Dritter Abschnitt.

Synthetische Chemie.

I.

Imponderabilien.

§. 24.

Licht, Lichtstoff, Photogenium, Lumen, Lumière.

1. Ursprung. Die Hauptquelle des Lichts für unser Planeten-System ist die Sonne.

Das Sonnenlicht wird von den meisten Körpern absorbirt, in Wärme verwandelt und unsichtbar gemacht.

Viele Körper geben aber das von der Sonne empfangene Licht wenigstens zum Theil wieder von sich, und werden somit selbst leuchtend, indem sie, nachdem die Sonne darauf gewirkt hat, im Dunkeln einen phosphorischen Schein verbreiten. Diese Körper nennt man Phosphore durch Insolation, Lichtmagnete, oder Lichtsauger. Dahin gehören z. B. der Diamant, der Chlorophan (eine Art Flußspath), das Schwefelcalcium (Cantons Phosphor), Schwefelbaryum (Bononischer Leuchtstein), Schwefelstrontium, der wasserfreie salzsaure Kalk (Hombergische Phosphor), der salpetersaure Kalk (Balduinische Phosphor)

u. s. w. Eine Besonnung (Insolation) von wenigen Minuten ist hinreichend, um diese Körper zum Phosphoresciren zu bringen. Manche phosphoresciren nur wenige Secunden, andere aber auch mehrere Stunden ja Tage lang. Das Licht ist meistens weiß, bei einigen Phosphoren aber auch röthlich, gelblich, grünlich oder bläulich. Die Natur des umgebenden Mediums hat auf die Phosphorescenz keinen Einfluß, insoferne es nicht chemisch auf den Lichtsauger einwirkt, daher findet das Leuchten auch im luftleeren Raume, im Stickgase, kohlensauren Gase, Wasserstoffgase eben so gut statt, wie in atmosphärischer Luft und im Sauerstoffgas, woraus sich also ergiebt, daß diese Phosphorescenz nichts anders ist, als ein Ausstrahlen des absorbirten Lichtes (Grotthuß und Heinrich). Die chemische Verwandtschaft der Lichtsauger zum Lichte scheint sehr schwach zu seyn, und zwar so, daß sie alle mit heller Farbe erscheinen, und das aufgenommene Licht selbst bei niedriger Temperatur immer wieder langsam von sich geben. Die Abenddämmerung und schwache Er ellung der Erde während der Nacht rühren ohne Zweifel zum Theil von dieser phosphorescirenden Eigenschaft der Körper her. Merkwürdig ist noch, daß alle Lichtsauger auch ohne Sonnenlicht durch den elektrischen Funken, einige sogar durch Lampenlicht leuchtend gemacht werden können.

Sobald die Lichtsauger, welche in der Kälte aufgehört haben zu leuchten, bis zu einem gewissen Grade erwärmt werden, fangen sie wieder an zu phosphoresciren. Ja es giebt sehr viele Körper, welche durchs Besonnen nicht leuchtend werden, und doch sehr stark phosphoresciren, sobald man sie im Finstern auf einen heißen Ziegelstein streut oder sonst bis zu einem gewißen Grad erwärmt. Zu den Phos-

phoren durch Erwärmung gehören außer den Lichtsaugern unter andern auch diejenigen Diamanten, welche durch Insolation nicht phosphoresciren, ferner Baryt, Strontian, Kalk, Magnesia, Alaunerde, die Feilspähne mehrerer Metalle, viele Metalloide, die meisten erdigen Mineralien, besonders Flußspath, Phosphorit, Apatit, Doppelspath, dichter Kalkstein, Dolomit, Magnesiacarbonat, der gemeine Talk, Feldspath u. s. w. Auch einige organisch-gebildete Körper, vorzüglich Wachs, fette und ätherische Oele phosphoresciren durchs Erwärmen. Nur den wäßerigen Flüssigkeiten, und den in Wasser auflöslichen Salzen, welche viel Krystallisationswasser enthalten, scheint diese Eigenschaft zu fehlen.

Uebrigens unterscheidet sich die Phosphorescenz durch Erwärmung von jener durch Insolation eigentlich nur dadurch, daß das Licht fester gebunden ist und nur durch Mitwirkung der Wärme entwickelt werden kann. Die Farbe des phosphorischen Lichtes ist auch hier bei einigen Körpern weiß, bei andern röthlich, gelblich, grünlich oder bläulich.

Strenge genommen sind alle Körper ohne Ausnahme Phosphore durch Erwärmung, der Unterschied beruht nur auf dem Grade der Temperatur, bei welchem sie zu leuchten anfangen, denn es ist bekannt, daß alle Körper, ja sogar die Wasserdämpfe, durch hohe Grade von Wärme (Hitze) glühend werden.

Hieran reiht sich eine andere ähnliche Quelle des irdischen Lichtes, die Phosphorescenz durch Dichtigkeits-Veränderung, nämlich durch Reiben, Drücken, Schlagen, Brechen, Schneiden, Krystallisiren ꝛc. Diese Phosphorescenz kann man an sehr vielen Körpern beobachten; wenn man z. B. Diamant, Rosenquarz, Adular, Labrador,

Feldspath, Serpentin, Talk, Kyanit, Phosphorit, Tremolit, Dolomit, Arragonit, Phosphor, Calomel, Harz, Zucker ꝛc. im Finstern reibt, drückt oder schlägt; wenn man Sauerstoffgas oder atmosphärische Luft in einem gläsernen Cylinder plötzlich zusammendrückt; ferner beim Abdampfen des salzsauren Kalks, des essigsauren Kalis, überhaupt solcher Salze, welchen das Krystallwasser entzogen worden ist: beim Sublimiren der Benzoesäure, beim Erhitzen eines Gemenges von chlorsaurem Kali und Braunstein u. s. w. Becarius, Dufay, Plac. Heinrich u. A. haben durch viele Versuche gezeigt, daß — vielleicht mit Ausnahme der Metalle, und der übrigen Elektricitätsleiter — fast alle Körper durch Dichtigkeits-Veränderung, Phosphorescenz zeigen können.

Alle diese Erscheinungen lassen sich erklären, wenn man annimmt, daß die Körper Lichtstoff mehr oder weniger fest gebunden enthalten und durch irgend einen Impuls zum Theil wieder von sich geben können. Wahrscheinlicher, und mit andern chemischen Erscheinungen übereinstimmender ist es aber, wenn wir annehmen, daß das Licht aus + E und — E zusammengesetzt ist, und immer erst durch Vereinigung dieser beiden Potenzen entsteht. Demnach ist der elektrische Funke die reinste und vorzüglichste Quelle des irdischen Lichtes.

Die Licht-Entwicklung bei chemischen Prozeßen, wo sich nämlich wägbare Stoffe energisch und rasch mit einander verbinden, läßt sich durch diese Hypothese sehr naturgemäß erklären, indem wir annehmen, daß alle wägbaren Stoffe theils ± EE gebunden enthalten, theils selbst solche Verbindungen von + oder — E darstellen und dadurch die chemischen Gegensätze begründen. Wenn also z. B. bei der Verbindung des Phosphors mit Sauerstoff, Licht und Wärme

frei werden, so nehmen wir an, daß hier der Phosphor als eine Verbindung von P mit + E, und der Sauerstoff von O mit — E wirkt. Die Verbrennung des Phosphors läßt sich also nach den Gesetzen der doppelten Wahlverwandtschaft durch folgendes Schema ausdrücken:

$$\text{Phosphor} = \begin{cases} P \ldots\ldots\ldots \\ +E \ldots\ldots\ldots \end{cases} \ldots PO = \text{Phosphoroxyd.}$$

$$\text{Sauerstoff} = \begin{cases} O \ldots\ldots\ldots \\ -E \ldots\ldots\ldots \end{cases} \ldots +E = \text{Licht u. Wärme.}$$

Auf diese Weise lassen sich alle Verbrennungen erklären.

