}{3}$° +E.

Wenn die Spitze bis in die Mitte der Flamme reichte, als Mittel aus 4 Versuchen, $4\frac{3}{4}$ +E.

Wenn die Flamme durch die Spitze nur durchgeführt wurde, als Mittel aus 5 Versuchen, $7\frac{1}{2}°$ +E.

† 2) Mit Äther.

Es wurde Äther in die Schale des Condensators gegossen und entzündet. Es zeigte sich, als Mittel aus 6 Versuchen, $23\frac{2}{3}$ +E.

† 3) Mit Weingeist auf gleiche Art, als Mittel aus 3 Versuchen, 15° +E.

† 4) Mit Terpentinöhl, als Mittel aus 2 Versuchen, 10° +E.

† 5) Mit Phosphor, als Mittel aus 2 Versuchen, $2\frac{1}{4}°$ +E.

† 6) Äther in einer gläsernen Schale, welche noch isolirt war, angezündet, und die Spitze des Condensators am Rande der Flamme gehalten, gab, als Mittel aus 4 Versuchen, 6° +E.

† 7) Weingeist, wie in 6 behandelt, gab, als Mittel aus 4 Versuchen, 6° +E.

† 8) Wasserstoffgas, auf gleiche Art behandelt, gab, als Mittel aus 4 Versuchen, 4° +E. *)

† 9) Mit einer glühenden Kohle.

Sie wurde in die Schale des Condensators gelegt und Wasser darauf geträufelt bis die Kohle auslöschte. Es zeigte sich, als Mittel aus 5 Versuchen, 8° — E.

*) Die Resultate aus 6) 7) 8) sind viel zu klein, weil ich sie an einem sehr feuchten Tage anstellte. Sie müssen wenigstens so groß angenommen werden als 2) und 3); denn durch Wiederholung von 1) 2) 3) erhielt ich an diesem Tage noch geringere Resultate.

† 10) Salpetersäure auf Zinnfolie, in die Schale des Condensators gegossen, gab, als Mittel aus 5 Versuchen, $7\frac{1}{2}^{\circ}$ —E.

† 11) Verdünnte Schwefelsäure auf Eisen, auf die vorige Art, gab, als Mittel aus 5 Versuchen, $2\frac{1}{2}^{\circ}$ —E.

† 12) Salpetersäure auf Eisen, auf die vorige Art, gab, als Mittel aus 5 Versuchen, 3° —E.

Endlich giebt der Lebensproceß, der aus vielen Affinitätsprocessen (vorzüglich dem Athmungsprocesse) besteht, eine nahmhafte Electricität.

† 13) Man isolire sich und berühre mit den Fingern oder fasse mit dem Munde den Leiter des doppelten Condensators. Schon beim Öffnen des großen divergirt der kleine vor seiner Öffnung um viele Grade. Zuweilen divergirt der kleine, noch geschlossene, ohne Hülfe des großen, um 1 bis 2 Grade. Bei dessen Öffnung schlagen die Blättchen heftig an. Ein stärkerer Lebensproceß bringt größere Effecte hervor. Wenn man nicht athmet, während man den Knopf des großen Condensators im Munde hat, so divergirt der kleine ungeöffnete nicht, und bei seiner Öffnung giebt es nur 17°, dahingegen bei dreimaliger Athmung die Divergenz mehrere hunderte von einfachen Graden ausmacht. Das bloße Anhauchen des großen Condensators erzeugt durchaus keine E. Die Electricität, welche durch Athmung entsteht, ist die positive.

Diese Reihe von Versuchen zeigt unwidersprechlich, daß bei der Oxydation des Wasserstoffs, des Kohlenstoffs, des Phosphors und der Metalle Electrici-

tät entsteht, und daß wir also die Oxydation als eine sichere Quelle von Electricität ansehen können. Die Versuche 1) 2) und 6), 3) und 7) widerlegen überdies die falsche Meinung, als wäre die Flamme positiv, und das Gefäß, worauf sie brennt, negativ.

§. 1306.

Allein obige Versuche sind noch nicht hinlänglich, um die Oxydationstheorie darauf zu bauen, sondern es muß an einzelnen Schichtungen der Säule die Electricität beider Art förmlich dargestellt werden. Die folgenden Versuche wurden so angestellt, daß unmittelbar vor jedem Versuche man sich versicherte, daß im Cuthbersonschen Condensator, dessen Platten $\frac{1}{100}$" von einander abstanden, keine übrige oder zufällige E war, und daß, wenn dessen Leiter Kupfer berühren sollte, er sich in Kupfer, wenn er Zink berühren sollte, er sich in Zink, und wenn er die Flüssigkeit berühren sollte, er sich in Gold endigte, damit, wenn ja in beiden ersten Fällen eine kleine unmerkliche Friction bei dem Anlegen des Leiters Statt finden sollte, sie keine E erzeuge. Die hiezu gebrauchten Platten haben 3" im Durchmesser. Die Pappen waren mit Salpetersäure, mit 5 Theilen Wasser nach Maß verdünnt, getränkt. Die Leitung nach der Erde geschah bald mit Golddrath, bald mit Zinnfolie, ohne Unterschied in den Resultaten.

† 1) Eine Zinkplatte auf eine Pappplatte, jene mit dem Condensator, diese mit der Erde verbunden. Das Mittel aus 5 Versuchen war $7\frac{3}{5}°$ —E.

† 2) Eine Kupferplatte auf einer Pappplatte, jene mit dem Condensator, diese mit der Erde verbunden. Das Mittel aus 7 Versuchen gab 6° —E.

† 3) Eine Pappplatte auf einer Zinkplatte, jene mit dem Condensator, diese mit der Erde verbunden, gab, als Mittel aus 4 Versuchen, $12\frac{3}{4}°$ +E.

† 4) Eine Pappplatte auf einer Kupferplatte, jene mit dem Condensator, diese mit der Erde verbunden, gab, als Mittel aus 4 Versuchen, 9° +E.

+ 5) Die 4 vorigen Versuche, aber ohne Leitung mit der Erde, jeder 3mal angestellt, gaben 0 E.

Es ergiebt sich aus diesen Versuchen, daß die Oxydation, von Kupfer wie von Zink, auf dem Metall —E entwickelt, in der Flüssigkeit aber +E. Da nun diese zwei heterogenen Metalle, nach §. 301., keine Electricität erregen, so können wir nur von der Oxydation die in der Säule vorkommende E herleiten, und das wahre Element der Säule ist Metall und Flüssigkeit.

Auch bloßes Wasser an Stelle der Säure liefert beide E, viel schwächer als Säuren und Salze, wie in der ganzen Säule.

† 6) Eine neue mit destillirtem Wasser benetzte Pappplatte auf einer Zinkplatte, jene mit dem Condensator, diese mit der Erde verbunden, gab, als Mittel aus 7 Versuchen, $1\frac{4}{7}$ +E.

† 7) Eine Zinkplatte auf einer mit destillirtem Wasser benetzten Pappplatte, jene mit dem Condensator, diese mit der Erde verbunden, gab, als Mittel aus 7 Versuchen, $3\frac{2}{7}$ —E.

§. 1307.

Da nach den obigen Versuchen beide Metalle —E und die Flüssigkeit immer +E haben, so muß durch Versuche entschieden werden, was entstehen wird, wenn

die Flüssigkeit zwischen beiden Metallen liegt und sie oxydirt.

† 1) Man lege Zink, Säure, Kupfer in dieser Ordnung auf einander, verbinde Zink mit dem Condensator, Kupfer mit der Erde, so erhält man, als Mittel aus 6 Versuchen, $4\frac{4}{9}°$ — E.

† 2) Man lege Kupfer, Säure, Zink in dieser Ordnung auf einander, verbinde Kupfer mit dem Condensator, Zink mit der Erde, so erhält man, als Mittel aus 9 Versuchen, $6\frac{1}{2}°$ + E.

† 3) Legt man auf der Schichtung von Versuch 1) eine Kupferplatte, und auf der von Versuch 2) eine Zinkplatte, so entsteht dadurch keine Änderung in den E, welche der Condensator anzeigt.

Es folgt aus den zwei ersten Versuchen, daß wenn man die Säule nach der Oxydationstheorie schichtet, wie wir sie in den früheren Versuchen und hier elementarisch geschichtet haben, das Zinkende — E hat, das Kupferende aber (und also das Silberende) + E. Der dritte Versuch beweiset, daß die Zulage von Zink auf Kupfer, oder umgekehrt, die Richtung der beiden E nicht ändert; daß also, obgleich die Art der Metalle den Gang jeder E bestimmt, es nicht in ihrer wechselseitigen Berührung ist, sondern in ihrer Berührung mit der Flüssigkeit.

§. 1308.

Es folgt aus dem Vorhergehenden, daß wenn man nach der voltaschen Hypothese die beiden Metalle als das Element der Säule betrachtet und in folgender Ordnung schichtet:

Zink, Kupfer, Flüssigkeit,

man in der Säule die Wirkung einer Schichtung ver-

liert; auch dieses erweiset sich directe durch die Versuche.

Marechaux hat bei seinen Untersuchungen über das Gesetz der Spannung der Säule, für jede Anzahl von Plattenpaaren, keinen Unterschied zwischen 1 und 2 Plattenpaaren beobachten können.

† Errichtet man aber, nach der Oxydationstheorie, zuerst eine Schichtung, dann zwei, so erhält man in 7 Versuchen für jeden Fall:

mit einem	mit zwei
— 8°	— 12°
— 8½°	— 12½°
— 9°	— 13½°
— 9°	— 12°
— 9°	— 11½°
— 8°	— 12°
— 9½°	— 12½°

die Mittelzahlen sind 8,71 und 12,28. Da aber die Spannungen bei so kleinen Divergenzen sich verhalten, wie die Quadrate der Divergenzwinkel, so sind die Spannungen = 75,86 : 150,79, also = 1 : 2, so genau als man es von solchen Versuchen erwarten kann. Fast eben so genau kommt dieses Verhältniß heraus, wenn man die größten Zahlen 9½ und 13½ nimmt.

§. 1309.

Das Erheblichste, was gegen den Satz, daß durch die Oxydation die Electricität der Säule entstehe, entgegengesetzt worden, ist ein Versuch Biot's, der sehr berühmt geworden ist, und am meisten zur bisherigen Verwerfung dieser Theorie beigetragen hat. Dieser Versuch ist folgender:

Er baute eine Säule von 20 Plattenpaaren auf einen isolirenden Harzkuchen; die Flüssigkeit war eine Auflösung von Alaun. Blieben beide Enden isolirt, so zeigte die mit dem obern Ende der Säule in Verbindung gesetzte coulombsche Waage keine Spur von E. Wurde aber das untere Ende mit der Erde in Leitung gesetzt, so gab das obere 90° durch eine Berührung von $\frac{1}{2}$ Secunde. Nun wurde die Leitung des untern Endes mit der Erde aufgehoben, aber eine zwischen dem obern und untern Ende der Säule angebracht. Die coulombsche Waage zeigte nun am obern Ende wieder oE. Nach 2 Minuten wurde diese Leitung isolirend wieder abgenommen, und das obere Ende der noch ganz isolirten Säule mit der Waage wieder verbunden. Es zeigte sich wieder oE.

Biot zieht folgende Schlüsse aus diesem mit der äusserstenSorgfalt angestellten Versuche: Während die Säule das erstemal ganz isolirt war, circulirten beide durch die Berührung der Metalle erregten Electricitäten in der Säule frei herum, und banden sich wechselseitig an den Enden. Hätte nun die Oxydation einen Zusatz an E, in den zwei Minuten der Schließung der Säule, erzeugt, so hätte die Waage ihn angeben sollen. Da aber ein Irrthum von 2 Grad, in der Beobachtung der coulombschen Waage, nicht wohl möglich ist, und an dieser Waage die electrische Tension nahe zu den Cuben der Repulsionswinkel proportional ist, und der Totaleffect der Säule 90° beträgt, so ist der durch die Oxydation hinzugekommene Zuschuß an E kleiner als $\frac{1}{90000}$ dieses Totalef-

fects. Da aber dieser Zuschuß sich in 120 Secunden nicht zeigte, der Totaleffect aber in $\frac{1}{2}$ Secunde, so muß die Electricitätserregung durch Oxydation, noch durch 240 dividirt werden; folglich kann die durch Oxydation in gleichen Zeiten erzeugte Electrität nicht $\frac{21}{60000}$ derjenigen seyn, welche durch die Berührung der Metalle entsteht.

Biot irrt in diesem Schlusse doppelt. Einmal setzt sein ganzes Raisonnement voraus, daß die Oxydation nur eine der beiden E erzeugt; sonst, wenn beide erzeugt werden, so müssen sie sich bei Schließung der Säule binden; so gut als die, welche von der Berührung der Metalle herrühren sollen. Es zeigt aber §. 1306., daß wirklich die beiden E durch Oxydation erzeugt werden. Also ist der Schluß Biot's von dieser Seite unrichtig.

Zweitens setzt Biot voraus, daß die Berührung der Metalle Electricität erzeuge. Allein, nach §. 1301., zeigt sich, am sehr empfindlichen Cuthbersonschen Condensator *), gar keine E, welche aus der Berührung

*) Der kleine Condensator am Cuthbersonschen ist so empfindlich, daß wenn während seiner Schließung die Blättchen um $\frac{1}{2}$ Grad divergiren, sie beim Öffnen an die Wände anschlagen, und also über 90° divergiren; folglich bloß nach Graden, nicht nach den Quadraten, 180mal mehr. Der große Condensator, wenn er in Leitung mit dem kleinen ist, bewirkt eine 25fache Multiplication. Folglich ist auf diesem Instrument $\frac{1}{25}$° des benetschen Electrometers sichtbar; mithin dieses Instrument weit empfindlicher als Coulomb's Waage. Wollte man die Tension der E, durch die Berührung der Metalle, nach dem Quadrate des Repulsionswinkels berechnen, so würde man finden, da sie am Cuthbersonschen Condensator nichts, also nicht $\frac{1}{2}$° anzeigt, daß sie weniger als $\frac{1}{7200}$ der Electricität, welche die Oxydation anzeigt, betragen muß.

zweier Metallplatten entstehen soll. Und so gelten Biot's Versuch und Raisonnement völlig gegen Volta's Theorie, wenn sie je Gültigkeit haben können. Wenn aber überhaupt auf beide Arten die beiden E entstünden, so giebt's kein Mittel, sie an der Säule zu scheiden. Nur an einem einzelnen Elemente derselben ist die Trennung möglich. Dieses geschah in §. 1301. und 1306., und da zeigte sich nur eine Entstehung der E, die durch Oxydation.

Construction des Phänomens des Durchganges beider E in entgegengesetzter Richtung durch die Schichten der Säule.

§. 1310.

Diese Construction war bisher immer das Schwerste in der galvanischen Theorie. Mit jedem Schritte in derselben häufen sich die Schwierigkeiten. Die erste derselben ist folgende: Wie ist's möglich, nach den bisherigen electrischen Principien, daß +E und —E sich in zwei einander vollkommen berührenden Körpern, +E in der Flüssigkeit, —E im Metall, nicht wechselseitig binden?

In jedem Augenblicke der Oxydation entsteht eine Schichte Oxyd, und zwar muß diese Oxydschichte, im Augenblicke der Entstehung vollkommen trocken seyn; da in derselben ein Wärmegrad angenommen werden kann, der der Glühhitze gleich kommt; im nächsten Augenblicke aber wird sie von der Flüssigkeit durchdrungen. Diese Schichte Oxyds ist für den Augenblick ihrer Entstehung, und also der Entstehung beider E, ein Isolator; zwar ist diese Oxydschichte physisch-unendlich dünne; der Grad der E, der dabei entsteht,

ist aber auch kaum $\frac{1}{100}$ Grad des Bennetschen Electrometers. Folglich müssen beide durch die Oxydschichte getrennt seyn im Augenblicke ihrer Entstehung, im folgenden aber nicht mehr. Wird nun die eine E durch eine Leitung mit der Erde gebunden, so muß die andere im Augenblicke ihrer Entstehung sich thätig zeigen, und die Condensatoren zeigen uns nur diese entstehende E an. Ist aber die Schichtung völlig isolirt, so binden sich die E im Augenblicke nach ihrer Entstehung, und der Condensator muß o E anzeigen.

§. 1311.

Die zweite Schwierigkeit ist folgende: Da nach §. 1306. jede der beiden Metallplatten durch die Oxydation —E erhält, die Flüssigkeit aber +E; wie kommt es, daß wenn man die Schichtung: Zink, Flüssigkeit, Kupfer, macht, das Zink nach §. 1307. —E behält, Kupfer aber +E erhält?

Es stelle Fig. LVII. eine solche Schichtung vor, wo zwei Oxydationen vorfallen. Durch die des Zinks erhält dieses Metall —E, die Flüssigkeit +E. Durch die des Kupfers erhält dieses —E, die Flüssigkeit +E; und so bekommt also die Flüssigkeit +2 E. Ist das Ganze isolirt, so binden sich beide Paare +E und —E und der gemeinschaftliche Zustand ist, der Erfahrung gemäß, o E. Wird aber das —E des Zinks durch eine Leitung mit der Erde gebunden, im Augenblicke seiner Entstehung, so bleiben nun in der Schichtung +2 E und —1 E. Das —E bindet ein +E, und es bleibt also ein +E übrig, welches nach Z oder K hinüber gehen kann. Da aber, nach §. 1266., das Kupfer eine 4- bis 5mal so große Capacität für die E hat, als das Zink, so zieht es also die E so vielmal

stärker an, und so muß der größte Theil des überschüssigen +E zum Kupfer übergehen, der kleinere aber geht durch das Zink und dessen Leitung nach der Erde verloren. Umgekehrt, hat man das Kupfer mit der Erde in Leitung gesetzt, so geht der größte Theil des überschüssigen +E mit dem —E des Kupfers in die Erde, und nur ein kleiner Antheil des +E geht in das Zink über, bindet dort einen eben so kleinen Antheil dessen —E, und der überschüssige größere Theil dieses —E zeigt sich am Condensator. Aus dieser Erklärung folgt, daß bei der doppelten Oxydation ein kleiner Theil der durch eine einfache Oxydation erzeugten E für den Totaleffect verloren geht; welches die Versuche §. 1306., mit den in §. 1307. verglichen, beweisen; daher auch sind die nicht oxydirbaren Metalle, an Stelle des Kupfers in der Säule, bekanntlich vortheilhafter.

§. 1312.

Es sey Fig. LVIII. eine doppelte Schichtung, bei welcher wir zuerst annehmen wollen, daß das Metall K nicht oxydirt werde, sondern nur das Metall Z. Von der Flüssigkeit können wir annehmen, daß sie die beiden Metallplatten physisch vollkommen berühre, und mithin auch jedes E ihnen durch Mittheilung oder Vertheilung zuführen könne. Dagegen berühren sich die Metallplatten, so glatt und auf einander passend sie seyn mögen, nur in sehr wenigen Punkten, und es ist aus dem Obigen schon bekannt, daß die wohlpolirten einander sogar berührenden Platten sich die E nur sehr schwer wechselseitig mittheilen. Zwei auf einander liegende Metallplatten müssen also angesehen werden als solche, welche ein-

ander die E im ersten Augenblicke nicht mittheilen, sie aber im Vertheilungszustande, ihrer großen Nähe wegen, darstellen. Denn wir kennen an der Electricität nur Mittheilung und Vertheilung. Betrachten wir nun diese doppelte Schichtung, so wird auf Z 1 die — E, in der Flüssigkeit + E erzeugt. Dieses + E geht durch Mittheilung in K 1 über. Zugleich aber wird in Z 2 die — E, und in dessen Flüssigkeit + E erzeugt. Dieses + E geht in K 2 über. Also liefert jede Oxydation für sich in Z 1 die — E einfach, in K 2 die + E einfach. Aber es stehen — E in Z 2 und + E in K 1 einander gegenüber, und wirken vertheilend auf einander. Die — E auf Z 2 zieht die + E des K 1, der Flüssigkeit 1 und des Z 1 an, und entwickelt, am entgegengesetzten Ende dieser Reihe sich vollkommen berührende Leiter, eben so viel — E. Folglich hat Z 1 nun — 2 E. So zieht die + E auf K 1 die — E des Z 2, der Flüssigkeit 2 und des K 2 an, und bewirkt am andern Ende dieser Reihe von einander vollkommen berührenden Leitern eben so viel + E. Folglich hat K 2 nun + 2 E. So geht es von Schichte zu Schichte zu, und so ist's klar, daß, so wie zwischen K 1 und Z 2 (der Mitte dieser Säule von 2 Schichtungen) o E Statt findet, es auch in einer großen Säule von vielen Schichtungen Statt finden muß. Aber dieses Spiel aller dieser E geht verloren, wenn nicht Z 1 oder K 2 mit der Erde in Verbindung steht, weil + E und — E sich dann einzeln in jeder Schichtung wechselseitig zu binden Zeit haben.

Nimmt man an, daß K ein oxydirbares Metall sey, so hat man, nach §. 1311., wieder in Z 1 und K 1, — E und + E; so auch in Z 2 und K 2. Folg-

lich wieder in K 1 und Z 2 +E und —E einander gegenüber; folglich die Vertheilung wie vorher.

So begreift sich demnach das so räthselhafte Phänomen der Wanderung beider E durch dieselben Leiter in entgegengesetzter Richtung, durch die bloße Anwendung unsrer bekannten Gesetze der Electricität, und ohne irgend einem derselben Zwang anzuthun, ohne neue Eigenschaften der Electricität oder der ponderablen Stoffe willkührlich anzunehmen.

F. Chemische Wirkungen der galvanischen Electricität.

§. 1313.

Die chemischen Wirkungen der voltaschen Säule, welche wir schon kennen gelernt haben, zeigen uns Phänomene, welche, mit der Theorie der Entstehung der galvanischen Electricität verglichen, uns einen der größten Blicke in die Naturwirkungen thun lassen. Die Oxydationstheorie hat uns gezeigt, daß die Electricität der Säule durch die Oxydation der Metalle erzeugt wird; in den zunächst zu betrachtenden Phänomenen werden wir Desoxydation vieler Stoffe, Hydrogenisation Anderer, durch dieselbe Electricität, entstehen sehen. Dieses doppelte Schauspiel zeigt uns also die Electricität, in der Zusammensetzung und Zerlegung der Stoffe, bald als Wirkung, bald als Ursache auftreten, und beides zugleich in der angewandten Electricität der Säule. So umgiebt uns also Electricität von allen Seiten in allen Operationen der Natur und der Kunst, und wenn wir früher diese herrlichen Wirkungen, ihrer kleinen Intensität wegen,

nicht erkannten, so müssen wir dem großen Erfinder der Säule um so mehr Dank wissen, dessen Erfindung uns den Blick in dieses wichtige Geheimniß erlaubte, und uns so viele neue Quellen von Forschungen eröffnete.

Zersetzung des reinen Wassers.

§. 1314.

1) Wenn man völlig reines destillirtes Wasser in eine Glasröhre füllt, dessen beiden Enden mit Korken verschlossen werden, durch welche man goldene oder Platinadräthe durchgesteckt hat, dessen Enden in Wasser sich nicht berühren, und die äussern Enden dieser Dräthe mit den Enden einer aufgestellten voltaschen Säule verbindet, so entwickelt sich, an jedem Ende dieser Dräthe im Wasser, Gas, an dem — Ende beträchtlich mehr als an dem + Ende.

2) Verrichtet man diese Operation in einem Apparate, wodurch jedes Gas besonders aufgefangen wird, so findet man, daß das Volum dieser Gase nahezu im Verhältniß 2 : 1 ist; jedoch desjenigen, welches auf der + Seite entsteht, etwas zu wenig zu diesem Verhältniß. *)

3) Vermischt man das Gas von der — Seite mit halb so viel Sauerstoffgas, und das von der + Seite mit doppelt so viel Sauerstoffgas, und endlich beide erzeugten Gase in ihrem gefunde-

*) Nach dem genauesten Versuche, den ich anstellte, erhielt ich das Verhältniß 2,2 : 1. Simons großer Versuch gab 2,527 : 1.

nen Verhältniß unter einander, so hat man durch den electrischen Funken in allen drei Fällen die Entzündung und die Wassererzeugung, und es bleibt nur ein unbedeutender Rückstand, der sich als Stickstoff zeigt.

4) Legt man den Versuch 1) an, aber mit Dräthen von Kupfer, Silber, Eisen, Blei ꝛc., so oxydirt sich die Spitze von der + Seite stark, liefert kein Gas oder nur höchst wenig.

Diese Versuche beweisen offenbar, daß die erzeugten Gase Wasserstoff und Sauerstoff sind, im Verhältniß zur Wassererzeugung, und folglich, daß eine Wasserzersetzung hier vorgeht.

§. 1315.

Diese Wasserzersetzung geht vor sich, auch wenn die beiden Wasserportionen, in welche die Spitzen tauchen, von einander abgesondert sind.

1) Man stelle zwei Glasröhren nahe bei einander aufrecht, und schließe ihre unteren Enden mit Korken, durch welche Golddräthe bis $1\frac{1}{2}$ Zoll der obern Mündung reichen, lege sehr reinen gebleichten Zwirn zur Verbindung der obern Mündungen nachdem man sie mit Wasser gefüllt hat. Sobald die beiden Dräthe mit den Enden der Säule verbunden werden, geht die Wasserzersetzung Anfangs schwach vor sich, aber in etwa $\frac{1}{2}$ Minute mit ihrer ganzen Energie.

2) Legt man ein Stück Muskelfleisch an die Stelle des Zwirns, so geht diese Operation, und mit noch größerer Energie, vor sich.

§. 1316.

Diese zwei einfachen Versuche wiederlegen alle

Hypothesen, die sich auf Circulation des Wassers in der einfachen Röhre oder auf eine Überführung des einen Gases von einer Spitze zur andern gründen, und womit man diese zwei partiellen Zersetzungen des Wassers zu erklären gesucht hat. Die Erklärung dieses wichtigen Phänomens liegt im einfachen Ausdrucke des Phänomens selbst, nämlich: die positive Electricität trennt den Sauerstoff in Gasgestalt aus dem Wasser; die negative Electricität trennt den Wasserstoff in Gasgestalt aus dem Wasser. Wasserstoff und Sauerstoff sind im Wasser chemisch verbunden; daß sie im gemeinen Wasser im Sättigungszustande angetroffen werden, beweiset nicht, daß sie nur in diesem Verhältniß bei einander seyn können, die entzündlichen Substanzen zeigen sie uns in sehr verschiedenen Verhältnissen, wobei der Kohlenstoff sich immer als dritter befindet. Beide im freien Zustande verbinden sich für sich nur im Sättigungsverhältniß, um so mehr, da beide ihre Gasform verlieren müssen, um sich zu verbinden nach Affinität der 2ten Art. Nach der Affinität der 1sten Art verbindet sich der Sauerstoff, und vielleicht ein kleiner Antheil Wasserstoff, noch mit dieser Mischung, nach der allgemeinen Analogie der Affinitätsverbindungen. Kommen nun zu dem fertigen Wasser zwei neue Stoffe, +E und —E, so ist's wieder dieser Analogie gemäß, daß eine partielle Trennung geschehe. Ausserdem wissen wir, daß der electrische Funke, d. h. die Bindung beider E, das Wasserstoffgas und das Sauerstoffgas zu Wasser bindet; folglich war schon zu erwarten, daß die Wirkung der einzelnen E, das heißt ihre Tren-

nung im Wasser, eine Zersetzung des Wassers bewirken würde.

§. 1317.

Aus dieser einfachen Ansicht dieses Processes folgt, daß das Wasser auf der + Seite, welches einen Theil Sauerstoff verloren hat, ein überhydrogenirtes Wasser sey, das Wasser auf der — Seite aber ein überoxydirtes. Dieses sollte nun streng erwiesen werden durch directe Versuche, um die obige natürliche Erklärung des Phänomens zu einer unumstößlichen Theorie zu erheben. Allein die chemische Untersuchung der modificirten Wasserportionen ist Schwierigkeiten unterworfen, welche bis jetzt nicht gehoben werden konnten, weil, obgleich jedes eben von einem Theile Hydrogen oder Oxygen beraubtes Wassertheilchen ohne Zweifel besondere namhafte Eigenschaften besitzt, diese Eigenschaften nicht darstellbar sind, weil die modificirten Wassertheilchen sich mit einer zu großen Menge unzerlegten Wassers sogleich mischen und unsre Reagention diese so geschwächten Eigenschaften nicht mehr ergreifen können. Es fehlt zwar nicht an bestimmten chemischen Unterscheidungskennzeichen zwischen diesen beiderlei Wassermassen; sie wirken z. B. als Alkali und Säure; sie wirken verschieden auf das Muskelfleisch; bei ihrer Mischung geht, nach meinen Versuchen, eine Temperaturerhöhung von etwa $\frac{1}{2}$° R. vor. Allein es erzeugen sich durch den Proceß wirklich auch ein Alkali und eine Säure, und man kann also diese Kennzeichen nicht als solche ansehen, welche dem modificirten Wasser ausschließlich gehören.

§. 1318.