Verbrennung ist nämlich nichts anders, als eine energische Verbindung eines elektropositiven Stoffes mit einem elektronegativen nach den Gesetzen der doppelten Wahlverwandtschaft. Da sich nun der Sauerstoff mit allen übrigen Elementen verbinden kann, zu den meisten derselben die stärkste Verwandtschaft hat, und auf der Erde überall in Menge vorhanden ist, so sind die meisten Verbrennungen wahre Oxydations-Prozeße, und man ist daher gewohnt, den Verbrennungs-Prozeß als einen Oxydations-Prozeß zu sehen. Allein die Chemie darf sich darauf nicht beschränken, denn es können sich auch andere Stoffe unter Licht- und Wärme-Entwicklung mit einander verbinden, also wahre Verbrennungs-Prozeße darstellen, ohne daß Sauerstoff im Spiele ist. So z. B. verbrennen Phosphor, Wismuth, Spießglanz und andere Metalle im Chlorgas; so entwickeln Zink, Eisen, Kupfer, Quecksilber ꝛc. Licht und Wärme, wenn sie sich im luftleeren Raume rasch mit Schwefel verbinden, so können auch Metalle, welche in einem bedeutenden elektrochemischen Gegensatze zu einander stehen, wie Platin und Arsenik, Kalium und Tellur, bei ihrer Vereinigung Licht und Wärme entwickeln, also einen wahren Verbrennungsprozeß

darstellen; ja sogar verbrannte Körper können bei ihrer plötzlichen Vereinigung dieselbe Erscheinung zeigen; so z. B. kömmt gebrannte Magnesia ins heftige Glühen, wenn man concentrirte Schwefelsäure darauf gießt; dasselbe kann auch bei gebranntem Kalk, Baryt und Strontian, bei der Verbindung des Aetzkalks mit Boraxsäure u. s. w. beobachtet werden.

Auch schon vereinigte Stoffe können in Feuer ausbrechen, d. h. leuchtend und glühend werden, wenn sie sich bei erhöhter Temperatur noch inniger vereinigen; dieses hat Berzelius an verschiedenen antimonsauren Salzen, an Zirkonerde, Chromoxyd und am Gadolinit beobachtet, welche Verbindungen dadurch schwer auflöslich und schwer zersetzbar werden.

Auch das organische Leben ist mit Licht-Entwicklung verbunden. Unter den Insekten, Mollusken, Würmern und Zoophyten giebt es verschiedene Thiere, welche die Eigenschaft, im Finstern zu leuchten, besitzen; wer kennt nicht das Johannis-Käferchen oder Würmchen? Die leuchtenden Zoophyten erhellen oft große Meeresstrecken mit ihrem phosphorischen Lichte. Es giebt sogar Menschen, deren Schweiß im Dunkeln einen phosphorischen Schein von sich giebt.

Unter den Pflanzen sind vorzüglich die unterirdischen Rhizomorphae als leuchtend bekannt; auch Dictamus albus besitzt diese Eigenschaft.

Von diesen leuchtenden Geschöpfen weiß man, daß sie im Sauerstoffgas stärker leuchten als gewöhnlich, weil dadurch die Lebensthätigkeit erhöht wird, während in tödtlichen Gasarten das Leuchten aufhört.

Das Stocken der Säfte, die anfangende Verwesung, z. B. in Wurzelstöcken, in abgestandenem nassen Holze, bei faulenden Fischen, in verwesenden menschlichen Leichnamen

u. s. w., verursacht gleichfalls ein phosphorisches Leuchten im Finstern.

2. Eigenschaften. Zu den merkwürdigsten Wirkungen des Lichtes gehört in chemischer Hinsicht die Erzeugung der Farben, der Wärme und der chemischen Zersetzungen.

Die Farben scheinen von eigenen Verbindungen des Lichtes mit wägbaren Stoffen herzurühren. In den prismatischen Farben, welche durch verschiedene Brechung und Reflexion der ungefärbten Lichtstrahlen entstehen *), ist vielleicht ein unwägbares Minimum von einer andern Substanz mit dem Lichte in Verbindung getreten; dieses läßt sich wenigstens aus der Färbung der Flamme durch verschiedene Substanzen schließen. Der Aether z. B. brennt mit gelber und der Alkohol mit blauer Flamme; die Boraxsäure, das salzsaure Kupfer färben die Weingeistflamme grün, der salzsaure Strontian roth, der salzsaure Kalk orange, das Kali violett, das Natron gelb u. s. w. So wird auch nicht nur das ungefärbte, sondern auch das prismatische Licht, von verschiedenen Lichtsaugern verschieden modificirt, so daß z. B. der blaue prismatische Strahl von einem röthlich leuchtenden Lichtsauger in rothes Licht, und dieses wieder durch einen blau leuchtenden in blaues Licht verwandelt wird.

Merkwürdig ist es, daß organisch lebende Körper vom Sonnenlichte gefärbt, organisch gebildete todte Körper aber gebleicht werden. In den Aequator-Gegenden, wo die Sonnenstrahlen am kräftigsten wirken, prangen Thiere und Pflanzen mit den lebhaftesten Farben, während in den Polar-Gegenden alles einfärbiger und matter erscheint. Dem Einflusse des Lichtes entzogen, werden Menschen, Thiere und Pflanzen bleich und kränklich. Todte Körper endlich,

*) S. m. Phys. §. 142.

thierische und vegetabilische, werden vom Sonnenlichte gebleicht, und zum Theil zerstört, und dieses beruht auf einem dem lebenden gerade entgegengesetzten, chemischen Prozeße, der vom Lichte bewirkt wird.

Die allgemeinste Wirkung des Lichtes auf wägbare Stoffe ist die Erzeugung der Wärme. Diese Wirkung richtet sich nach gewissen Verwandschaftsgesetzen, denn das Licht wird nicht von allen Körpern gleich angezogen und in Wärme verwandelt. Alle Gasarten, überhaupt alle durchsichtigen Körper, haben sehr wenig Verwandschaft zum Lichte, und lassen es daher mehr oder weniger unverändert durch sich hindurchgehen. Dunkle undurchsichtige Körper hingegen mit matter Oberfläche absorbiren viel Licht und verwandeln es in Wärme; was man leicht sehen kann, wenn man zwei correspondirende Thermometer nimmt, wovon die Kugel des einen mit schwarzer Farbe überzogen ist und beide den Sonnenstrahlen aussetzt *).

Die Anziehungskraft der Körper zum Lichte richtet sich größtentheils nach der Beschaffenheit der Oberfläche, indem rauhe matte Oberflächen das Licht am liebsten in Wärme verwandeln, während glänzende Flächen dasselbe zurückwerfen.

Die meisten Versuche und Beobachtungen über das Verhalten des Lichtes zu wägbaren Körpern leiten auf die Idee, daß die Wärme nichts anders ist, als entweder in der Bewegung gehemmtes Licht, oder vielmehr eine chemische Verbindung desselben mit wägbarem Stoffe, denn ohne wägbarer Materie kennen wir keine Wärme. Es ist wohl möglich, daß das Licht dabei wenigstens zum Theil von einigen Körpern in seine Bestandtheile + E und — E zerlegt wird, wodurch die chemischen Wirkungen desselben entstehen.

---

*) S. m. Phys. §. 147.

Diese chemischen Wirkungen des Lichtes bestehen größtentheils in Verminderung des elektronegativen Zustandes, also in Desoxydation oder Brennbarmachung. Und da das organische Leben in chemischer Hinsicht meistentheils ein Desoxydations-Prozeß ist — denn alle organisch gebildeten Körper sind, nach Abzug des Wassers und der Salze, welche sie enthalten, der Hauptmasse nach brennbar — so gehört zu den wichtigsten Eigenschaften des Lichtes auch diese, daß es organisches Leben weckt und befördert.

Licht und Wasser sind also die zwei Faktoren des organischen Lebens, denn die Wärme, ohne welche allerdings kein organisches Leben möglich ist, betrachten wir nur als Produkt des Lichtes oder vielmehr als Verbindung desselben mit wägbarem Stoffe.

Die desoxydirende oder brennbarmachende Eigenschaft des Lichtes sehen wir besonders auffallend bei solchen unorganischen Körpern, welche einen Theil ihres Sauerstoffes, oder des dafür vicarirenden Chlors, nur locker gebunden enthalten; dahin gehört z. B. die concentrirte Salpetersäure; sie wird im Sonnenlichte zum Theil in Salpetergas und salpetrige Säure verwandelt und färbt sich dabei roth. Goldauflösung giebt Sauerstoff von sich und läßt metallisches Gold fallen. Silberchlorid (Hornsilber) und Silbersalze, welche im Finstern weiß sind, schwärzen sich, sobald sie den Sonnenstrahlen ausgesetzt werden, indem Silber ausgeschieden wird. Rothes Quecksilberoxyd wird gleichfalls schwarz, weil es einen Theil Sauerstoff verliert. Aus einem ähnlichen Grunde wird Calomel am Sonnenlichte grau. Eine Auflösung des rothen salzsauren Eisenoxyds in Schwefeläther entfärbt sich im Sonnenlichte, weil das Eisenoxyd einen Theil Sauerstoff verliert; dasselbe ist der Fall bei einer Auf-

lösung des rothen schwefelblausauren Eisenoxyds in Alkohol; eben so wird eine Auflösung des gelben salzsauren Uranoxyds in Aether durch Einwirkung der Sonnenstrahlen zum Theil in dunkelgrünes Oxydul verwandelt. Wasser giebt unter Einfluß des Sonnenlichtes gleichfalls seinen Sauerstoff von sich, sobald Chlor darauf einwirkt. Diese desoxydirende Wirkung sehen wir auch, wenn wir ein grünes lebendes Vegetabil, z. B. Hauslauch, unter Wasser an die Sonne stellen, indem auch da durch Einfluß des Lichtes Kohlensäure zerlegt und der Sauerstoff daraus gasförmig frei wird, während hingegen die Pflanzen zur Nachtzeit und überhaupt im Finstern Sauerstoff absorbiren, und Kohlensäure von sich geben. Die Farben bei Thieren und Pflanzen, welche sich unter Einfluß des Sonnenlichtes so herrlich entwickeln, scheinen gleichfalls mit der desoxydirenden Wirkung im Zusammenhange zu stehen, indem der Kohlenstoff überwiegend wird.

Wenn man das durch ein dreiseitiges Prisma erzeugte Farbenspectrum auf frisch präcipitirtes weißes Hornsilber fallen läßt, so wird dieses vom violetten, dunkelblauen und hellblauen Strahl bläulichgrau, vom grünen und gelben gelblich, vom orangen und rothen, röthlich gefärbt (Scheele). Grau gewordenes Hornsilber wird im rothen Strahl nach längerer Zeit wieder bläßer und röthlich (Seebeck). Berard sammelte den rothen, orangen und gelben Strahl mittelst eines Brennglases in einen Punkt, welcher hellleuchtend erschien, und das Hornsilber nur schwach röthete; als er aber die blauen und violetten Strahlen auf gleiche Weise sammelte, und auf weißes Hornsilber fallen ließ, so wurde es schnell geschwärzt. Sonnenstrahlen, welche durch gefärbte Gläser gehen, haben dieselbe Wirkung. Brandgelbe und rothe Gläser erzeugen zwar mehr Wärme als ungefärbtes, oder blaues oder violettes Glas, sie schützen aber zugleich die

chemischen Präparate vor der desoxydirenden Wirkung der Sonnenstrahlen. In blauen und violetten Gläsern hingegen wird das Hornsilber noch schneller geschwärzt als in ungefärbten. Auch andere oxydirte Metallverbindungen, besonders wenn zugleich kohlenstoffhaltige Substanzen darauf einwirken, werden hinter blauem Glase durch die Sonnenstrahlen weit schneller desoxydirt als hinter ungefärbtem Glase.

Alle diese Erscheinungen deuten auf eine gewisse Polarisation des Lichtes, auf Ueberwiegendwerden des einen Bestandtheils auf der einen, und des entgegengesetzten auf der andern Seite, und zwar so, daß die blauen und violetten Strahlen den elektronegativen, die rothen und gelben hingegen dem elektropositiven Pole entsprechen, ohne daß übrigens Elektricität als solche frei wird.

Die theilweise Desoxydation oder Brennbarmachung durch Einfluß des Lichtes scheint übrigens nur eine Nebenwirkung zu seyn; die Hauptwirkung liegt vielleicht in einer besondern chemischen Verbindung des Lichtes, oder der Bestandtheile desselben; daher beschränkt sich diese Wirkung nicht blos auf Desoxydation, denn es giebt noch andere chemische Lichtwirkungen, die erst in der Folge näher betrachtet werden können; so z. B. wird Phosphor am Lichte roth, ohne daß Sauerstoff mit im Spiele zu seyn scheint; so verbinden sich Chlor- und Wasserstoffgas augenblicklich und unter heftiger Explosion zu Salzsäure, sobald ein Sonnenstrahl darauf fällt, so vereinigen sich Chlor- und Kohlenoxydgas gleichfalls nur unter Lichteinwirkung zu Phosgengas u. s. w.

Sehr merkwürdig ist es, daß, während die Sonnenstrahlen auf verschiedene chemische Verbindungen, vorzüglich aber auf lebende Organismen, desoxydirend und färbend wirken, organisch gebildete todte Körper durch Einfluß des Sonnenlichtes oxydirt und gebleicht werden; ja

die bleichende und oxydirende Kraft der Sonnenstrahlen geht bei einigen Körpern so weit, daß sie im Lichte auffallend zerstört werden; so weiß man, daß mit Curcumä, Saflor, Wau, Blauholz ꝛc. gefärbtes Seidenzeug einige Zeit lang den Sonnenstrahlen ausgesetzt, nicht nur gebleicht sondern ganz mürbe und beinahe zerreiblich wird.

3. Constitution. Alle Lichterscheinungen, verglichen mit den Erscheinungen der Wärme, Elektricität und des Chemismus überhaupt, leiten uns auf die Annahme, daß das Licht nicht einfach sey, sondern aus + E und — E bestehe. Wenn wir auch bei der Phosphorescenz, bei der Verbrennung und überhaupt bei vielen chemischen Prozeßen, Licht entstehen sehen, ohne elektrische Wirkungen wahrnehmen zu können, so stimmt dieses mit vielen andern chemischen Erscheinungen; vorzüglich aber mit den Gesetzen der doppelten Wahlverwandschaft sehr wohl überein, indem wir wissen, daß z. B. Schwefelsäure und Salzsäure aus dem schwefelsauren Natron und salzsauren Baryt gegenseitig ihre Basen vertauschen und als Säure wirken, ohne als solche wahrgenommen zu werden. Besonders merkwürdig ist die leichte Umwandlung des Lichtes in Wärme, und letzterer in erstere, so wie auch die Aehnlichkeit der chemischen Wirkungen beider, indem das Licht in vielen Fällen bald wie Wärme von 100°, bald wie eine von 125°, 160°, 180° bis 210°, ja selbst zuweilen wie Rothglühhitze wirkt (Gay-Lussac und Thenard).

4. Anwendung. Das Licht als chemisches Agens wird in den Laboratorien bisweilen angewendet, um gewisse Verbindungen z. B. des Kohlenoxydgases mit Chlor, oder Desoxydationen, z. B. des rothen salzsauren Eisens in Aether aufgelöst, zu bewirken. Im Großen wird es zum Bleichen der Leinwand, der Baumwolle, des Wachses u. s. w. benützt.

§. 25.

Wärme, Wärmestoff, Calor, Calorique.

1. Ursprung. Die Wärme entspringt aus denselben Quellen wie das Licht. Die Körper erwärmen sich also a) durch Lichtabsorption; b) durch Wärmemittheilung von andern Körpern; c) durch Verdichtung; d) durch Verbindung von + E und — E mit wägbaren Stoffen; e) durch chemische Verbindung wägbarer Stoffe; f) durch organisches Leben.