Diese Erzeugung von einer Säure auf der + Seite, eines Alkali auf der — Seite, welche bei der Zersetzung einer Auflösung von Lackmus sich sogleich zeigt, hat die Physiker lange beschäftigt. Pacchiani kündigte dieses Phänomen als die Entdeckung der Synthesis der Salzsäure mit Pomp zuerst an. Die Zeit und die Bemühungen der Physiker, und vorzüglich Davy's, haben diese wichtige Frage entschieden. Das Resultat dieser Untersuchungen ist kurz folgendes: Wenn man Wasser mittelst Platina- oder Golddräthen allein zersetzt, so daß das Wasser sich in einem Gefäße befindet, so zeigt sich in der Regel weder Alkali noch Säure, weil dasjenige, was von beiden entstehen mag, sich wechselseitig bindet. Werden aber 2 Portionen Wasser, so rein als es eine sorgfältige Destillation giebt, in einzelne Gefäße abgesondert, und der Einwirkung der Säule ausgesetzt, so entsteht immer Säure und Alkali, welche Zwischenverbindung man auch gebraucht habe, eine metallene ausgenommen, welche aber einen doppelten Proceß in jedem Gefäße einleitet, und also zu diesen Versuchen nicht taugt. Die Quantität der Säure und Alkali sind aber sehr verschieden, nachdem man diese oder jene Substanz zum Zwischenleiter genommen hat. Ist es eine animalische Materie, so erhält man ihrer am meisten, und zwar Salzsäure und Ammonium. Mit vegetabilischen Substanzen zeigt sich, in geringer Menge, Salzsäure und Natron. Diese Resultate, welche noch oft variiren, beweisen wohl schon, daß diese Producte nur zufällig waren, und Davy unterwarf sowohl das Wasser, als die Gefäße, einer stren-

gen Prüfung. Er fand bald, daß das Glas, in welchem die Versuche gewöhnlich angestellt werden, das Natron hergab. Achatbecher, die er an die Stelle des Glases nahm, lieferten ihm Anfangs auch Natron; als sie aber durch diese wiederholten Versuche gleichsam ausgelaugt waren, gaben sie dessen nicht mehr; so zeigte sich auch kein Natron, wenn er kleine Kegel von reinem Golde nahm. An seinem gewöhnlichen destillirten Wasser fand er durch langsame Destillation im Rückstande eine Materie, welche, geglüht, sich als Alkali zeigte; *) das Product dieser langsamen Destillation nahm er nun als reines Wasser, und operirte sowohl in den goldenen Kegeln, als auch in den Achatbechern, die nun kein Natron mehr hergaben, und er fand, mit Asbest als Zwischenleitung, daß +E einen sehr kleinen Antheil Salpetersäure, —E einen sehr kleinen Antheil Ammonium lieferte. Diese Producte aber entstanden in kaum zu erkennender Menge als er die Wasserzersetzung im luftleeren Raume anstellte. Woraus es erhellt, daß sie dem Stickstoffe, welches jedem Wasser beigemischt ist, in Verbindung mit dem frei werdenden Sauerstoff auf der +Seite und dem frei werdenden Wasserstoff auf der — Seite ihr Daseyn zu verdanken haben.

§. 1319.

Der electrische Proceß ist bei der Wasserzersetzung kurz folgender: Das Wasser ist bekanntlich kein vollkommener Leiter der Electricität, und zeigt sich

*) Es ist bekannt, daß das gewöhnliche destillirte Wasser, welches auf salpetersaures Silber nicht im geringsten reagirt, dennoch nach und nach eine weiße schleimigte Materie fallen läßt.

hier namentlich als solcher, da die Stärke der Wasserzersetzung mit der Entfernung der Spitzen abnimmt. So ist dieser Proceß in einer Röhre von 6‴ Durchmesser und 36″ Länge sehr schwach, der in einer Röhre von gleichem Durchmesser und wenigen Zollen Länge sehr stark ist. Die Kleinheit der Leitungsfähigkeit ist aber bei kleinen Graden von E am merkbarsten, und so müssen wir annehmen, daß hier das Wasser die beiden E sich förmlich zu verbinden hindert, und ihnen nur die Wirkung der Vertheilung auf einander erlaubt. Wird nun +E und −E, von den beiden Polen der Säule, den Enden der Spitzen zugeführt, so wirken sie vertheilend auf einander; die E häufen sich wechselseitig in der entgegengesetzten Spitze an, wie in der Belegung der isolirten kleistischen Flasche, und machen durch diesen beständig erneuerten Vorrath die Gasification möglich, indem diese angehäufte E, jede seine entgegengesetzte natürliche E des umliegenden Wassers bindet, und der andern die Freiheit zur Entbindung des Gases die Möglichkeit verschafft. Die hier zum Grunde angenommene Vertheilung der E, in diesem Proceß, zeigt sich durch folgenden sehr bekannten Versuch:

Man nehme einen Apparat, wie Fig. LIX. zeigt, beide Röhren mit Wasser gefüllt, jede mit einer kupfernen Spitze A und B, und dann zur Leitung einen messingenen Drath C. Es sey A mit dem negativen, B mit dem positiven Pol der Säule verbunden, so entsteht ein vollständiger Wasserzersetzungsproceß in jeder Röhre, und die in der Figur angezeigten E stellen sich dem

Auge gleichsam dar, durch die Oxydation der Spitze B und des Draths an dessen der Spitze A zugekehrtem Ende. Sind die Spitzen und der Drath von Gold, so erhält man an allen vier Enden die zugehörigen Gase.

Hier kann nur die Vertheilung die E an den Enden des Draths darstellen; die Mittheilung würde die entgegengesetzten bewirkt haben. So können mehrere Processe zugleich eingeleitet werden, denn ein einzelner Proceß verbraucht bei weitem nicht alle E der Säule. So zeigt eine Säule, deren gewöhnliche Spannung 3° ist, noch 2°, wenn schon drei Wasserzersetzungsprocesse an derselben zugleich Statt finden.

Daß ferner die große Menge E, welche zu diesem Processe erforderlich ist, bei der kleinen Spannung der Säule, nur durch die durch Vertheilung Statt findende Anhäufung herbei geführt werden kann, zeigt die Wasserzersetzung durch die Electrisirmaschine. Nur wenn diese von beträchtlicher Größe ist, und sehr energisch wirkt, ist dieser Proceß möglich. Eine mittelmäßige Maschine thut es nicht; dagegen aber thut es die kleinste kleistische Flasche.

Endlich erklärt die obige Theorie das merkwürdige Phänomen, daß die verdünnten Säuren und die Salzauflösungen einen weit stärkern Zersetzungsproceß zulassen als das Wasser, besonders als das destillirte. Denn, da diese Flüssigkeiten eine weit größere Capacität für die E haben, so nehmen sie von jeder E der Spitzen weit mehr an als das Wasser, und müssen also einen größern Effect zulassen.

Zersetzungen anderer Flüssigkeiten.

§. 1320.

Alle durch chemische Mittel zersetzbare tropfbarflüssige Verbindungen des Sauerstoffs, mit einer oxydirbaren Grundlage, zersetzen sich durch die electrische Wirkung der Säule. Dahin gehören die Säuren für sich, und ihre Verbindungen mit Alkalien, Erden und Metallen. Von letztern schlagen sich einige in dendritischer Gestalt nieder, als: Silber, Blei, Kupfer ꝛc., andere, als das Eisen, nur als Oxyde. Die festen Alkalien zersetzen sich nicht, wohl aber das Ammonium, indem die + Seite Sauerstoff und Stickstoff, im Verhältniß 3 : 2, und ausserdem eine Säure liefert, welche die Goldspitze zerfrißt; eine Eigenschaft, welche Salpetersäure unter Mitwirkung der E besitzt.

Die allgemeine Regel, welche bei diesen Zersetzungen beobachtet wird, ist folgende: Der Sauerstoff oder die Säure entwickeln sich an der positiven Spitze, die Basis aber an der negativen.

Versuche mit einigen Zersetzungen dieser Art.

Diese Zersetzungen sind nicht immer unmittelbare Wirkungen der E, sondern meistens mittelbare. Der Wasserstoff, der auf der — Seite sich frei macht, wird, wenigstens zum Theil, dazu verwandt um die Desoxydation zu bewirken; auf der + Seite entweicht bloß der Sauerstoff als Gas. Daher ist die Gegenwart des Wassers zu diesen Zersetzungen erforderlich. Ganz wasserfreier Weingeist zersetzt sich nicht, wahrscheinlich auch ganz wasserfreie Schwefelsäure. So mit den Säuren und Oxyden. Mit der Trennung

der Salze hat es mehr Schwierigkeit zur directen Construction des Phänomens.

§. 1321.

Davy hat eine Menge sehr interessanter Versuche über die Zersetzung der Salze in abgesonderten Gefäßen, mittelst der voltaschen Säule, angestellt, aber eine Hypothese darauf gegründet, die ihres großen Scheins von Wahrheit wegen eine besondere Würdigung verdient, um so mehr, da durch diese Untersuchung das aufgehellt wird, was im vorigen §. dunkel blieb. Seine Hauptversuche können unter folgende allgemeine Schemata begriffen werden. Es seyn zwei Gefäße, A und W, von unauflöslicher Materie; in A wird ein Salz a, deren nähere Bestandtheile s und b (Säure und Basis); im andern, W, reines Wasser w. Man setzt beide mit einander, durch ein Stück Asbest (irgend eine lockere, nicht leicht zersetzbare Substanz), in Verbindung, und verbindet dann die Flüssigkeiten jede mit einem Pole der Säule, und dann umgekehrt, so wird in beiden Fällen die Zerlegung des Salzes vorgehen, und s sich an der + Seite, b an der — Seite finden. In dem einen Falle, wenn nämlich W mit dem — Pol verbunden ist, findet sich b mit w gemischt; im andern, wenn nämlich W mit dem + Pol verbunden ist, findet sich s mit w gemischt.

Aus diesen Versuchen zieht nun Davy den Schluß, daß die Electricität die Stoffe nicht nur trenne, sondern sie herüber bringe, die — E die Grundlagen, die + E die Säuren.

Er ändert das Schema, nimmt zwei Gefäße W mit w gefüllt, und das dritte A mit dem Salze a,

welches er mit jedem der W in Verbindung durch Asbest setzt, und die W mit den Polen der Säule. Hier geschieht gleichzeitig, was im 1sten Schema nur in zweimal geschehen ist.

Er ändert noch einmal das Schema ab, setzt zu den Gefäßen des ersten ein drittes Gefäß V, mit einer Flüssigkeit v, welche zu s oder b Affinität hat, verbindet A und W mit V durch Asbest, und A und W einzeln durch Metalle mit den Polen der Säule. Zugleich aber legt er von der Substanz v auf den Asbest beiderseits. Ist nun v mit s verwandt, und mit + Pol verbunden, so zeigt sich die Wirkung der Affinität am v auf dem Asbest, und zwar am äussersten dem + Drathe zugekehrten Ende zuerst, ehe sie sich im Gefäß V zeigt.

Daraus zieht Davy den Schluß, daß diese Transpositionen von s und b, sogar troß den Affinitätsgesetzen, Statt finden, und daß mithin die Electricität sich um die Affinität der Stoffe nicht bekümmere, ja sogar sie hemme oder zerstöre.

Diese Hypothese, welche Ritter schon für die einfache Wasserzersetzung aufgestellt hatte, ist einer der besonders für die Physiologie gefährlichen Irrthümer, welche der Physiker durchaus widerlegen muß. Denn wenn die bloße Electricität specifische Stoffe in der Entfernung transportirt, und dabei ohne Rücksicht auf die Affinität, welche sie mit andern auf ihrem Wege befindlichen Stoffen haben können, so darf man sich nicht wundern, wenn der Physiolog seine Lebenskraft zur Bezähmerin aller Affinität zu machen wagt, und er findet nun in Davy's Lehrsatze eine

neue mächtige Stütze für seine widernatürliche Behauptung.

§. 1322.

Davy's Fehler liegt einzig darin, daß er unsre Affinitätsgesetze nicht kannte, nämlich die Wanderung der Stoffe zu einander, wenn sie sich berühren. Hier die Erklärung aller dieser Phänomene nach diesen Gesetzen:

Der Asbest, eine fibröse Substanz, füllt sich beim Einlegen in die Flüssigkeiten mit denselben an, und liefert dadurch einen offenen Kanal zur Wanderung der Stoffe. Wir nehmen das zweite Schema als das allgemeinste vor; dessen Erklärung involvirt die der übrigen. Hier muß a (das Salz) nach dem Affinitätswanderungsgesetze zu beiden w wandern, und diese beide w zu a. Würde die E diesen Proceß nicht stören, so müßte nach einiger Zeit a sich in W und W finden, und w in A; nach einer unendlichen Zeit gleich vertheilt aber unzerlegt. Als diese Wanderung anfängt, lasse man +E und —E wirken, so entwikkelt sich auf der +E Seite Sauerstoffgas, auf der —E Seite Wasserstoffgas. Es tritt also unzersetztes Salz, mit den Theilen des Wassers, welche diese Stoffe verloren haben, in Verbindung. Hier gilt es äusserst kleine Massen der Flüssigkeit, welche also, die eine äusserst stark überoxydirt, die andere eben so stark überhydrogenirt seyn werden. Die Säure muß, als eine gegen das hydrogenirte Wasser heterogenere Substanz, zu ihr mehr Affinität äussern, und folglich sich stärker mit ihr verbinden, die Basis aber weniger, desto mehr aber mit dem Wasser, welches noch unzersetztes Salz enthält. Folglich muß s bei der +Spitze bleiben, und b mit dem Wasser auf die andere Seite

wandern. So müssen auf der andern Seite die überoxydirten Wassertheilchen zu b eine größere Affinität zeigen, zur Säure eine geringere; und besonders als zu dem Wasser, welches noch unzersetztes Salz enthält; also muß die Säure auf die andere Seite mit dem reinen Wasser wandern.

§. 1323.

Diese der Natur gemäße Erklärung findet in dem dritten Schema eine besondere Stütze; denn da nach derselben das Salz nur bei jeder Spitze zersetzt wird, so ist's begreiflich, warum die s oder die b nur jenseits des Gefäßes V, und zwar zunächst am Wasser des GefäßesW, sich frei zeigt; denn sie wandern von dem Gefäße A dahin, nicht schon als freie s und b, sondern noch als a gebunden. Wenn s und b dahin, wo sie hinkommen, durch die E angezogen oder zurückgestoßen würden, so müßten sie auf v in V reagiren, welches aber nicht der Fall ist, und auch nicht seyn kann, da sie nicht im gelöseten Zustande durch dieses Gefäß V wandern. Diese Schlußfolge wird durch einen Versuch Davy's selbst, aus dem 3ten Schema, bis zur völligen Evidenz erhoben. Hier hatte Davy in A schwefelsaures Kali, in W destillirtes Wasser, und in V gesättigtes Barytwasser. A war mit dem —Pol, W mit dem +Pol verbunden, und zwei Streifen Asbest verbanden A mit V und V mit W. Es schlug sich bald das Baryt aus V nieder, aber W zeigte noch keine Spur von Säure, welche Spur erst nach 4 Tagen erschien, da das Barytwasser indessen so zersetzt wurde, daß es kaum noch auf geröthetes Lackmuspapier reagirte. Hier sieht man deutlich sowohl den Übergang des unzersetzten Salzes bis zum

Baryt, als die nicht geschwächte Thätigkeit der Affinität, welche die Fällung des Baryts bewirkte, weil Baryt eine stärkere Affinität zur Schwefelsäure hat als das Kali. In den andern Versuchen, des 3ten Schema, hatte Davy Lackmuspapier und Curcumapapier genommen, um den Übergang der Säure und des Kali zu bezeichnen; diese beiden Stoffe reagiren aber bekanntlich auf gesättigte Mittelsalze gar nicht. Strontionwasser verhielt sich in einem andern Versuche wie Barytwasser, mit dem bloßen Unterschiede, daß die Säure schon nach 3 Tagen in W erschien. Es verhalten sich aber auch die Affinitäten des Baryts und des Strontion zur Schwefelsäure nach Berthollet = 222 : 133, also nahezu = 4 : 3.