Was die Verdichtung betrifft, so ist es ein physikalisches Gesetz, daß die Körper beim Uebergange aus einem dünnern in einen dichtern Aggregatzustand Wärme entwickeln. Es ist bekannt, daß Sauerstoffgas oder atmosphärische Luft durch rasche Compression nicht nur Licht, sondern auch so viele Wärme entwickelt, daß Feuerschwamm davon entzündet wird; ferner das Wasser beim Gefrieren, Salze beim Krystallisiren, gebrannter Kalk beim Löschen wegen der Verdichtung des Wassers, Metalle und andere feste Körper beim Reiben, Drücken, Schneiden, Hämmern, Walzen, Strecken, Bohren, Feilen u. s. w., Wärme entwickeln. Es läßt sich also annehmen, daß die Wärme oder ihre Bestandtheile, in den Körpern schon enthalten waren.

Wir wissen aus der Physik*), daß bei der Vereinigung von + E mit — E nicht nur Licht, sondern auch Wärme entsteht, und zwar in einem solchen Grade, daß auf keine andere Weise eine stärkere Hitze erzeugt werden kann. Dies bestätigt auf synthetischem Wege die Annahme, daß das Licht eine Verbindung von + E mit — E, die Wärme aber eine Verbindung von + E und — E mit wägbarem Stoffe ist.

---

*) S. m. Phys. §. 167.

Die Wärmeentwicklung bei chemischen Prozeßen und im organischen Leben läßt sich nach demselben Principe und aus denselben Ursachen wie die Lichtentwicklung erklären.

2. Eigenschaften. Die Wärme folgt ähnlichen Verwandschaftsgesetzen wie das Licht und die Elektricität. Alle Nichtleiter für Elektricität sind auch schlechte Wärmeleiter, oder warme Körper, die elektrischen Halbleiter sind auch mittlere Wärmeleiter, die Elektricitätsleiter endlich sind in der Regel auch die besten Wärmeleiter, oder kalte Körper*). So scheint auch das Wärmeleitungs-Vermögen der Metalle so ziemlich dasselbe zu seyn, wie das Leitungs-Vermögen für Elektricität (§. 26.). Nach Despretz's Versuchen verhält sich das Wärmeleitungs-Vermögen des Kupfers zu dem des Eisens wie 12 zu 5; das des Eisens, Zinks und Zinn's sind sich beinahe gleich; das des Blei's verhält sich zu dem des Eisens wie 1 zu 2, und zu dem des Kupfers wie 1 zu 5. Diese Metalle stehen also hinsichtlich ihres Wärmeleitungs-Vermögens ungefähr in folgender absteigender Ordnung: Silber, Kupfer, Eisen, Zink, Zinn, Platin, Blei.

Die Wärmecapacität oder specifische Wärme der Körper**) steht nach Dalton's, Dülong's und Petits Versuchen mit dem chemischen Werthe derselben in einem merkwürdigen Verhältniße. Dalton fand nämlich, daß sich die specifische Wärme elastischer Flüßigkeiten umgekehrt wie ihre Atomen-Gewichte oder Aequivalente verhalte, und im geraden Verhältniße stehe mit der Zahl ihrer Atome (Aequivalente) bei gleichem Gewichte. Dülong und Pe-

---

*) A. a. O. §. 152 u. § 155.

**) A. a. O. §. 151 u. Tab. XIII.

tit suchten dieses Gesetz auf alle einfachen Stoffe auszudehnen. Die erste Zahlenreihe nachstehender Tabelle drückt die von ihnen gefundene specifische Wärme der genannten Metalle aus. Nimmt man die zweite Zahlenreihe als die Aequivalente dieser Metalle, und multiplicirt von jedem das Aequivalent mit der specifischen Wärme, so erhält man beinahe immer dasselbe Produkt, welches in der dritten Zahlenreihe ausgedrückt ist.

	spec. Wärme	Aequiv.	Produkt.
Schwefel	0,1880	16,0	3,008
Kobalt	0,1498	19,6	2,938
Tellur	0,0912	32,2	2,937
Wismuth	0,0288	106,5	3,067
Zinn	0,0514	58,8	3,042
Blei	0,0293	103,5	3,031
Eisen	0,1100	27,1	2,981
Nickel	0,1035	29,5	3,053
Kupfer	0,0949	31,6	2,998
Silber	0,0557	54,0	3,008
Gold	0,0298	99,4	2,962
Platin	0,0314	97,0	3,046

Nach dieser Berechnung ergäbe sich also das merkwürdige Gesetz, daß zwei Elemente, welche gleiche Aequivalenten-Zahlen haben, bei gleicher Temperatur auch gleich viel Wärme enthielten, und man könnte aus der specifischen Wärme eines Stoffes immer sogleich sein Aequivalent berechnen, so wie umgekehrt aus letzterm die specifische Wärme. Allein es ist vorläufig nicht zu übersehen, daß die von den genannten Chemikern aufgestellten Atomen-Gewichte von denjenigen, welche weiter oben (§. 23.) nach Berzelius angenommen wurden, bedeutend abweichen.

Daß ein bestimmtes Verhältniß statt finde zwischen dem specifischen Gewichte, der specifischen Wärme und der chemischen Constitution der Körper, läßt sich aus den bisherigen Versuchen wohl vermuthen, allein noch ist es nicht gelungen das Gesetz dieser Uebereinstimmung unbezweifelt auszumitteln.

Die Haupteigenschaft der Wärme ist, daß sie Körper ausdehnt, flüßig und flüchtig macht, und diese Eigenschaft ist für die Chemie von größter Wichtigkeit, denn außerdem wäre gar kein chemischer Prozeß möglich, mithin ist die Wärme das erste chemische Agens.

Da die Wärmeleitungskraft, Wärmecapacität und Ausdehnsamkeit der verschiedenen Körper sehr ungleich sind *), so kann man die Körper in Beziehung auf die Wärme betrachten, als

a) Wärmeleiter,
b) Nichtleiter,
c) feuerfeste { schmelzbare, unschmelzbare,
d) flüchtige { Dampf. Gas.

Das physikalische Gesetz, daß, wenn ein Körper aus einem dichtern Zustande in einen dünnern übergeht, die Wärmecapacität desselben vermehrt, mithin Kälte erzeugt wird **), ist in chemischer Hinsicht gleichfalls von größter Wichtigkeit, weil es dazu dient, der natürlichen Ausdehnsamkeit elastischer Substanzen Grenzen zu setzen; denn so wie der Ursprung der Kälte immer jenem der Wärme gerade

*) S. m. Phys. Tab. XI. XII. XII u. XIV.
**) A. a. O. §. 148.

entgegengesetzt ist, indem erstere für nichts anderes als für Mangel an Wärme gelten kann, so sind auch die Wirkungen der Kälte jenen der Wärme entgegengesetzt. Kälte bewirkt also im Allgemeinen Verdichtung, Erstarrung, mithin Hemmung des chemischen Prozeßes und des organischen Lebens.

Es giebt indessen doch einige Fälle, wo gerade umgekehrt der chemische Prozeß durch Wärme beschränkt und durch Kälte befördert wird. Dieses tritt nämlich bei solchen Stoffen ein, welche sich in der Wärme gas- oder dampfartig ausdehnen, mithin der Einwirkung fester oder tropfbarflüssiger Körper entgehen. Werden diese Stoffe einer starken Kälte, und wo möglich auch einem starken Drucke ausgesetzt, so verdichten sie sich auf ein sehr geringes Volumen, und gewinnen auf diese Art von Concentration an chemischer Kraft. Von dieser Seite hat man die chemische Reaction der elastischen Stoffe noch wenig untersucht, obgleich zu erwarten steht, daß Compressions- und Kälte-Versuche mit elastischen Flüßigkeiten zu wichtigen Resultaten führen werden.