Endlich hat Davy noch durch einen besondern Versuch das Letzte gethan, was zur Widerlegung seiner Hypothese nur wünschenswerth war. Er fand nämlich, daß, bei gleicher Stärke der Säule, die s in 5 Minuten sichtbar übergangen war, wenn die ganze Wasserlänge zur Wanderung nur 1 Zoll betrug; hingegen die Erscheinung derselben s 14 Stunden, mithin 168mal so viel Zeit, erforderte, wenn man ein Zwischengefäß mit gereinigtem destillirten Wasser dazwischen legte, wobei die Länge der flüssigen Leitung 8 Zoll betrug. Wenn nun die Electricität die Übertragung der Stoffe selbst verrichtet, so muß die Weite des Weges keinen Unterschied in der Zeit bewirken, da sie auf alle gemessenen Längen in einer unmeßbar kleinen Zeit wirkt. Aber in der Affinitätswanderung macht der Raum einen bedeutenden Unterschied in der Zeit bis zur ersten sichtbaren Erscheinung des wandernden Stoffs an einer bestimmten Stelle; und

überdies kam das wandernde Salz in ein Gefäß mit Wasser, wo es sich damit verband, und dann erst aus diesem Mittelgefäße nach W wanderte, und mithin dort viel später erscheinen konnte. Daher auch die Zeiten sich nicht wie die durchlaufenen Räume verhalten, sondern in diesem 21fachen Verhältnisse stehen mußten.

§. 1324.

Diese Betrachtungen, über die Zerlegung der Salze durch die E, beweisen von neuem die Wichtigkeit der Lehre von der Wanderung der Stoffe durch Affinität, und geben uns zugleich ein merkwürdiges Beispiel der Gefahr, in welche die vorzüglichsten Physiker sich begeben, wenn sie bei Erfindung ihrer Hypotheses nicht die ganze Wissenschaft vor Augen haben, und, durch die aus diesen Fehler entstehende Armuth an Ideen verleitet, sich erkühnen, die Eigenschaften der Materie zu meistern, sie nach Gefallen leben oder sterben zu lassen. Nie hat die Natur ein Alkali und eine Säure uns beisammen ohne Wechselwirkung gezeigt: nie hat sie uns eine Zernichtung des Affinitätsgesetzes geliefert, und nie wird sie es thun. Unter allen Umständen bleiben ihre Gesetze in voller Kraft; sie veralten nicht. Des Physikers Pflicht ist, die Phänomene aus der Thätigkeit aller Naturkräfte, nie aus der Vernichtung der einen oder der andern, zu erklären.

Drittes Kapitel.

Allgemeine Theorie der Electricität.

§. 1325.

Der erste Schritt zu dieser allgemeinen Theorie muß darin bestehen, daß, so wie in der galvanischen

Electricität der Modus der Entstehung bestimmt worden ist, dieser Modus auch für die Reibungselectricität assignirt werde. Es war bis jetzt angenommen, daß die Reibung an sich Electricität erzeuge. Diese Meinung stützte sich nicht bloß auf die oberflächliche Ansicht der Phänomene der Reibungselectricität, sondern auch auf eine sprechende Analogie, die der Erregung der Wärme durch Reibung. Indeß bleiben immer noch zwei unauflösliche Schwierigkeiten, nämlich, warum bei der electrischen Reibung nicht bloß Wärme, aber Electricität, und dann, warum zwei Electricitäten erscheinen? Diese zwei unauflösliche Aufgaben hätten viel früher diese Hypothese umstoßen und auf neue Untersuchungen leiten sollen. Das schon längst bekannte Phänomen, daß ein nur mäßig gut gekochtes Barometer bei dem Schwenken der Queckſilbersäule E zeigt, ein völlig luftleeres aber nicht, mußte schon andeuten, daß die atmosphärische Luft bei allen unsern Reibungsversuchen zur Entstehung der E nothwendig ist. Diesen wichtigen Satz hat D. Heidmann in Wien durch folgende Versuche ausser allen Zweifel gesetzt. *)

Eine kleine Electrisirmaschine wurde unter der Glocke einer Luftpumpe so aptirt, daß sie ohne Communication mit der äussern Luft gesetzt werden konnte. Die Glocke stand aber mit einem Gasometer in Verbindung, welcher die

*) Die wenige Aufmerksamkeit, welche diese wichtigen Versuche erregt haben, läßt sich nur aus dem Zeitpunkte der Bekanntmachung erklären. Diese geschah im Jahr 1799, also beinahe gleichzeitig mit der voltaschen Säule, welche Aller Augen auf sich zog.

Glocke mit verschiedenen Gasen versehen konnte, nachdem die vorhergehenden ausgepumpt worden waren. Demnach wurden folgende Gase nach und nach eingeführt, die Electrisirmaschine in Thätigkeit gesetzt, und die Weite der Funken mit einem Auslader gemessen.

1) Atmosphärische Luft, von der Dichtigkeit der äussern, lieferte Funken von 3‴.
2) Atmosphärische Luft, welche nur noch $3\frac{1}{2}$″ Queckſilber trug, lieferte keine meßbare Funken mehr, sondern nur ein schwaches Knistern. Bei möglichster Verdünnung hörte dieses auch auf, und nur noch ein Korkkügelchenelectrometer gab einige Spuren von E zu erkennen.
3) Sauerstoffgas, welches noch wenigstens $\frac{1}{15}$ Stickgas enthielt, aber von gleicher Elasticität als die äussere Luft, gab ununterbrochene Funken von $5\frac{1}{2}$‴.
4) Kohlensäure von ziemlicher Reinheit ließ keine Funken zu. Am Electrometer wurde nur ein Schwanken der Kügelchen bemerkt.
5) Stickstoffgas, durch Salpetergas aus atmosphärischer Luft bereitet, ließ ebenfalls nur ein kaum merkliches Schwanken der Korkkügelchen zu.
6) Wasserstoffgas, wie Stickstoffgas.

Diese Versuche beweisen hinlänglich, daß die Gase, in welchen kein freier Sauerstoff ist, die Electricitätserregung nicht zulassen; die Versuche 1) 2) 3) zeigen besonders, daß diese Erregung mit der Gegenwart des freien Sauerstoffs zunimmt. Die Wirkung des freien Sauerstoffs aber ist Oxydirung der oxydablen Stoffe, welche ihm dargeboten werden.

In der Reibungselectricität zeigt sich auch diese Oxydation. In §. 1197. sehen wir diese Oxydation am Queckſilber mit großer Schnelligkeit entſtehen; ſie entſteht am Kienmayerſchen Amalgama, welches weiter nichts iſt als ein an der Luft ſehr oxydables Gemiſch. Sie findet ſich an der Hand des Experimentators, der ſie als Reiber braucht in den ausdünſtenden oxydirbaren Stoffen; ſie entſteht am bloßen Leder und andern Subſtanzen, die man als Reiber anwendet; und wir finden durchaus, daß die Grade der E an der Electriſirmaſchine mit der Oxydirbarkeit des Reibers zunimmt.

§. 1326.

Dieſe Summe von Beobachtungen berechtigt uns zu der Aufſtellung des Satzes, daß die Reibungselectricität, ſo gut als die galvaniſche, ein Product der Oxydation iſt.*) Die Reibung befördert die Oxydation 1) durch eine gelinde Erwärmung; 2) durch eine vollkommene Trituration der atmoſphäriſchen Luft mit der oxydablen Subſtanz; 3) durch eine beſtändige Zufuhr von neuer Luft in den Proceß. Sie erhöhet endlich die electriſche Wirkung, indem ſie den Körper, der +E hat, ſchnell von dem, der —E hat, entfernt. Die weit höhern Grade von E, welche in der Reibungselectricität gegen die der voltaſchen Säule entſtehen, ſind deswegen möglich, weil hier keine Flüſſigkeit obwaltet, welche beide

*) Hier muß ich beſtimmt an die obige Bemerkung (§. 1304.) über das Wort Oxydationstheorie erinnern. Andere Formänderungen erzeugen auch Electricität, worüber ich ganz neue Verſuche habe. Aber die ſchon überſchrittenen Gränzen dieſes Werks erlauben mir nicht, hier davon zu handeln.

E bald nach ihrer Entstehung, wie in der Säule, vereinigt. Endlich kann jeder physisch-unendlich schmale Streifen der Scheibe als eine Schichtung in der Säule angesehen werden, welche dem Conductor, dem Pole der Maschine, ihre erhaltene E zuführt. Und da dieser Streifen unendlich viele auf der Fläche der Scheibe sind, so haben wir hier nicht eine Summe von 100 oder 200 einfache Grade von E, sondern eine unzählbare Summe derselben, mithin eine Spannung, welche unvergleichbar höher seyn muß als die der Säule.

§. 1327.

Der zweite, zur Gründung einer allgemeinen Theorie der Electricität erforderliche, Schritt besteht in der förmlichen Designation der electrischen Stoffe, deren Daseyn als Stoffe schon früher erwiesen wurde. Sind die +E und — E eigenthümliche imponderable Stoffe oder sind sie identisch mit andern schon bekannten? Eigenthümliche Stoffe aus ihnen zu machen zerhauet den Knoten, löset ihn nicht, weil man die Stoffe nie nach Willkühr statuiren muß. Nur dann, wenn die wirkende Ursache durchaus mit keinem bekannten Stoff sich als identisch zeigt, darf der Physiker einen neuen Stoff statuiren.

Diesem Princip zufolge, und kraft der zwei folgenden Data, ist die positive Electricität Wärmestoff, die negative Electricität Lichtstoff.

1) Bei den electrischen Funken und bei dem Ausflusse durch Spitzen erscheint Licht und Wärme, jenes das Organ des Gesichts unmittelbar afficirend, diese dargestellt an den Metallen, an der

Kohle, am Wasser, ohne Oxydation dieser Stoffe (§. 1257. und 1281.).*)

2) Der Wärmestoff ist der expandirende Stoff für das Oxygen. (§. 963.) Die +E stellt den gebundenen Sauerstoff in Gasgestalt dar. (§. 1314.) Der Lichtstoff ist der expandirende Stoff für das Hydrogen. (§. 991.) Die —E stellt den gebundenen Wasserstoff in Gasgestalt dar. (§. 1314.)

§. 1328.

Geht man von diesem Satze zur Erklärung der Entstehung der +E und —E aus, so zeigt sich die vollkommenste Übereinstimmung zwischen den electrischen Phänomenen und der Theorie der Verbindungen des Sauerstoffs. An der gewöhnlichen Electrisirmaschine oxydirt sich das Amalgama; diese entzündliche Substanz (eine Lucide) verliert dadurch ihre Entzündlichkeit, d. h. ihren gebundenen Lichtstoff, welcher aber nicht vernichtet werden kann. Daher erscheint er als —E am Metall. Der Sauerstoff der atmosphärischen Luft verliert die Fähigkeit zu oxydiren, d. h. seinen Wärmestoff, der eben so wenig vernichtet werden kann; daher erscheint er als +E und hängt sich dem Glase an.

In der einfachen Schichtung der voltaschen Säule, wenn die Flüssigkeit bloßes Wasser ist, wirkt ebenfalls der Sauerstoff der atmosphärischen Luft, aber hier mittelst des Wassers, auf das

*) Wollte ich die Beweise anhäufen, so könnte ich noch van Marum's Versuche (N. Journal der Physik III. p. 1) anführen, welche das Daseyn des Wärmestoffs in der E schon im Jahr 1796 bewiesen.

Metall, und jenes nimmt die daraus entstandene + E auf, indeß dieses die auf ihm entstandene — E behält. Ist aber die Schichtung mit Säure geladen (Salze wirken nur in so fern sie Säure enthalten), so entwickelt sich die größere Menge gebundenen Wärmestoffs (§. 1087.) aus der Säure; ein Theil erscheint als + E in der Flüssigkeit; ein anderer, des großen Überflusses wegen, tritt als latente Wärme hervor; die Oxydation des Metalls erzeugt wie vorher — E. Entwickelt sich bei der Oxydation durch die Säure noch Wasserstoffgas, wie es mit der verdünnten Schwefelsäure der Fall ist, so bindet dieses Gas — E aus der Flüssigkeit, daher diese ein größeres + E erhalten müßte, und folglich durch Vertheilung das Metall ein größeres — E. Aber diese Gasentwickelung ist selbst das Produkt der + E und — E, welche in der Pappe, wie in der Zersetzungsröhre, an der Säule wirken, und bindet also so viele E als sie erzeugen sollte.

Die Kohle, welche §. 1281. 6) am + Ende und am — Ende zugleich glüht, zeigt gleichsam dem bloßen Auge die + E in Gestalt des Wärmestoffs und — E in Gestalt des Lichtstoffs. Jene im + Ende gehäuft (denn die Kohle wirkt hier vertheilend, wie das Wasser in der Zersetzungsröhre) erhitzt die Kohle bis zur Entzündung; diese am — Ende gehäuft, liefert den Lichtstoff des Entzündungsphänomens, der, angehäuft, bekanntlich die Glühhitze bewirkt.

So lassen sich die Analogien in allen, auch den verwickeltesten Phänomenen ohne Ende verfolgen. Man findet überall eine vollkommene Übereinstimmung mit dem höchstwichtigen Satze des vorigen §.

§. 1329.

In welchem Zustande sind aber Wärmestoff und Lichtstoff, als +E und —E, und wie verhalten sie sich zu einander im Funken, in der Leitung und Vertheilung?

Wir kennen an diesen Imponderabilien (ohne Rücksicht auf Electricität) dreierlei Zustände, den gebundenen, den latenten, den freien. Die Electricitätsphänomene zeigen uns nicht gebundene Stoffe; vielmehr entstehen sie durch Entbindung der Imponderabilien, und zeigen sich sogleich strahlend, d. h., im eigentlichen freien Zustande. Diese Stoffe hängen sich aber an die Oberfläche der Körper während ihrer Strahlung an. Was wir also Electricität nennen, ist das Phänomen der völligen Entbindung des Wärmestoffs und des Lichtstoffs, welche durch die Anziehung der ponderablen Substanzen in ihrer Strahlung aufgehalten werden. (Diese Anziehung ist in der Lehre der Wärme und des Lichts hinlänglich erwiesen.) Das electrische Phänomen ist also das Resultat zweier Kräfte, des Strahlungs- oder Expansions-Vermögen des Licht- und Wärmestoffs einerseits, und der Anziehung der ponderablen Körper zu ihnen andererseits. Jene ist prädominirend, daher nach und nach die Trennung geschieht, um so eher, je mehr die umgebenden Körper selbst zu den Imponderabilien diese Attraction zeigen. Diese Anziehung äussert sich bei den Metallen und wässerichten Flüssigkeiten nur auf ihrer Oberfläche; bei den Luciden und dem Glase bis in das Innere. Dort geschieht die Aufnahme und der Verlust in Instanti, hier in einer beträchtlichen Zeit. Es scheint daher zwischen den E und den

Metallen nur eine Flächenanziehung, zwischen den E aber und den idioelectrischen Körpern Affinität der ersten Art Statt zu finden, und daher der Unterschied zwischen Leitern und Nichtleitern. So breiten sich Öhl und Weingeist auf Wasser sehr schnell aus, Säure aber und Weingeist dringen (ohne mechanische Bewegung) nur langsam ins Wasser. In diesem Sinne könnten wir sagen: das Wasser ist für das Öhl ein Leiter, für die Säure ein Nichtleiter, für den Weingeist ein Halbleiter. Mögen diese Analogien statt der festen streng begränzten Begriffe dienen, die bei dem flüchtigen Phänomen der Electricität nicht leicht zu stellen, nicht fester aufzufassen sind!