Zu diesen Erwartungen berechtigen uns einige Versuche, welche Faraday erst kürzlich bekannt gemacht hat. Dieser Chemiker hat nämlich gezeigt, daß mehrere elastische Flüssigkeiten, welche man sonst für permanent elastisch gehalten hat, durch Anwendung von Druck und Kälte zu tropfbaren Flüssigkeiten condensirt werden können. Faraday verfuhr auf folgende Weise:

Bei Körpern, aus welchen sich erst bei erhöhter Temperatur Gas, oder strenge genommen Dampf, entwickeln läßt, nämlich bei salpetersauem Ammoniak, um daraus oxydulirtes Stickgas, bei concentrirter Schwefelsäure und Quecksilber, um daraus schwefeligsaures Gas, bei salzsaurem

Silber-Ammoniak, um daraus Ammoniakgas, und bey Quecksilberkyanid, um daraus Kyanogengas zu entwickeln, wurde die Substanz oder das Gemisch auf den Boden einer unten zugeschmolzenen Glasröhre gethan, und hierauf das offene Ende der Röhre zugeschmolzen. Nachdem der Apparat so vorgerichtet war, wurde die Röhre an der vordern leeren Seite mit einem erkältenden Gemisch umgeben, während durch angebrachte Wärme auf der andern Seite die Substanz zersetzt wurde. Bei Gemischen aber, welche schon in der Kälte Gas entwickeln, nämlich bei Schwefeleisen und Salzsäure, um Schwefelwasserstoff, bei kohlensaurem Ammoniak und concentrirter Schwefelsäure, um daraus Kohlensäure, bei chlorsaurem Kali und Schwefelsäure, um daraus Euchlorin und bei Salmiak und concentrirter Schwefelsäure, um daraus Salzsäure zu entwickeln, wurde die eine Substanz auf den Boden der Glasröhre, und die andere auf eine Platinfolie gethan, hierauf die Röhre zugeschmolzen, und dann erst durch Neigung die Vermischung beider bewirkt u. s. w. Auf diese Weise gelang es Herrn Faraday folgende Gasarten, welche man für permanent elastisch gehalten hatte, so weit zu verdichten, daß sie tropfbarflüßig erschienen: nämlich Chlor, Euchlorin, Salzsäure, Stickstoffoxydul, schwefelige Säure, Schwefelwasserstoff, Kohlensäure, Kyanogen, und Ammoniak. Einige Gasarten ließen sich aber auf diese Weise nicht condensiren; dahin gehören Sauerstoff, Wasserstoff, Phosphorwasserstoff, Stickstoff und Fluorborongas.

Durch Wärme werden die Körper zwar im Allgemeinen ausgedehnt und flüßig gemacht, durch Kälte hingegen auf ein kleineres Volumen zusammengezogen und aus dem tropfbarflüßigen Zustande in den festen übergeführt; allein einige

Körper machen davon doch eine scheinbare Ausnahme. Wasser, und überhaupt solche Körper, welche in der Kälte krystallisiren, dehnen sich wegen der polaren Wirkung der Cohäsionskraft im Krystallisations-Prozeße auf ein größeres Volumen aus, als sie bei einer höhern Temperatur im flüßigen Zustande eingenommen hatten; so zieht sich auch der Thon beim Harthrennen zusammen *). So giebt es auch einige Flüssigkeiten, welche bei einer niedrigern Temperatur vollkommen flüßig und homogen sind, beim Erhitzen aber gerinnen, oder wenigstens getrübt werden, indem sich eine Substanz niederschlägt, welche in der Kälte auflöslich, in der Wärme hingegen unauflöslich ist. Zu diesen Flüssigkeiten gehören die wässerigen Auflösungen der essigsauren Alaunerde des weinsteinsauren Kali mit Kalk, und des Kalkzuckers. Die Erscheinung beruht indessen darauf, daß in der Wärme andere Verwandtschaftskräfte thätig werden als in der Kälte. Bei der essigsauren Alaunerde dehnt sich nämlich ein Theil der Essigsäure in der Wärme aus, und strebt mit Wasser sich zu verflüchtigen, wodurch ein basisches Salz niedergeschlagen wird; etwas ähnliches erfolgt auch beim Kalkzucker; beim weinsteinsauren Salze mit ätzendem Kalke endlich entsteht in der Wärme weinsteinsaurer Kalk, welcher unauflöslich ist. Der Schwefel besitzt gleichfalls die merkwürdige Eigenschaft, bei mäßiger Hitze leichtflüßig zu schmelzen, bei einer größern Hitze hingegen zu einer zähen Masse zu gerinnen. Dieß könnte man nach Analogie als einen Beweis ansehen, daß der Schwefel zusammengesetzt sey, und daß seine Bestandtheile in der Glühhitze andern Verwandtschaftsgesetzen folgen (Osan).

---

*) S. m. Phys. §. 148.

Befindet sich ein verdampfbarer Stoff mit einem andern weniger flüchtigen, oder fixen Körper in chemischer Verbindung, so verflüchtigt er sich um so schwieriger, und sein Siedpunkt liegt um so höher, je überwiegender die Menge des fixern Bestandtheils, und je größer die chemische Verwandtschaft zwischen beiden ist, daher verdampft z. B. Alkohol um so schwieriger mit je mehr Wasser er vermischt ist, Wasser um so schwieriger, mit je mehr Schwefelsäure, oder Kali, oder Salz es verbunden ist, Schwefel um so schwieriger, je mehr er mit einem Metalle dem Zustande eines einfachen Thionids nahe kömmt. Umgekehrt verdampfen aber auch weniger flüchtige Stoffe um so leichter und bei einer Temperatur, welche um so niedriger ist, mit je mehr leichtverdampfbaren Stoffe sie verbunden, und je inniger die Verbindungen sind. So z. B. verdampft das Wasser mit 80 bis 96 Procent Alkohol verbunden, eben so leicht wie letzterer, so verflüchtigen sich Kieselerde in Verbindung mit Flußsäure, der Diamant in Verbindung mit Sauerstoff, Schwefel, Selen, Arsenik, Tellur ꝛc. in Verbindung mit Wasserstoff gasförmig, selbst bei den niedrigsten Temperaturen; so verflüchtigen sich auch manche fixe Salze mit den Wasserdämpfen u. s. w. Je niedriger die Temperatur ist, bei welcher eine Substanz in Dampf- oder Gaszustand übergeht, um desto weniger Wärme absorbirt er um sie latent zu machen, daher enthalten die Gasarten in der Regel bei gleicher Temperatur weniger latente oder gebundene Wärme, als die Dämpfe.

3. Constitution. Es ist bereits oben gesagt worden, daß die Wärme wie das Licht aus + E und — E zusammengesetzt zu seyn scheint; vielleicht liegt der Unterschied zwischen Licht und Wärme nur in der Art und Geschwindigkeit der Bewegung, oder in der Quantität und Art der Verbindung

mit wägbaren Stoffen, oder vielleicht auch in beiden zugleich. In der Wärme ist wahrscheinlich mehr wägbare Materie mit $\pm$ EE verbunden, als im Lichte, welches auch im sehr gefärbten Zustande immer nur eine so geringe Menge wägbaren Stoffes zu enthalten scheint, daß dieser selbst als unwägbar angenommen werden muß. Uebrigens ist es aus alltäglichen Erscheinungen bekannt, wie leicht das Licht in Wärme, und Wärme in Licht übergehen kann, alle, vorzüglich die dunklen undurchsichtigen Körper erwärmen sich indem sie Licht absorbiren, und alle geben Licht von sich (werden glühend), wenn sie bis zu einem gewißen Grad erhitzt werden. Indeßen ist nicht immer der heißeste Körper auch der leuchtendste, die Grade des Heiß- und Glühendwerdens scheinen von gewißen Verwandtschafts-Verhältnissen abzuhängen, so z. B. sehen wir bei Versuchen vor dem Löthrohr, daß gerade der am wenigsten leuchtende Theil der Flamme, nämlich der innere blaue Kegel der heißeste ist, und daß dieser wenig leuchtende Theil im Stande ist mit gewißen Körpern das glänzendste Licht zu erzeugen; bringt man nämlich in den blauen Flammen-Kegel Kalk oder Magnesia, so geben diese ein blendendes Licht von sich; dasselbe ist auch der Fall mit der blauen nicht leuchtenden Weingeistflamme; Metalle, welche man darin zum Glühen erhitzt, werden sehr leuchtend. Merkwürdig ist es, daß Gase, um leuchtend zu werden, eine viel höhere Temperatur erfordern als feste Körper.

4. Anwendung. Die Wärme ist ein so allgemein bekanntes chemisches Agens, daß es überflüßig seyn mag, hier noch besonders davon zu handeln. Sie wird beständig benützt, theils um verschiedene Stoffe mit einander zu verbinden, nämlich durchs Zusammenschmelzen, Cämentiren, Destilliren und Sublimiren, und theils von einander zu scheiden,

vorzüglich durchs Rösten, Digeriren, Auskochen, Abdampfen, auch durch Sublimiren, Destilliren u. s. w.

Da im luftleeren Raume die Verdampfung weit schneller und reichlicher vor sich geht, als unter dem Drucke der Atmosphäre, so bedient man sich bei chemischen Operationen bisweilen der Luftpumpe, um die Verdampfung bei niedriger Temperatur vorzunehmen. Ist das zu Verdampfende, Wasser, so ist es am besten, man bringt unter den Recipienten der Luftpumpe zugleich einen hygroscopischen Körper; Erfahrung hat gelehrt, daß die concentrirte Schwefelsäure hierzu am brauchbarsten ist.

Das Gesetz, daß bei der Vermehrung der Wärmecapacität, wegen Uebergang aus einem dichtern in einen dünnern Aggregatzustand, Kälte entsteht, gewährt der Chemie gleichfalls sehr nützliche Anwendungen, vorzüglich um künstliche Kälte zu erzeugen, und mittelst dieser Kälte Dämpfe zu condensiren, oder von Gasarten zu scheiden, Auflösungen zu krystallisiren u. s. w.

Die gewöhnlichen Kälte erzeugenden Mittel bestehen darin:

1) daß man Luftzug veranstaltet, um durch Ausdehnung und Erneuerung der Luft Kühle hervorzubringen.

2) daß man das abzukühlende Gefäß mit einer dünnen Schicht einer verdampfbaren Flüßigkeit umgiebt, und letztere unter dem Recipienten der Luftpumpe oder auch nur an der atmosphärischen Luft verdampfen läßt.

3) daß man feste Körper, deren Wärmecapacität durch Auflösung vermehrt wird, auflöst.

Abkühlung durch Verdampfung wird bezweckt:

a) wenn man kaltes Wasser auf das Gefäß, welches abgekühlt werden soll, laufen läßt.

b) eine weit größere Verdunstungskälte kann man im Kleinen hervorbringen, wenn man das Gefäß mit feiner Leinwand, Musselin, oder Baumwolle umgiebt, und Alkohol, oder noch besser Schwefeläther, oder Salpeteräther darauf tröpfelt. Cavallo fand, daß, wenn die Temperatur der umgebenden Luft + 64° Fah. (+ 14° R.) ist, bei der Wasserverdunstung das Thermometer, auf dessen Kugel die Verdampfung geschah, um 8°, bei Alkoholverdampfung um 16°, und bei der Aetherverdampfung um 54° erniedrigt werden kann. Durch Verdampfung des Salpeteräthers fällt das Thermometer von + 15° C. auf — 18° C. Der Schwefelalkohol erzeugt gleichfalls eine außerordentliche Verdunstungskälte, weil er ungemein rasch verdampft, und zwar so, daß ein Weingeistthermometer schon in der freien Luft bis auf — 60° sinkt, wenn man auf die mit Musselin umwickelte Kugel Schwefelalkohol tröpfelt. Unter dem Recipienten der Luftpumpe kann durch dieses Mittel schon bei mäßiger Luftverdünnung die Kälte von — 60° bis auf — 81° gebracht werden. Ja man kann durch die mittelst Schwefelalkohol erzeugte Verdunstungskälte sogar im Sommer Quecksilber zum Gefrieren bringen (Marcet); es versteht sich daher von selbst, daß man zur Bestimmung solcher Kältegrade nur das Weingeist-Thermometer gebrauchen kann.

Gay-Lussac zeigte, daß wenn die Verdampfung im luftleeren Raume geschieht, und der dadurch gebildete Dampf beständig fortgeführt wird, der höchste Grad von Kälte entsteht, der für eine gegebene Temperatur in dem umgebenden Raume entstehen kann, sobald die Oberfläche der Flüssigkeit so weit erkaltet ist, daß die Wärme, welche durch die Verdampfung absorbirt wird, der Menge nach gleich ist mit der, welche die Flüßigkeit durch Radiation von den

umgebenden Körpern zurück erhält; man kann daher, wenn man das umgebende Medium abkühlt, die Kälte ohne Grenzen vermehren, so lange noch die verdampfende Flüßigkeit einige Spannung besitzt. Derselbe Naturforscher fand ferner, daß, wenn sich Luft durch starke Compression in einer Pumpe bis auf + 300° erhitzt, dieselbe, wenn man sie unter dem nämlichen Drucke nachher bis auf 0° abkühlt, und dann augenblicklich wieder auf ihr voriges Volumen ausdehnt, eine Kälte von — 300° erzeugt; und dieses scheint ins Unendliche gehen zu können.

Das gewöhnlichste Mittel, dessen man sich in der Chemie bedient, um außerordentliche Kältegrade hervorzubringen, besteht darin, daß man die gesteigerte Wärmecapacität krystallinischer Hydrate durch Auflösung benützt. Bei Mangel an Eis oder Schnee nimmt man seine Zuflucht zu Salmiak, Glaubersalz, Kochsalz, Salpeter und Wasser. Guyton hat zu zeigen gesucht, daß, um den größtmöglichsten Kältegrad hervorzubringen, man von den Salzen genau so viel nehmen müße, als bei der Temperatur, bei welcher der Versuch angestellt wird, erforderlich ist, um das Wasser zu sättigen. Ein Ueberfluß von Salz giebt Wärmestoff her, wodurch die hervorgebrachte Kälte vermindert wird. Dasselbe gilt auch bei Versuchen mit Eis oder Schnee, wo gleichfalls der Erfolg um so günstiger ist, je schneller und gleichförmiger das Ganze flüßig wird. Noch wichtiger ist, daß die Salze frisch krystallisirt, also nicht verwittert oder wasserleer sind, weil sie sonst bei der Berührung mit Wasser Wärme erzeugen, indem ein Theil desselben zu Krystallwasser verdichtet wird. Auch ist es nothwendig, daß die Salze fein pulverisirt seyen, und möglichst schnell mit der Flüßigkeit vermischt werden, denn je schneller die Auflösung erfolgt, desto weniger können die umgebenden Körper Wär-

me abgeben, um sich in's Gleichgewicht der Temperatur zu setzen; daher sind es durchaus solche Salze oder Säuren, welche sich sehr schnell und in großer Menge in Wasser auflösen, womit man die größten Kältegrade hervorzubringen im Stande ist. Auf die Natur und Oberfläche des Gefäßes, in welchem die kalt machende Mischung geschieht, kömmt gleichfalls sehr viel an. Am besten scheinen blanke metallne Gefäße von mäßiger Wärmeleitungskraft, also von Zinn, Eisen oder Platin zu seyn, weil die Wärme von glänzenden Flächen zurückgeworfen wird, mithin sich nicht so leicht von Außen der Mischung mitheilen kann, wie durch Gefäße mit matter Oberfläche.