In der Lehre des Wärmestoffs und des Lichtstoffs haben wir keine Anziehung dieser beiden Imponderabilien zu einander wahrgenommen. Nur die Electricitäts-Phänomene sind im Stande sie uns darzustellen, weil sie allein uns diese beiden Stoffe, frei von andern Stoffen und auf einander einwirkend, zeigen. Am Electrometer, auf abgesonderten Blättchen und in der Vertheilung, zeigt sich diese Anziehung schon, wenn diese Imponderabilien an den Leitern noch haften. Aber in der Ausströmung durch Spitzen und Kugel, im Lichtbüschel und im Funken zeigt sie sich rein. Im ersten Augenblicke hindert die Flächenanziehung der metallenen Kugel die Ausströmung; sie erfolgt aber bald unmerklich durch die Luft; wird aber eine andere Kugel, mit der Erde in leitender Verbindung, genähert, so ziehen sich die ungleichnamigten E, Wärmestoff und Lichtstoff, an, häufen sich an diesen beiden Polen auf, und dann, wenn die Anhäufung die Anziehung der E zu den Metallen überwunden hat, tre-

ten beide Stoffe mit einander frei hervor; sie haben sich als Electricitäten gebunden, aber als Stoffe wechselseitig frei gemacht. Verwandelt man die Kugeln in Spitzen, so geschieht diese Freiwerdung ohne Sprung, und zwar an beiden Spitzen, weil hier die Anhäufung schneller geschieht, nicht in der dazwischen liegenden Luft, welche beide noch anzieht; je dichter sie ist, desto mehr äussert die Luft dieses Vermögen; je dünner, desto weniger; daher die Lichtbüschel beiderseits in verdünnter Luft sich beträchtlich verlängern. Das Phänomen des leydener Vacuum ist ein sprechender Beleg für diese Darstellung des Processes der Bindung beider E oder der Freiwerdung von Wärmestoff und Lichtstoff.

§. 1330.

Zum Beschluß dieses wichtigen Abschnitts wollen wir noch einen Blick über die Imponderabilien werfen. Wir haben ihrer zwei kennen gelernt, den Wärmestoff und den Lichtstoff. An jenem haben wir keine Zusammensetzung entdeckt; in diesem haben wir eine Zusammensetzung wahrgenommen von mehreren Stoffen, deren jeder den Eindruck einer eigenthümlichen Farbe in unserm Auge erregt. Beide sind höchst feine Substanzen, deren Größe der Theile allen unsern Sinnen nicht nur, sondern auch unsrer Vorstellungskraft entschlüpft, so wie ihre Schwere allen unsern Wagen. Die allgemeinen Eigenschaften, die wir an ihnen wahrgenommen haben, sind Affinität zu einander und zu den Ponderabilien in verschiedenen Graden, ein eminentes Ausbreitungsvermögen, und wahrscheinlich Flächenanziehung zu den ponderablen Körpern.

Aus diesen Eigenschaften haben wir alle Phänomene, welche von den Imponderabilien, als Wärmestoff und Lichtstoff und als + E und — E abhängen, deducirt, mithin diese Phänomene den Naturgesetzen unterworfen. Groß ist das Feld, welches diesen Stoffen zu ihrer Thätigkeit angewiesen ist; es ist die ganze materielle Natur selbst. In allen chemischen Processen wirken sie als Urheber derselben oder als Beförderer durch das magische Spiel der Formänderungen; in allem Fühlbaren und Sichtbaren liefern sie, directe und für sich, unsern Sinnen die Eindrücke: als Urheber aller electrischen Phänomene erzeugen sie in der Atmosphäre den Donner und den Blitz, und den wohlthätigen Regen; in dem Innern des Erdballs Erdbeben und Vulcane; in der vegetabilischen Natur die mannichfaltigen Mischungen, welche den herrlichen Pflanzenwuchs und die Magie der Farben erzeugen; in der empfindenden Welt aber die mächtigen immer wirkenden Reize, die Quelle des Lebens; und in der sogenannten todten Natur selbst die Wunder der Crystallisation! *)

*) Die Wunder der Crystallisation! Dieses Wort enthält nicht eine bloße Muthmaßung. Ich habe schon ein Jahr meiner Zeit auf die Lösung des wichtigen Problems: die physicalischen Gesetze der Crystallisation zu entdecken, verwendet, da wir durch Haüy die naturhistorischen haben. So viel habe ich schon durch meine Arbeit entscheiden können, daß die Electricität die Künstlerin ist, welche das Gewebe aller Arten von Crystallisation übernommen hat und so schön durchführt. Dieses Werk, dessen Herausgabe ich nicht mehr aufschieben konnte, hat jene Arbeit unterbrochen.

Siebenter Abschnitt.

Phänomene des Magnets.

§. 1331.

Der Magnet ist ursprünglich ein Naturproduct, ein schwach oxydirtes Eisenerz, welches in den Eisengruben, besonders nahe an der Oberfläche, gefunden wird. Er wurde zuerst, und zwar schon den Alten, durch seine Eigenschaft Eisen anzuziehen und von ihm angezogen zu werden, bekannt. Nicht bloß das Oxydul des Eisens, sondern auch vorzüglich das reine metallische Eisen, zeigt die magnetischen Phänomene. Die Natur liefert auch solche Magnete, und die Kunst theilt jedem Eisen (in welcher Mischung er sich befinden möge, nur nicht im vollkommenen Oxydationszustande) die magnetische Eigenschaft in einem hohen Grade mit. Stangen von Eisen oder Stahl, welchen man diese Eigenschaft gegeben hat, heißen künstliche Magnete, das Oxydul von Eisen aber, wie die Natur es als Magnet liefert, heißt ein natürlicher Magnet.

§. 1332.

Es ist ungewiß, ob die magnetische Eigenschaft dem Eisen allein eigenthümlich sey. Kupfer und Messing, an welchem man diese Eigenschaft entdeckt zu haben glaubte, haben sie nur durch zufällig sich darin befindliche Eisentheile. Aber der Nickel und der Kobalt scheinen diese Eigenschaft für sich zu besitzen; dies folgt aus den Versuchen Bergmanns, Klapproths, Vauquelins, Haüys und Anderer, welche diese Metalle aufs vollkommenste reinigten. Indeß ist ihre magnetische Kraft so schwach, daß es sich noch immer denken läßt, daß sie einen sehr kleinen Antheil Eisen, welcher der chemischen Analyse entschlüpft, zugehören könnte. Höchst merkwürdig ist die Serpentinkuppe, welche Humbold im Fichtelgebirge entdeckte. Sie zieht das Eisen nicht im mindesten an, hat aber die andere Haupteigenschaft des Magnets, die Polarität, in einem sehr hohen Grade, und zwar an den allerkleinsten Theilen bemerkbar. Diese Steinart enthält allerdings Eisen, obwohl in geringer Quantität, und nach den vorläufigen Analysen in dem höchsten Grade von Oxydation, mithin in dem Zustande, wo es sonst keine magnetische Eigenschaft besitzt.

A. Phänomene einzelner Magnete.

§. 1333.

Wenn man einen dünnen und kurzen Eisendrath in die Nähe eines Magnets bringt, so wird er von demselben angezogen bis zur Berührung; versucht man es an verschiedenen Stellen, so findet man an jedem Magnet immer zwei Stellen (bei natürlichen

oft mehrere), wo der Drath senkrecht darauf steht. Diese beiden Stellen nennt man Pole, den einen Nordpol, den andern Südpol (aus weiterhin zu erläuternden Gründen). Streut man Eisenfeile auf den ganzen Magnet, so legt sie sich vorzüglich um die Pole an, an den Polen selbst senkrecht, und rund herum unter kleinern Winkeln, so daß die Lage dieser Späne unzählige Richtungen von einem Pole zum andern annimmt. Am deutlichsten entstehen diese Figuren, wenn man ein Blatt Papier zwischen den Magnet und die aufgestreuten Feilspäne legt. Zwischen den Polen befindet sich eine Stelle, die keine Feilspäne anzieht.

Versuche hierüber.

Die gerade Linie durch die Pole heißt die Axe des Magnets.

§. 1334.

Im natürlichen Magnete sind gewöhnlich mehrere Axen; eigentlich unendlich viele; und die Stellen, die man die Pole nennt, sind nur Mittelpole. Denn jedes Stück eines natürlichen Magnets ist wieder ein Magnet. Zur bessern Vereinigung der vielen einzelnen gleichnamigten Pole eines natürlichen Magnets legt man eiserne Schienen an denselben, die sich in zwei dickere Massen an den Hauptpolen endigen; welches man das Armiren des Magnets nennt; diese dickern Massen (Füße) stellen nun die Pole des Magnets vor.

§. 1335.

Legt man an die Füße eines so armirten Magnets einen eisernen Stab (Anker), der mit jedem seiner Enden einen Pol berührt, so wird nicht nur dieser

Stab, sondern auch ein daran gehängtes Gewicht von oft beträchtlicher Größe, getragen. Die Armatur vergrößert die Tragkraft sehr ansehnlich, zuweilen mehr als hundertfach. Die Stärke der natürlichen Magnete ist sehr verschieden; in der Regel tragen größere auch größere Gewichte. Nach Verhältniß ihres eigenen Gewichts tragen kleine Magnete viel mehr als große. So ist's nicht selten, daß Magnete, welche nur 20 bis 30 Grane wiegen, ihr 30= 40= 50faches Gewicht tragen; Magnete von 2 Pfund tragen schon selten ihr 10faches Gewicht. *)

§. 1336.

Merkwürdig ist es, daß ein Stück Eisen stärker angezogen wird, wenn es auf einer großen eisernen Masse, als wenn es auf einem andern Körper liegt, so auch, daß mehr Eisen als von irgend einem andern Körper getragen wird, und daß ein Magnet an Kraft gewinnt, wenn man ihm eine Last zu tragen giebt. Wenn man sie allmählig vermehrt, so nimmt die Kraft immer zu. Die Gränzen dieser Zunahme sind noch unbestimmt.

§. 1337.

Die Anziehung des Magnets gegen das Eisen wirkt durch alle Körper hindurch, freilich unter Schwächung der Kraft, weil dadurch keine unmittel-

*) Zu den größten natürlichen Magneten gehört der des hiesigen physicalischen Cabinets. Er wiegt mit der Armatur und dem kupfernen Gehäuse 40 ℔; allein, etwa 30 ℔, und trägt 87 ℔. Der größte mir bekannte ist derjenige, welchen ich an Herrn v. Marum für das teylerische Museum expedirt habe. Er wiegt mit Armatur und Gehäuse 307 ℔, und der Anker wird nicht mit 230 ℔ von den Füßen abgerissen. Dieser Magnet allein würde schon Mahomet und seinen Sarg leicht tragen.

bare Berührung des Magnets und des Eisens Statt findet. Daher haben die magnetischen Kunststücke ihren Ursprung.

Versuche hierüber.

§. 1338.

Die Ziehkraft der Magnete ist sich selbst nicht beständig gleich; die Temperatur hat einen vorzüglichen Einfluß darauf. Saussure fand mittelst seines Magnetometers, daß die Wärme diese Kraft beträchtlich schwächt; ein halber Grad Wärme ist am Magnetometer schon merklich. Jeder Magnet verliert durch das Glühen seine ganze Kraft.

§. 1339.

Wenn man zwei Magnete einander nähert (am besten nimmt man einen künstlichen Magnet und eine sogenannte Magnetnadel), so ziehen sich die Pole nicht ohne Unterschied an, sondern die ungleichnamigten allein, die gleichnamigten aber stoßen sich zurück. Dieses geschieht für jedes Paar Magnete mit einer bestimmten Kraft, welches durch die gemeine Wage sich leicht erproben läßt.

Versuche hierüber.

§. 1340.

1) Ungleichnamigte Verbindung zweier gleich starker Magnete hebt die anziehende Wirkung auf Eisen auf, die Magnete mögen parallel neben einander oder in einer geraden Linie hinter einander liegen.
2) Gleichnamigte Verbindung zweier Magnete in paralleler Lage vermehrt die anziehende Wirkung auf beide.
3) Ungleichnamigte Verbindung zweier ungleich

ſtarker Magnete in gerader Linie vermehrt die Kraft des ſchwächern, ohne die des ſtärkern zu ſchwächen.

4) Gleichnamigte Verbindung zweier ungleich ſtarker Magnete, in gerader Linie, ſchwächt die Kraft beider; die des ſchwächern wird nach und nach =o, und am Ende werden ſeine Pole umgekehrt.

Verſuche über dieſe vier Sätze.

§. 1341.

Wenn man einen eiſernen Stab mit einem Pole eines Magnets berührt, ſo wird dieſer Stab magnetiſch, und zwar an beiden Enden, ſo daß der Pol des Stabs, der den Pol des Magnets berührt hat, der ungleichnamigte wird.

Verſuch mit mehreren dünnen und kurzen hinter einander gereiheten Dräthen, welche ſämmtlich an dem Pole eines Magnets hängen. Hängt der Stab lange am Magnete, ſo behält er einen kleinen Theil der magnetiſchen Eigenſchaft auch nach der Trennung.

§. 1342.

Man lege einen etwa 1 bis 1½ Linie langen und ſehr dünnen Eiſendrath auf ein Brett, und halte den einen Pol eines Magnets darüber, aber ſeitswärts, in einer Entfernung von etwa 1 Zoll, ſo wird ſich der kleine Drath mit einem Ende erheben, und ſich gegen den Magnet neigen. Klopft man auf das Brett, ſo rückt der Drath gegen den Magnet in immer minder ſchiefen Richtungen hin, bis er ſich unmittelbar unter dem Pole in völlig ſenkrechter Richtung

befindet. Wiederholt man diese Operation, mit dem Unterschiede, daß man den Pol des Magnets unter das Brett halte, so wird der Drath sich in die entgegengesetzte Richtung zum Brette stellen, und klopft man auf das Brett, so wird sich der Drath auf die nämliche Weise vom Magnet entfernen, als er sich ihm vorher näherte.

Ganz analog mit diesem Versuche vertheilen sich Eisenfeilspäne auf einem Brette durch Erschütterung des Bretts, wenn man den Pol eines Magnets in der Nähe hält. Ist er oben, so sammeln sich die Späne unter demselben, und bilden wohl sogar Ketten, die zuweilen bis an den Magnet reichen; ist er unten, so zerstreuen sie sich, bilden, wie Radien, einen Kreis, und lassen die Mitte über dem Pole des Magnets leer.

§. 1343.

Schneidet man von einer magnetischen Eisenstange ein Stück ihrer Länge ab, so erhält man an jedem Theile einen vollständigen Magnet. Dieses von Äpinus beobachtete Phänomen zeigt, daß nicht bloß der natürliche Magnet in jedem seiner Theile einen vollständigen Magnet enthält, sondern auch der künstliche.

§. 1344.

Mehrere Naturforscher, als: Musschenbroeck, Hawksbee, D. Bernouilli, T. Mayer, Saussure, haben das Gesetz der magnetischen Anziehung und Abstoßung zu bestimmen gesucht. Schon Mayer hatte das wahre Gesetz entdeckt nämlich, daß diese Anziehung sich verhält umgekehrt, wie das Quadrat der Entfernung. Aber Coulomb hat dieses Gesetz,

durch zweierlei Arten von Versuchen, in's schönste Licht gesetzt. Die eine Methode ist die mit der Drehwaage, welche er zu einer magnetischen machte, wie vorher zu einer electrischen. Die andere, einfachere, bestand darin, daß er eine kleine magnetische Nadel, von 1 Zoll Länge, an einen einfachen Seidenfaden hing, und ihr gegenüber einen dünnen magnetisirten Drath, von 25 Zoll Länge, so aufstellte, daß der eine Pol desselben im Horizont der Nadel, der ganze Drath aber im magnetischen Meridian der Nadel sich befand. In Abwesenheit des Draths machte die Nadel in 1 Minute 15 Schwingungen (durch die Polarität der Erde, wovon weiter unten die Rede seyn wird). Aber das Quadrat dieser Zahl von Schwingungen kann hier, wie bei dem Pendel, die Kraft vorstellen, welche die Oscillationen bewirkt; diese Kraft war also hier 225. Wurde nun der magnetische Drath der Nadel bis auf 4 Zoll, dann bis auf 8 Zoll genähert, so erhielt man 41 und 24 Schwingungen. Die Totalkräfte also waren 1681 und 576. Zieht man von beiden die Zahl 225 ab, so bleiben 1456 und 351 für die Anziehungen durch den Pol des magnetischen Draths. Diese Zahlen aber verhalten sich nahezu, wie 4 : 1, hinlänglich genau, da es nur einen Fehler von $\frac{1}{4}$ einer Oscillation in der Beobachtung voraussetzt. Beide Methoden, und auf mehrere Fälle angewandt, gaben dasselbe Resultat.

§. 1345.

Coulomb bewies durch ähnliche Versuche, daß die magnetische Kraft sich am Ende jedes magnetischen Stabs am stärksten zeige, und bei Stäben, deren Dicke gegen die Länge unbeträchtlich ist, die Intensi-

tät der Kraft nach den Enden zu ganz gleich zunehme, welche Länge der Stab auch habe; und daß die Kraft selbst nur innerhalb einer Distanz von den Enden, 25 Stabsdicken gleich, Statt finde. Diese zunehmenden Kräfte können durch eine krumme Linie vorgestellt werden, welche in der Ausübung als ein Dreieck berechnet werden kann. Daraus zieht Coulomb den Schluß, daß in den Stäben, deren Länge über das 50fache ihres Durchmessers beträgt, die Momente, wie die Längen selbst, wachsen, in kürzern aber, wie die Quadrate der Längen. *)

§. 1346.

Die Erfahrung von §. 1341. mußte die Veranlassung zur Verfertigung der künstlichen Magnete geben, ohne welchen die meisten magnetischen Phänomene uns noch unbekannt wären. Die bloße, auch anhaltende, Berührung eines eisernen Stabes mit dem Pole eines Magnetes giebt jenem nur eine schwache Kraft (im Verhältniß der des Magnets). Aber durch das Streichen wird diese schwache Kraft sehr beträchtlich erhöhet; dazu hat man vorzüglich zwei Methoden, die des einfachen und die des doppelten Striches. Die erste besteht darin, daß man mit dem einen Pole des Magnets den Stab von der Mitte an nach einem Ende zu streiche, ohne besonders zu drücken. Ist man ans Ende gelangt, so entfernt man den Magnet vom Stabe um einige Zolle, und wiederholt den Strich, wie vorher, von der Mitte an mehreremale. Das Ende, wo man aufhört, wird

*) Hierin scheint Coulomb dem Bedürfniß der Approximationen zu sehr nachzugeben.

der ungleichnamigte des Pols des Magnets. Dann nimmt man den andern Pol des Magnets und streicht damit den Stab gleichfalls von der Mitte aus zu wiederholtenmalen nach dem andern Ende zu. Dieses Ende wird gleichfalls der ungleichnamigte des Pols, womit man gestrichen hat.

Die Methode des Doppelstrichs besteht darin, daß man beide Pole des Magnets zugleich auf die Mitte des Stabs aufsetzt, und nun nach der ganzen Länge des Stabs mehreremale von einem Ende bis zum andern streiche; zuletzt hört man in der Mitte, wo man angefangen hatte, auf, und entfernt von da das Magnet. Dasjenige Ende des Stabes wird der Südpol, gegen welchen der Nordpol während dem Streichen anrückte; das andere Ende wird der Südpol.

§. 1347.

Solche künstliche Magnete können allerlei Figuren haben. Sind sie nach Art eines Hufeisens gekrümmt, so kann man ohne weiters den Anker an ihnen anlegen, der nun durch beide Pole die Last tragen wird; sind es parallelipipedische Stäbe, so legt man zwei in einen hölzernen Kasten in paralleler Lage mit den ungleichnamigten (freundlichen) Polen neben einander, so aber, daß sie durch einen hölzernen Stab von einander entfernt gehalten werden, und man legt an jedes Polenpaar einen eisernen Stab, der die ungleichnamigten Pole mit einander verbindet.

Will man Magnete von beträchtlicher Stärke haben, so verbindet man mehrere solche einfache neben einander, die gleichnamigten Pole sich berührend, so bildet diese Zusammensetzung einen Magnet von viel-

facher Kraft. Braucht man nun einen solchen Magnet, um einzelne Stäbe zu magnetisiren, so bekommen diese einzeln eine weit größere Kraft, und bilden vereinigt einen schon weit stärkern Magnet als der erste. Mit dem zweiten streicht man nun die einzelnen Stäbe des ersten, und so wechselsweise mehreremale. Zuletzt erhält man einen äusserst starken Magnet. *) Aber diese Verstärkung hat ihre Gränzen, da nach Coulombs Beobachtungen ein gegebener eiserner Stab nur eines bestimmten Maximum von Kraft fähig ist. Will man dann die absolute Kraft noch erhöhen, da die specifische es nicht mehr werden kann, so muß man die Zahl der Stäbe vermehren. So hat Knight sein großes magnetisches Magazin zu Stande gebracht, welches aus zwei großen Parallelipipeden besteht, deren jeder gegen 500 ℔ wägt, und 2 0 funfzehn Zoll lange Stäbe enthält. Die Wirkung davon ist so groß, daß eine Magnetnadel, welche diesen magnetischen Riesen berührt hatte, so stark wurde, daß sie den Magnetismus der stärksten gewöhnlichen Nadeln vernichtete.

§. 1348.

Wenn man einen eisernen Stab mit dem Nordpol eines Magnets von einem Ende zum andern streicht, so ist beim Anlegen des Magnets der An-

*) Bei dem Magnetisiren von eisernen oder stählernen Stäben hat Fuß die sehr wichtige Beobachtung gemacht, daß wenn man den Stab, nachdem er schon einen hohen Grad von Kraft erhalten, rückwarts streicht, ihm also von seiner Kraft nimmt, und dann wieder nach erster Art streicht, seine Kraft nun stärker ist als vorher.

fangspunkt des Streichens am Eisen ein Südpol, und das entgegengesetzte Ende ist der Nordpol; ist man aber durch das Streichen an das Ende des Stabs gekommen, so ist dieses Ende nun der Südpol, das andere aber der Nordpol, also das Umgekehrte von dem, was zu Anfange war. Es müssen demnach die Pole sich während dem Streichen verändern, entgegengesetzt werden. Ein solcher Übergang, der dem einer positiven Größe in eine negative ähnlich ist, kann nicht Statt finden, ohne daß der Zustand o eintrete. So schloß mit Recht Brugmans (Professor zu Franecker), und in der That giebt es auf dem Wege des Magnets einen Punkt auf der Stange für den Magnet, da der Anfangspunkt der Stange keine magnetische Kraft zeigt, und einen zweiten Punkt auf demselben Wege des Magnets, da der Endpunkt des Streichens auch keine Kraft zeigt. Diese zwei Punkte, des Weges des Magnets, heißen die Indifferenzpunkte. So giebt es auch, derselben Ansicht zu Folge, einen Punkt auf dem Wege des Magnets, wo die Kraft des Endes, gegen welches der Magnet anrückte, ihr Maximum erreicht. Diesen Punkt nennt man den culminirenden Punkt.

B. Magnetismus der Erde.

§. 1349.

Wenn man einen magnetischen Stab frei an einen Faden hängt oder auf eine Spitze aufstellt, so daß er horizontal liege, so bemerkt man, daß er

sich beständig in eine gewisse Lage freiwillig stellt; in dieser Lage kehrt er den einen Pol nach Norden, den andern nach Süden; daher die Namen Nordpol für jenen, Südpol für diesen. Diese Eigenschaft des Magnets, welche durch ihre Anwendung auf die Schifffahrt, auf den mercantilischen, politischen und intellectuellen Zustand der Menschheit so viel Einfluß gehabt hat, wurde wahrscheinlich erst im 14ten, höchstens im 12ten Jahrhunderte entdeckt.

§. 1350.

Wenn man einen eisernen Stab in seinem Schwerpunkt auf die vorige Art aufhängt oder unterstützt, und ihm dann Magnetismus ertheilt, so begiebt er sich nicht nur in die (§. 1344.) beschriebene Lage, sondern auch in eine unter dem Horizont geneigte Lage. In der nördlichen Hälfte der Erdkugel neigt sich sein Nordpol unter dem Horizont, indem dessen Südpol sich erhebt; in der südlichen Halbkugel umgekehrt. In der Nähe des Aquators ist seine Lage horizontal.

§. 1351.

In diesen beiden Phänomenen liegt offenbar eine magnetische Anziehung, eine Polarität, der Erde gegen den Magnet, welche uns erlaubt die Erde als einen großen Magnet anzusehen, welcher jeden gewöhnlichen Magnet anzieht und zurückstößt, ganz nach der Art, wie sich zwei Magnete anziehen und zurückstoßen. Dieser Ansicht zufolge sollten die Pole

unsrer Magnete umgekehrte Namen haben; indeß hat man die einmal angenommenen beibehalten.

§. 1352.

Die Lage der Magnetnadel ist nicht immer im Meridian des Orts, sondern sie weicht gewöhnlich davon ab, nach Osten oder Westen. Diese Abweichung heißt gewöhnlich die Declination, und das Instrument, welches diese Abweichung mißt, die Declinationsnadel (Compaß). Die Declination ist fast auf jedem Punkte der Oberfläche der Erde verschieden; in einigen Punkten, welche die merkwürdigsten sind, ist sie = o. Halley war der erste, welcher für die Seefahrt und die Theorie der Abweichung (wenn wir einst eine haben werden) diese höchstwichtigen Punkte auf dem Planiglob entwarf. Er fand, daß die Linie, die sie bilden, durch Asien, das südliche China und die philippinischen Inseln geht. Die Linien, welche die Punkte von gleicher Abweichung bilden, hat Halley gleichfalls gezeichnet, und nennt sie Abweichungslinien. Lambert hat diese magnetische Karte wieder erneuert.

§. 1353.

An einem und demselben Orte ist die Declination veränderlich. Die Pariser Beobachtungen zeigen, daß vom Jahre 1580 an bis 1802, also in 222 Jahren, die Declination sich veränderte von 11° 30′ östlich bis zu 22° 3′ westlich, und zwar im fast immerwährenden aber unregelmäßigen Fortschreiten. Die mittlere Fortschreitung für Paris beträgt jährlich 9′.

Die Veränderlichkeit der Abweichung hört zuweilen ganz auf; so z. B. in Paris in den Jahren 1720 bis 1724. Sie findet aber auch zuweilen sehr schnell Statt, so daß sie in einzelnen Stunden merklich ist. An jedem Tage zeigen sich ausserdem zwei besondere kleine Veränderungen, Vormittags und ein Paar Stunden Nachmittags gegen Westen, Nachmittags aber zurück nach Osten. Endlich haben gewisse Phänomene, als: starke Gewitter, vulcanische Eruptionen, Erdbeben, Nordlichte, und andere noch unbekannte Zufälle einen merklichen aber localen und temporären Einfluß auf die Declination.

§. 1354.

Zur Messung der Inclination bedient man sich der Inclinationsnadel. Ihre Beobachtung hat gleichfalls viel Veränderliches gezeigt.

In den Vorlesungen wird das Vorzüglichste von der Verfertigung der Declinations- und Inclinationsnadel, ihrem Aufhängepunkte ꝛc., so wie der Terellen, deren man sich bedient um den Magnetismus der Erde anschaulich zu machen, erwähnt.

§. 1355.

Der Magnetismus der Erde giebt uns die Möglichkeit, künstliche Magnete ohne Zuthun eines andern Magnets zu verfertigen. Dazu sind vorzüglich zwei Mittel. Das erste besteht darin, daß man den zu magnetisirenden Stab in die Lage der Magnetnadel, sowohl der Inclination als der Declination nach, versetze, und lange erhalte. Die Natur selbst liefert uns

zuweilen solche Magnete ohne unser Zuthun. Die zweite besteht darin, daß man den so liegenden Stab, indem man ihn an eine oder an zwei eiserne Stangen anlegt, und daran streicht. Von den bekannten Methoden dieses Streichens ist die von Antheaume die wirksamste. Sie besteht darin, daß man auf ein 12 Fuß langes in der Lage der Magnetnadel gelegtes Brett zwei 6 Fuß lange und starke eiserne Stangen legt, die man durch einen hölzernen Würfel, von 1 bis 2 Zoll Seite, trennt, den Würfel selbst aber gleichfalls trenne durch zwei eiserne, 1 Linie dicke, Platten, welche um etwa $\frac{3}{4}$ Zoll über die Stangen hervorragen; und dann den stählernen Stab, nach Art des einfachen oder des doppelten Strichs, auf die Kanten der eisernen Platten, in der Richtung der Stangen oder der Magnetnadel, streiche. Hat man einige Stäbe auf diese Art magnetisch gemacht, so kann man, durch Vereinigung derselben zu einem einzigen Magnet, eine oder mehrere andere Stäbe magnetisiren, welche schon eine beträchtliche Kraft erhalten werden, und mittelst dieser die ersten verstärken, so wie es sonst mit den gewöhnlichen Magneten geschieht.

§. 1356.

Die bloße Erschütterung eines Schlages giebt schon einem, besonders in einer schicklichen Lage sich befindlichen, Stabe einige magnetische Kraft: so werden Meisel, Feilen, Amboße und Hämmer durch den Gebrauch magnetisch. Auch die electrische Erschütterung, sowohl durch unsre Electrisirmaschinen als

auch vorzüglich durch den Blitz, bringt diese Wirkung hervor. Die Erschütterung scheint in allen Erzeugungen des Magnetismus ohne Manget die bestimmende Ursache zu seyn. Zwar wird sie im ersten Falle des §. 1354. nicht absichtlich angebracht. Aber welcher Stab kann lange in irgend einer Lage ohne zufällige Erschütterung seyn? Ja, bei dem Magnetisiren, mittelst eines Magnets, scheint die Erschütterung eben diese Rolle zu spielen. Das bloße Berühren des Stabs, mit dem Magnete, giebt verhältnißmäßig sehr wenig Kraft; das Streichen (welches eine Erschütterung bewirkt) giebt eine unvergleichlich größere.

C. Theoretische Ansichten des Magnetismus.

§. 1357.

Die angeführten Phänomene des Magnets gewähren uns sehr interessante mathematische Ansichten, aber noch lange keine Theorie des Magnetismus. Dazu fehlt uns noch ein ganzer Zweig von Erfahrungen, nämlich über das Verhältniß der Affinität zu den magnetischen Anziehungen. Wir kennen noch keine chemische Wirkungen der Letztern, und wissen auch noch nicht ganz bestimmt, ob sie durch Affinität bedingt werden. Daher haben wir noch keine Theorie der magnetischen Erscheinungen.