Die hervorgebrachte Kälte ist um so größer, je niedriger die Temperatur der Materialien schon zuvor war, daher lassen sich die größten Kältegrade nur dadurch hervorbringen, wenn man Eis oder Schnee anwenden kann, und diese Materialien schon vor der Vermischung möglichst abgekühlt hat. Dabei ist aber der Kältegrad, wo eine angewendete Substanz selbst gefriert, wohl zu berücksichtigen; denn da z. B. eine Auflösung des Kochsalzes in Wasser bei ungefähr — 21° gefriert, so ist man mit Kochsalz und Schnee nicht im Stande eine größere Kälte, als diese ist, zu erzeugen; dagegen kann man mittelst salzsauren Kalk eine weit größere Kälte hervorbringen, weil eine concentrirte Auflösung dieses Salzes erst bei — 60° gefriert. Folgende Mischungen sind unter den bekanntesten die einfachsten, wohlfeilsten und wirksamsten.

1) Ohne Eis oder Schnee:

a) 5 Theile Salmiak, 5 Theile Salpeter, 16 Theile Wasser: das Thermometer fällt von + 10° C. auf — 12°.

b) 1 Theil Salmiak, 1 Theil Wasser: das Thermometer fällt von + 10° C. auf — 16°.

c) 5 Theile Glaubersalz, 4 Theile verdünnte Schwefelsäure: das Thermometer von + 10° auf — 16°.

d) 3 Theile Glaubersalz, 2 Theile verdünnte Salpetersäure: das Thermometer von + 10° auf — 16°.

e) 8 Theile Glaubersalz, 5 Theile Salzsäure: das Thermometer von + 10° auf — 18° C.

2) Mit Eis oder Schnee:

a) gleiche Theile Schnee oder gestoßenes Eis und Kochsalz: das Thermometer von 0° auf — 18° C.

b) 2 Theile Kochsalz, und 1 Theil Schnee: das Thermometer von — 18° auf — 21° C.

c) 2 Theile salzsaurer Kalk und 1 Theil Schnee: das Thermometer von 0° auf — 45° C.

d) 3 Theile salzsaurer Kalk und 1 Theil Schnee: das Thermometer von — 40° auf — 58° C.

e) 1 Theil verdünnte Schwefelsäure mit 1 Theil Schnee: das Thermometer von — 7° auf — 51° C.

f) 10 Theile verdünnte Schwefelsäure mit 8 Theilen Schnee: das Thermometer von — 55° auf — 69° C.

g) gleiche Theile verdünnte Salpetersäure und Schnee: das Thermometer von — 18° auf — 43° C.

h) gleiche Theile Weingeist von 0,860 spec. Gew. und Schnee: das Thermometer von + 10° auf — 10° C.

So giebt es noch verschiedene andere Salze, welche bei der Auflösung in Wasser, oder Mischung mit Eis oder Schnee eine bedeutende Kälte hervorbringen. Der Erfolg läßt sich indessen nie aus der Theorie zum Voraus genau angeben, sondern muß immer erst durch Versuche ausgemittelt werden, weil es viele Körper giebt, welche bei der Auflösung statt Kälte, Wärme erzeugen, indem die Wär-

mecapacität der Auflösung geringer ist, als die der trocknen Substanz, oder weil die Auflösung mit der Vereinigung elektrochemisch entgegengesetzter Stoffe verbunden ist, z. B. bei der Auflösung von Kali, Natron, Ammoniak, Baryt, Strontian, Kalk, Magnesia ꝛc. in irgend einer Säure, oder umgekehrt einer festen Säure in einem flüßigen Alkali, z. B. der Phosphorsäure oder Weinsteinsäure in Ammoniak-Liquor u. s. w., wo jedesmal, statt Kälte, Wärme entsteht.

§. 26.

Elektricität, elektrisches Fluidum, Elektrogenium, Electricitas, Electricité.

1. Ursprung. Es unterliegt kaum einem Zweifel, daß die Erscheinungen der Elektricität, mit jenen des Lichtes und der Wärme gleichen Ursprung haben, denn dieselben Bewegungen, welche Licht und Wärme erzeugen, können unter gewissen Umständen auch elektrische Erscheinungen bewirken, so wie umgekehrt das reinste Produkt der elektrischen Entladung, oder Neutralisation, nämlich der elektrische Funken, in Licht und Wärme besteht.

Nach der Art der Elektricitäts-Entwicklung unterscheiden wir Reibungselektricität, Krystallelektricität, Thermoelektricität, Verdampfungs- oder Luftelektricität, und Berührungselektricität, oder Galvanismus *). Es ist vollkommen erwiesen, daß das elektrische Agens überall dasselbe ist, und daß die Modificationen, unter welchen es auftritt, nur von den Körpern herrühren, mit welchen es mehr oder weniger fest verbunden ist.

---

*) Ueber die verschiedenen Mittel der Elektricitäts-Erregung, s. m. Phys. §§. 164—166.

2. Eigenschaften. Wir wollen hier die chemischen Eigenschaften der Elektricität etwas näher betrachten *). Wenn zwei ungleichartige Nichtleiter durch Reibung jederzeit entgegengesetzt, und zwar in gleichen Grade elektrisch werden, so scheint dieß auf Wärmezerlegung zu beruhen, indem der eine Bestandtheil der Wärme mehr von dem einen, und der andere mehr von dem andern Körper angezogen wird. Diese Anziehung ist jedoch nur adhäsiv, indem sie sich auf die Oberfläche der Körper beschränkt; sie wird auch sehr leicht von der gegenseitigen Verwandtschaft der freien + E zu — E überwunden, und zwar so, daß, wenn beide bis zu einem gewißen Grade in getrennten Zustande angehäuft werden, und einander nahe kommen, eine Wiedervereinigung von ± EE erfolgt; und dieser Prozeß erscheint uns als elektrischer Funke, oder mit andern Worten, als Licht und Wärme.

Die übrigen chemischen Wirkungen, welche durch Reibungselektricität hervorgebracht werden, vorzüglich die Schmelzungen und Verbrennungen, sind meistens nur secundär, nämlich durch die Hitze, welche durch Vereinigung von ± EE entstehen kann. Ueberhaupt dürfen wir annehmen, daß die synthetischen Wirkungen der Elektricität meistens nur secundär sind, und daß, wenn + E und — E im getrennten Zustande auf zusammengesetzte Körper chemisch einwirken, der Erfolg gewöhnlich ein analytischer ist, und nur in soferne synthetisch genannt zu werden verdient, als die Analyse der wägbaren Stoffe nur durch Synthese mit den elektrischen Potenzen bedingt wird.

Die bei Schmelzung, Verdampfung, Wolkenbildung,

*) Von den übrigen Wirkungen der Elektricität a. a. O. §. 167.

Krystallisation, überhaupt bei Aenderung des Aggregatzustandes frei werdenden Elektricitäten verhalten sich, was Entstehungsgrund und chemische Wirkung betrifft, so ziemlich wie die Reibungs-Elektricität. Weit wichtiger hingegen ist in chemischer Hinsicht die galvanische Elektricität.

Wenn nämlich zwei ungleichartige Körper durch wechselseitige Berührung Elektricität erregen, so beruht dieß zwar zum Theil auf demselben Principe, auf welches die übrigen Elektricitäts-Erregungen gegründet sind, indem immer der eine von den berührenden Theilen + E und der andere — E aufnimmt, allein die Metalle, oder überhaupt die Elektricitäts-Leiter, sind chemisch nicht so indifferent wie Glas, Harz, Seide, Wolle, überhaupt die Nichtleiter, wenn sie durch Reibung ꝛc. Elektricität erregen; die Metalle können also, wenn sie mit zersetzbaren Halbleitern in Berührung kommen, noch auf eine andere Weise, nämlich vermöge der chemischen Verwandschaften zwischen den berührenden Substanzen und ihren Elementen selbst Elektricität frei machen, so zwar, daß die galvanische Elektricität weniger auf Wärmezerlegung als vielmehr auf Lostrennung des Elektrogeniums von dem Metalle und von den zersetzbaren Halbleitern, womit es chemisch verbunden war, zu beruhen scheint.