§. 1358.

Wenn wir bloß das Mechaniſche in den Phäno-menen betrachten, ſo haben wir an jedem Magnet einen magnetiſchen Turmalin, und die natürlichen Magnete, mit mehreren Axen, vergleichen ſich ganz gut mit dem Boracit. Da nun dieſe electriſchen Phänomene ſich auf Vertheilung zurückführen laſſen, ſo läßt ſich der Begriff der Vertheilung auch hier an-wenden. Man kann alſo hypothetiſch annehmen, daß es zwei Stoffe, + M und — M, jener für den Nordpol, dieſer für den Südpol, giebt, welche ſich in jedem Magnete in dem Vertheilungszuſtande befin-den. Demnach iſt das Eiſen ein ſchlechter Leiter der M, ein idiomagnetiſcher Körper; alle übrigen Sub-ſtanzen aber vollkommene Leiter der M, und zwar im abſoluteſten Sinne dieſes Worts, indem ſie gar nichts von den magnetiſchen Stoffen behalten, da hingegen die electriſchen Leiter die E in einem hohen Grade auf kurze Zeit aufnehmen. Dieſe vollkommene, abſolute Leitungsfähigkeit aller Körper (das Eiſen ausgenom-men) für die magnetiſchen Stoffe macht es unmög-lich, magnetiſche Verſtärkungsflaſchen und Conden-ſatoren zu conſtruiren; und wir müſſen uns demnach bloß auf jenen einzigen Fall der Vertheilung ein-ſchränken, der im Turmalin ſein Analogon findet.

§. 1359.

Mittelſt der Annahme eines + M und eines — M laſſen ſich die oben erzählten Phänomene größten-theils conſtruiren, nach Art der analogen electriſchen

Phänomene. Aber man vergesse ja nicht, daß diese Constructionen nur mathematischer Art sind, keinesweges aber Theorien.

In den Vorlesungen werden einige dieser Constructionen geliefert.

§. 1360.

Man hat ehemals die Analogie zwischen Electricität und Magnetismus weiter treiben, sogar Identität finden wollen. Allein, so wenig wir vom Magnetismus auch wissen, so können wir schon mit Bestimmtheit sagen, daß die Äusserungen von +M und —M mit den von +E und —E nicht identisch sind. Denn es wirkt weder +M noch —M auf +E oder —E, wie +E oder —E; vieler anderer unterscheidender Phänomene unbeachtet.

§. 1361.

Zur Erklärung des Magnetismus sind viele Hypotheſen von Descartes, Dufay, den Bernouilli's, Euler und andern erfunden, welche sämmtlich auf einer wirbelnden Materie beruhen, die man wohl durch die Lage der Eisenfeilspäne um die Pole des Magnets anzunehmen sich veranlaßt fand. Äpinus war der erste, der diese Idee entfernte, und die Analogie mit der Electricität, aber nach der Franklinischen Hypotheſe, an die Stelle setzte. Wilke und Brugmans verbesserten sie durch die Annahme zweier Stoffe. Coulomb gab dieser Vergleichung der magnetischen Vertheilung mit der electrischen die höchste

Vollkommenheit durch seine scharfsinnigen Untersuchungen, wodurch er den Satz aufstellte, daß jeder einzelne auch noch so kleine Theil eines Magnets ein vollkommener Magnet sey.

§. 1362.

Der Magnetismus der Erde hat gleichfalls eine Menge Hypothesen hervorgebracht, welche mit den vorhergehenden mehr oder weniger im Zusammenhange stehen. Den meisten liegt die allgemeine Annahme zum Grunde, daß die Erde entweder ein einziger großer Magnet sey oder einen großen Magnet in ihrem Innern enthalte; diese Idee wurde bald so, bald anders modificirt. So nahm Halley in seinem großen Magnete vier Pole oder zwei Axen an. Euler aber glaubte mit zwei Polen auszureichen, wenn man nur annähme, daß die Axe von Zeit zu Zeit ihre Lage ändere. Am consequentesten hat T. Mayer die Idee eines unterirdischen Magnets, dessen Axe nicht fest ist, durchgeführt, indem er dessen Stellung so bestimmt, daß die Wirkungen desselben ziemlich genau mit den Phänomenen der Magnetnadeln zu seiner Zeit übereinstimmen.

§. 1363.

Allein gegen die Annahme eines solchen Magnets in der Erde oder der ganzen Erdkugel, als eines von Ewigkeit her erschaffenen Magnets, streiten so viele Erscheinungen, daß diese Hypothese nur als Nothbehelf angesehen werden kann. Dahin gehören vor-

zufällig die (immer irregulären) fortlaufenden Variationen der Magnetnadel, die zu verschiedenen Zeiten ungleiche Kraft der Magnete, und die Perturbationen der Magnetnadeln durch so viele zufällige Naturphänomene. Alle diese Erscheinungen sagen uns, daß die Erde im Ganzen oder Theilweise nicht ein Magnet *ist*, sondern *fortdauernd ein Magnet wird* oder einer ununterbrochenen Magnetisirung ausgesetzt ist, durch Operationen an ihrer Oberfläche (und vielleicht, in ihrem Innern), welche ununterbrochen fortdauern aber verschiedenen Variationen unterworfen sind, wie alle Naturphänomene, die nicht in bloßer mechanischer Bewegung bestehen.

§. 1364.

Vergleicht man die tägliche Tendenz nach Westen, welche die Magnetnadel des Vormittags bis ein Paar Stunden Nachmittags erhält, und von da an wieder verliert, mit ihrem wirklichen jährlichen Fortrücken nach derselben Himmelsgegend, so kann man sich nicht wohl enthalten diese beiden Phänomene *einer* Ursache zuzuschreiben, und anzunehmen, daß die Magnetnadel täglich wirklich nach Westen fortrückt, im Durchschnitte um etwa $1\frac{1}{2}$ Secunde, eine Größe, welche unsre Compasse nicht messen können. Da ferner der Culminationspunkt dieses täglichen Fortrükkens gerade zur Zeit des Culminationspunkts der durch die Sonnenstrahlen erzeugten Wärme eintrifft, so wird man eben so leicht darauf geführt, daß dieses magnetische Phänomen, so wie das Wärmephänomen, den Sonnenstrahlen zuzuschreiben sey. Ferner

sehen wir die Magnetnadel, in diesem Phänomene, sich nach der kältern Gegend (nämlich Westen) hinneigen; und sie neigt sich, vermöge ihres allgemeinen Magnetismus, gleichfalls nach den zwei kältesten Gegenden der Erdkugel (nach ihren Polen), und so liegt in dieser merkwürdigen Uebereinstimmung ein wichtiger Grund, die Ursache der Polarität der Nadel, d. h. des Magnetismus selbst der Erde, gleichfalls in der Einwirkung der Sonnenstrahlen zu suchen. Darauf läßt sich die Hypothese aufstellen, daß die Sonnenstrahlen einen imponderablen Stoff entwickeln, der sich nach den kältesten Gegenden hin verbreitet, und so die Polarität bewirkt. Das Veränderliche in der Richtung der Declination, durch einzelne locale Ursachen, bestätigt diese Ansicht.

§. 1365.

Das Vertheilungsphänomen des Magnets setzt aber zwei solche imponderable Stoffe voraus, welche im Eisen sich wechselseitig binden, und durch die Operation des Magnetisirens getrennt werden. Diese Operation besteht in einer durch Schläge oder Reibung bewirkten Erschütterung; jede Erschütterung ist eine Vibrationsbewegung, durch welche die Theile des Körpers alternirend einander genähert und entfernt werden. Dieser Wechsel von Condensation und Dilatation entbindet und bindet die dem Körper anhängenden Imponderabilien; welches Phänomen Biot, auf Laplace's Vorschlag, auf die Berechnung der Schallgeschwindigkeit so glücklich anwandte; ihm können wir also, in der angenommenen Hypothese des

+M und des —M, das Phänomen der Vertheilung zuschreiben.

§. 1366.

Welche imponderable Stoffe hier diese wichtige Rolle spielen, ist jetzt, auch nur hypothetisch, auszumachen unmöglich. Zwar deutet die durch Sonnenstrahlen erzeugte Entwickelung eines imponderablen Stoffs auf Wärmestoff für den einen M, und der Umstand, daß gerade das Eisen das entzündbarste aller Metalle ist, deutet wieder auf Lichtstoff für das andere M. Allein die auffallenden Unterschiede, zwischen Magnetismus und Electricität, sind dieser Ansicht zuwider; oder wir müßten einen neuen Zustand des Wärmestoffs und des Lichtstoffs statuiren, wovon wir bis jetzt keine Indicien haben, geschweige Beweise; und so müssen wir diese Erörterung der Zukunft überlassen.

§. 1367.

Indeß können wir schon aus dieser Gegeneinanderstellung der magnetischen Phänomene das Resultat mit der größten Wahrscheinlichkeit, wo nicht mit apodictischer Gewißheit, ziehen, daß die magnetischen Phänomene Resultate von Affinitätswirkungen sind, wie die electrischen Phänomene. So schlingt denn die Affinitätslehre ein allgemeines Band durch die Lehre der Wärme, des Lichts, der Electricität und des Magnetismus, wie die Affinität selbst das große Band in allen speciellen Naturphänomenen auf unserm Planeten knüpft; und so sind wir im Stande

mit einem Blicke die drei großen Naturgesetze in ihrer allgemeinsten Thätigkeit zu überschauen. Die Gravitation neigt die entfernten Massen zu einander; die Flächenanziehung knüpft sie in ihrer Berührung fest an einander. Die Affinität schmelzt sie zu neuen Wesen zusammen, und setzt die Imponderabilien in Thätigkeit, deren tief verborgenes Spiel den rohen Massen gleichsam Leben einhaucht.



Mitau, 1811.
Gedruckt bey Joh. Friedr. Steffenhagen und Sohn.

Folgende Fehler sind zu verbessern.

Seite.	Zeile.	
5	2	lese mariottsche statt maniottsche.
15	30	lese ungleicharmigte statt ungleichnamigte.
19	8	lese Glases statt Gases.
19	10	lese 0,0469 und 0,00472 statt 0,0469 und 0,0475.
31	23	lese zurückhalten statt zurückhalte.
36	19 u. 32	lese $14\frac{3}{4}$ statt $14\frac{5}{4}$.
37	3	lese Frwine statt Frwina.
38	11	lese 0,0303 statt 0,033.
64	7	lese flüssige statt feste.
109	23	lese Ferne statt Form.
116	6	lese desselben vor statt desselben.
138	21	lese noch unter statt über.
163	26	lese einen rechten Winkel macht statt parallel ist.
214	2	lese Fig. XXIV. statt XXXIV.
220	7	lese dann fragt es sich statt denn, fragt sichs.
235	7	lese wie Vers. 2, §. 920 statt wie §. 2.
304	24	lese mineralischen statt animalischen.
307	5	die Note muß ganz wegbleiben.
327	7	lese constituiren statt restituiren.
328	3	lese mit den oxydirbaren statt auf die oxydirbaren.
340	18	Zusatz vorausgesetzt wir in der Länge eines Zolls nur 10,000 Theile annehmen.
415	17	lese bei derselben Temperatur t wenn sie mit Wasser von derselben Temperatur in Berührung gebracht worden ist;
427	11	lese 419° Wärme statt 479° Wärme.
427	37	lese Soldner statt Soldaer.
448	21	lese Elaterometer statt Aterometer.
501	11	lese etwa $\frac{1}{2}$ Grad statt etwa 1 Grad.
506	24	lese ersetzt werde; sonst nicht. statt ersetzt werde.
514	30	lese bildet Wasser. Ammonium statt bildet Wasserammonium.

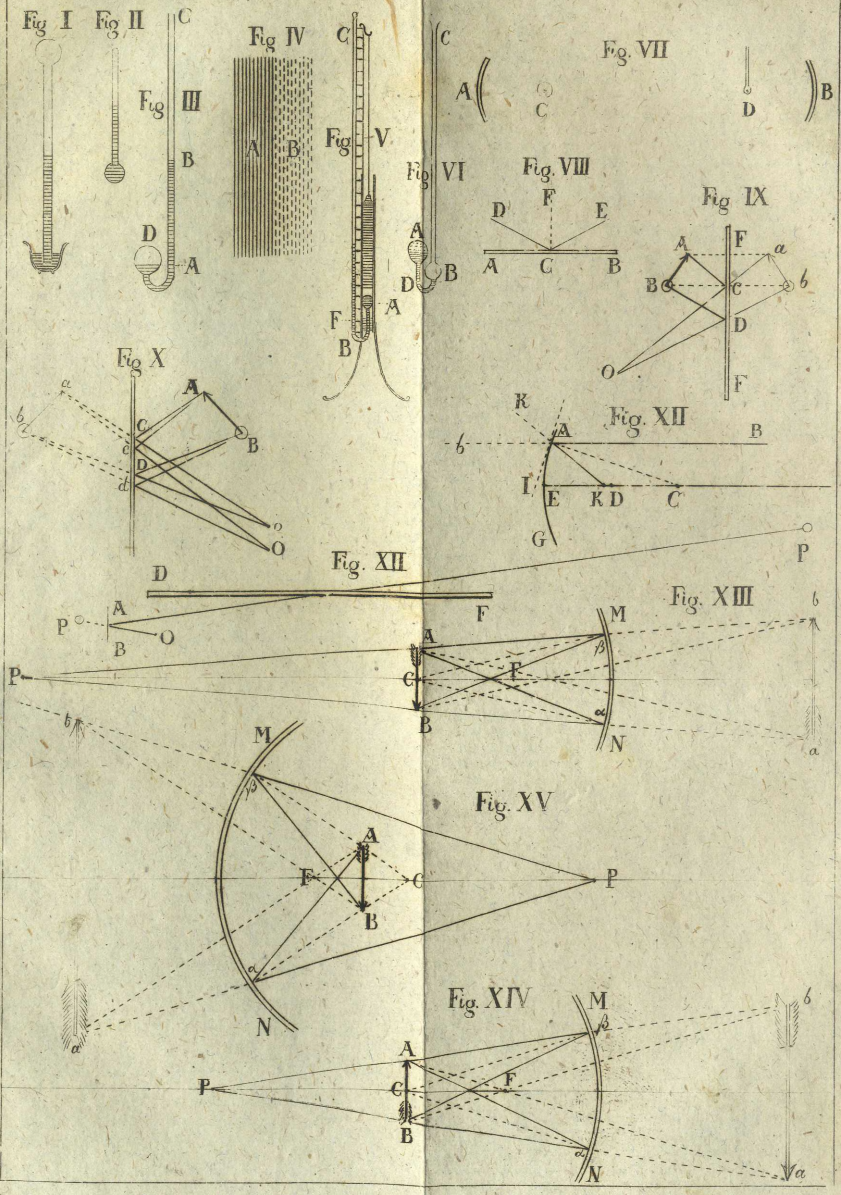


Fig I
Fig II
Fig III
Fig IV
Fig V
Fig VI
Fig VII
Fig VIII
Fig IX
Fig X
Fig XII
Fig XII
Fig XIII
Fig XIV
Fig XV

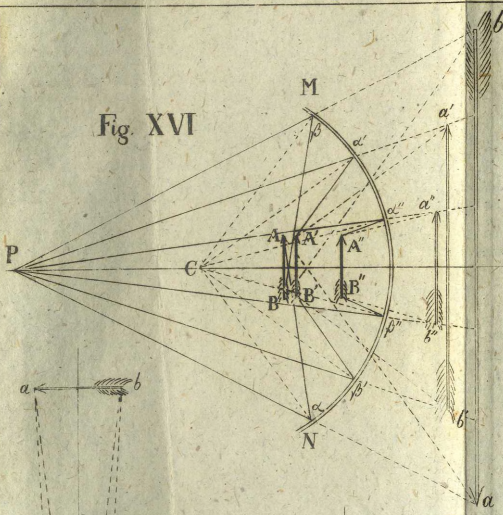


Fig. XVI
M
N
P
C
A
A'
A''
B
B'
B''
a
a'
a''
b
b'
b''
α
α'
β
β'


Fig. XIX
B
P
A
C
N
M
α
β
a
b

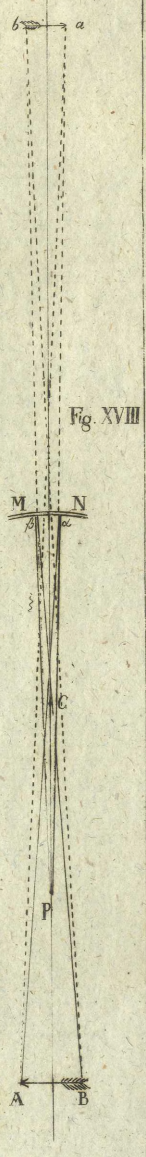
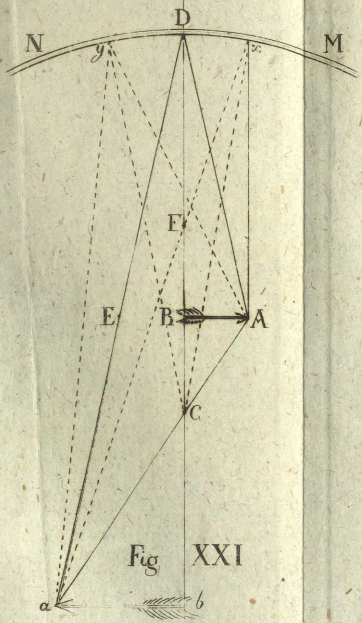


Fig. XVIII
b
a
M
N
β
α
C
P
A
B


a
b
N
M
α
β
Fig. XVII
C
B
A
P


N
D
M
γ
F
E
B
A
C
Fig. XXI
a
b

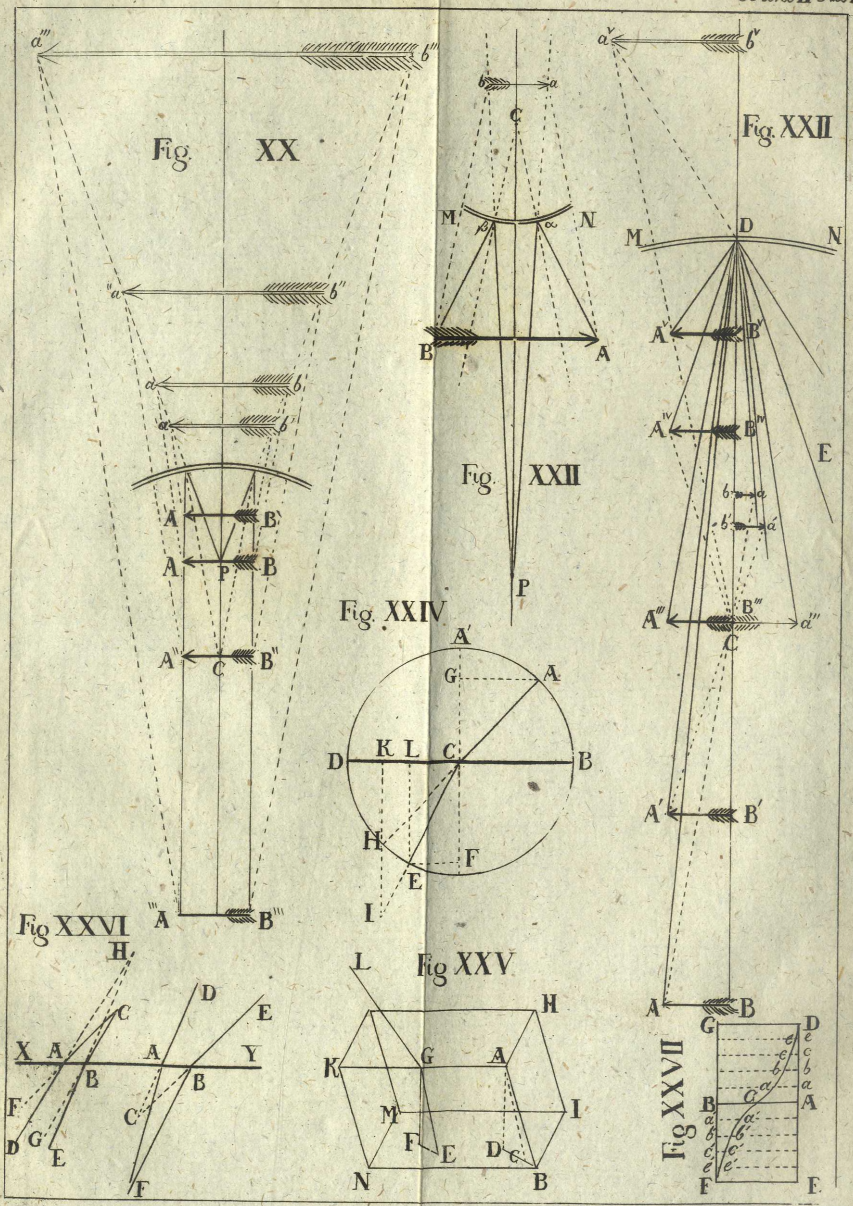


Fig. XX
Fig. XXII
Fig. XXII
Fig. XXIV
Fig XXV
Fig XXVI
Fig XXVII

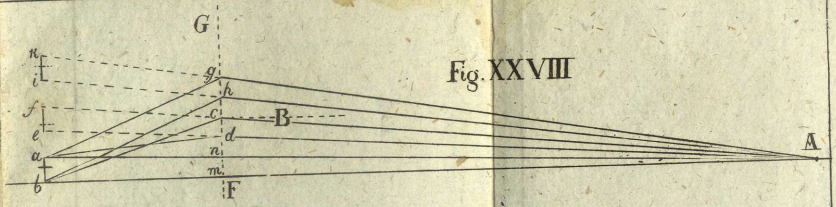


Fig. XXVIII

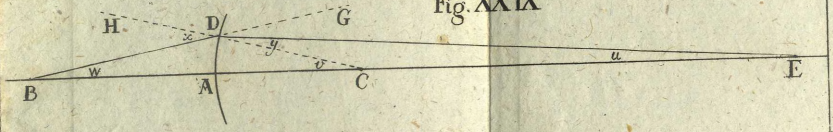


Fig. XXIX

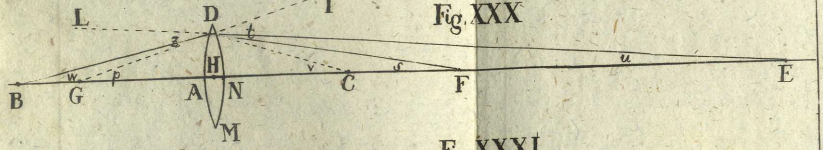


Fig. XXX

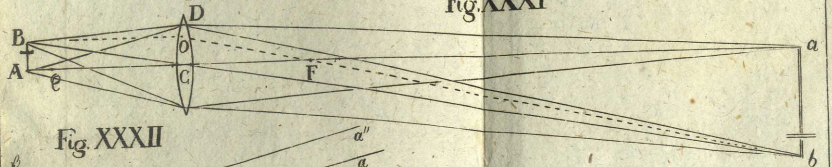


Fig. XXXI

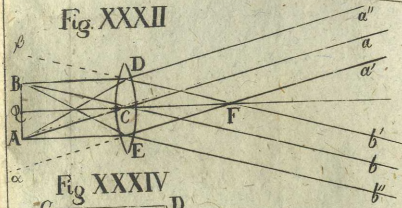


Fig. XXXII

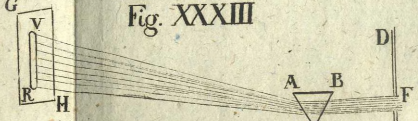


Fig. XXXIII

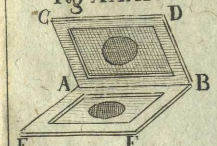


Fig XXXIV

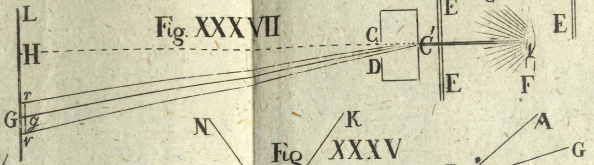


Fig. XXXVII

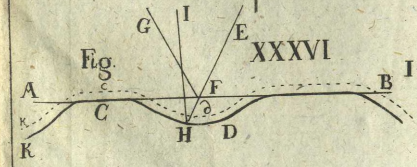


Fig. XXXVI

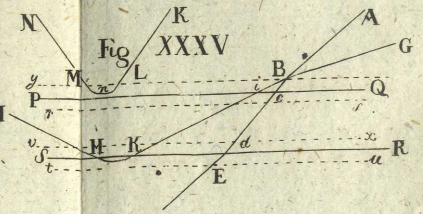


Fig. XXXV

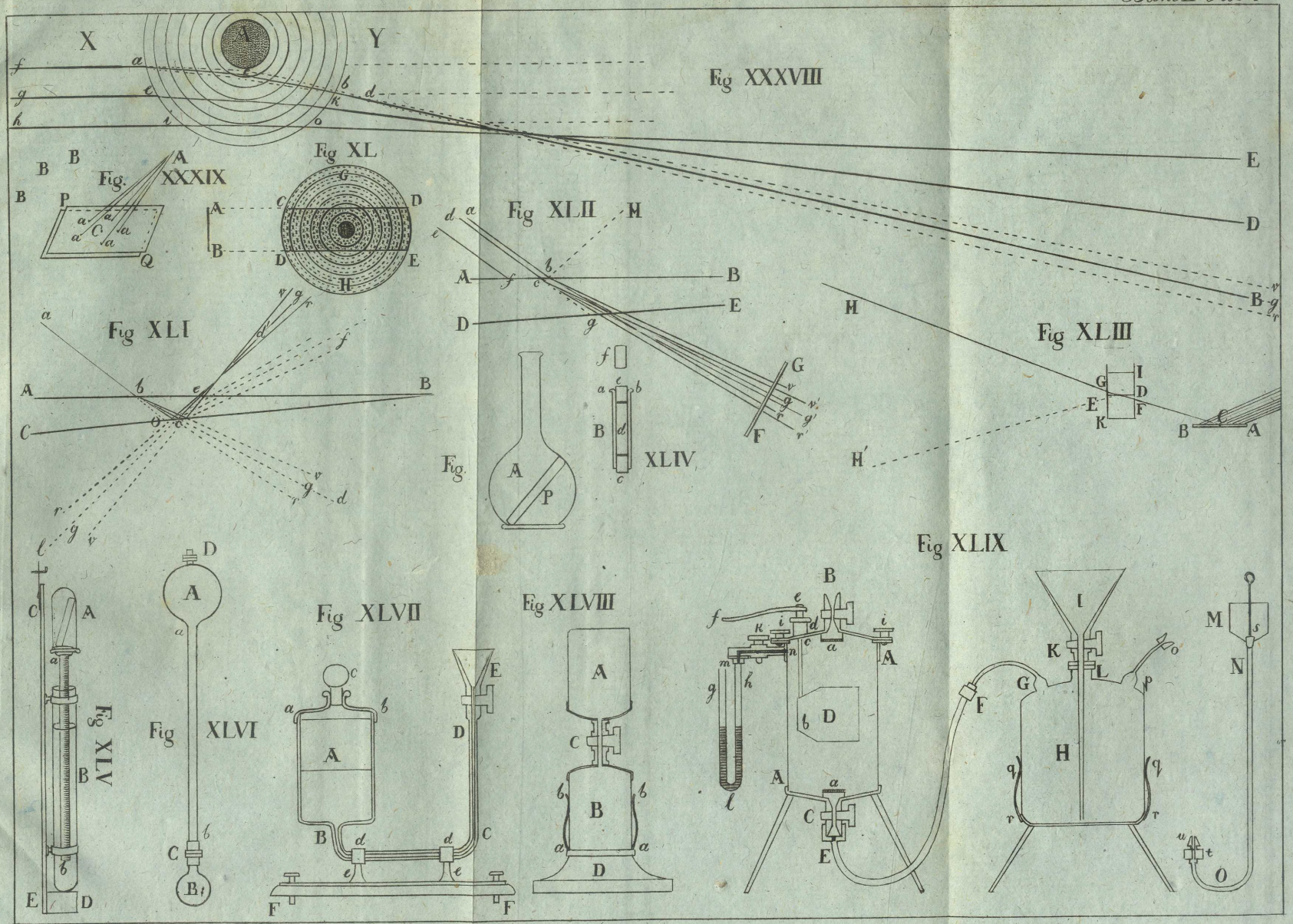


Fig XXXVIII
X
Y
E
D
B
Fig. XXXIX
Fig XL
Fig XLI
Fig XLII
H
Fig XLIII
H'
Fig. XLIV
Fig XLV
Fig XLVI
Fig XLVII
Fig XLVIII
Fig XLIX

Fig. L

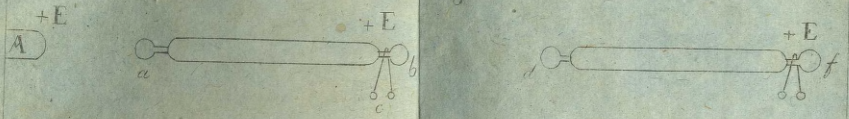


Fig. LI

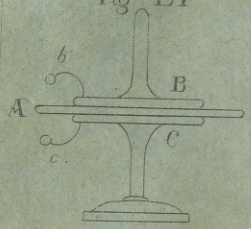


Fig. LII

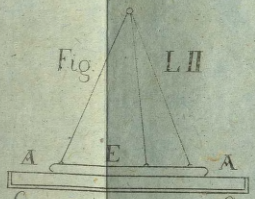


Fig. LIII

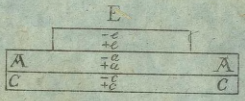


Fig. LIV

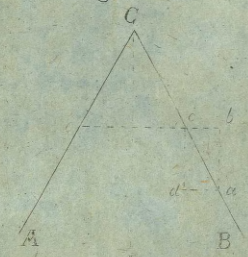


Fig. LV a



Fig. LV b

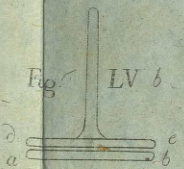


Fig. LVI

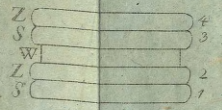


Fig. LVII



Fig. LVIII

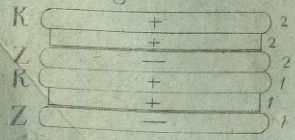


Fig. LIX