Körper, welche eine starke Verwandschaft zu einander haben, erregen viele Elektricität, wenn sie im trocknen Zustande als Glieder einer elektrischen Kette wirken, z. B. geschmolzenes Kali und geschmolzene Phosphorsäure. Körper hingegen, welche nur eine schwache oder gar keine chemische Verwandschaft zu einander haben, erregen wenig oder gar keine Elektricität.

Diejenigen brennbaren Radikale (Metalle und Metalloide), welche mit Sauerstoff die stärksten Basen bilden, zeigen bei der Berührung mit solchen brennbaren Radikalen, welche mit

Sauerstoff schwächere Basen oder gar Säuren bilden, immer + E, während die letztern immer — E annehmen.

Sind die Leiter von der Art, daß sie gegen den einen Stoff wie eine Säure und gegen den andern wie eine Basis wirken, so zeigen sie im erstern Falle — E und im letztern + E.

Sind die in Berührung kommenden Körper bereits oxydirt, oder überhaupt im Zustande primärer Verbindungen, so verhalten sie sich gegen einander eben so wie ihre Radikale. Wenn also z. B. Zink bei der Berührung mit Kupfer + E und letzteres — E annimmt, so verhält sich Zn wie eine Basis und Cu wie eine Säure; dasselbe tritt deutlicher hervor, wenn die beiden Metalle oxydirt sind; das Zinkoxyd ist wirklich unter den Metalloxyden eine der stärkern Basen und fähig, andere Metalloxyde aus ihren Verbindungen zu trennen, während das Kupferoxyd eine der schwächsten Basen ist, so, daß die Kupfersalze schon in der Hitze, oder durch Einwirkung brennbarer Körper sehr leicht zersetzt werden. Das Zinkoxyd verhält sich gegen andere Oxyde niemals wie eine Säure, während das Kupferoxyd gegen die meisten Basen die Rolle einer Säure spielen kann, indem die Alkalien, Erden und einige Metalloxyde damit salzartige Verbindungen bilden.

Wenn nun Zn + E und Cu — E annimmt, sobald beide als Elektricitäts-Erreger auf einander wirken, so rührt dieß offenbar daher, daß Zn und + E so wie auf der andern Seite Cu und — E einander chemisch anziehen; da nun, wie wir aus der Physik wissen, gleichnamige Elektricitäten einander abstossen und ungleichnamige oder heterogene Elektricitäten einander anziehen, so kann man annehmen, daß diese Anziehung von + E und Zn so wie von — E und Cu nicht sowohl von dem Metalle, sondern vielmehr

von der entgegengesetzten Elektricität, welche damit chemisch verbunden ist, bedingt werde, und zwar so, daß im Zn — E thätig wird und + E anzieht, während im Cu + E wirkt, und — E anzieht. Da aber dieses — E und Zn, so wie auf der andern Seite + E und Cu selbst schon sehr feste chemische Verbindungen darstellen, so kann zwar am Zinkpole + E und am Kupferpole — E angezogen, aber nicht neutralisirt werden. Daher kömmt es, daß die an den Polen sich ansammelnden Elektricitäten so lange frei bleiben, bis sie sich durch Schließung der galvanischen Kette entweder gegenseitig neutralisiren, oder mit zusammengesetzten Halbleitern in Conflikt kommen, und nach den Gesetzen der doppelten Wahlverwandschaft analytisch wirken.

Wenn also die beiden Pole einer Voltaischen Säule mit Gold- oder Platin-Dräthen armirt sind, so können bei Schließung der Kette nur zwei Hauptfälle eintreten: entweder geschieht die Schließung durch unzersetzbare Leiter, oder durch zersetzbare Halbleiter. Durch unzersetzbare Leiter geschieht die Schließung, wenn die beiden Schließungsdrähte unmittelbar, oder durch ein anderes Metall in leitende Berührung kommen, wodurch (weil die Metalle unzersetzbar sind) + E vom Zinkpole mit — E von Kupferpole vereinigt, und Erscheinungen von Licht, Wärme und Magnetismus erzeugt werden. Sind die Schliessungsdrähte so fein, daß sie ein Uebermaß von $\frac{+}{-}$ EE aufzunehmen und zu verbinden gezwungen werden, so kann die erzeugte Wärme so sehr angehäuft werden, daß die Drähte selbst ins Glühen, Schmelzen und Verbrennen kommen, was vorzüglich der Fall ist, wenn die Schließungsdrähte von einem Metalle sind, welches die Wärme weniger schnell leitet als Silber und Kupfer. Ist aber das Entladungsmetall ein sehr guter Wärmeleiter, oder in hinreichender Masse vor-

handen, so zerstreut es die entstandene Wärme, und es kann höchstens magnetische Wirkung beobachtet werden.

Durch zersetzbare Halbleiter geschieht die Schliessung, wenn man die Poldrähte unter Wasser, oder Säure, oder Alkali, oder Salzauflösung u. d. gl. bis auf einige Linien einander nähert; in diesem Falle verbinden sich + E und — E nicht zu Licht, Wärme und Magnetismus, sondern sie treten mit den Bestandtheilen des Halbleiters in Verbindung und bewirken dadurch eine Zersetzung desselben. Nehmen wir an, der Halbleiter sey Wasser, so wird dieses durch die Elektricität zersetzt, am positiven Pole sammelt sich Sauerstoff, und am negativen Wasserstoff an. Diese Erscheinung läßt sich nun auf zweifache Weise erklären: man kann nämlich annehmen, daß sich der Sauerstoff als solcher analog der negativen Elektricität verhält und am positiven Pole sich mit + E chemisch verbindet, während der Wasserstoff als elektropositiv sich mit — E vereinigt mithin am negativen Pole frei wird; oder es läßt sich auch eben so gut denken, daß der Sauerstoff am negativen Pole sich mit — E verbindet, und so als elektronegativ geworden abgestossen und am positiven Pole angezogen wird, während der Wasserstoff sich mit + E verbindet, und so am positiven Pole abgestossen und am negativen angezogen wird.

Bei Körpern die sich in Wasser auflösen, überhaupt bei Halbleitern, ist es nicht schwer, auf diesem Wege den elektrochemischen Werth der Bestandtheile auszumitteln, indem der elektronegative Bestandtheil jedesmal am positiven, und der elektropositive Bestandtheil am negativen Pol abgeschieden wird. Nehmen wir z. B. eine Auflösung von schwefelsaurem Kali als Entladungsmittel, so wird die Schwefelsäure am positiven, und das Kali am negativen Pole abgeschieden Dasselbe ist der Fall bei allen Salzen, indem die Säure als

elektronegativ immer am positiven, die Basis aber, als elektropositiver Bestandtheil am negativen Pole abgeschieden wird. Nehmen wir aber eine oxydirte Säure z. B. Schwefelsäure, Salpetersäure, Phosphorsäure, Arsenicksäure ꝛc. als Entladungsmittel, so wird jederzeit der Sauerstoff als der elektronegative Bestandtheil am positiven, und das Radikal als der elektropositive Bestandtheil am negativen Pole auftreten. Eben so verhalten sich die Alkalien, welche mit den oxydirten Säuren eine analoge Zusammensetzung haben, und ihren Stoff an den positiven, ihr brennbares Radikal aber an den negativen Pol, abgeben. Nehmen wir dagegen Wasserstoff-Säuren, z. B. Salzsäure, Hydrjodsäure, Hydroselensäure, Hydrothionsäure u. s. w. so wird der Wasserstoff als der elektropositive Bestandtheil am negativen Pole abgeschieden, während das Chlor, das Jod, das Selen, der Schwefel ꝛc. als der elektronegative Bestandtheil, welcher bei diesen Wasserstoffsäuren die Stelle des Sauerstoffes vertritt, am positiven Pole frei wird, oder was gewöhnlich der Fall ist, sich mit dem Armirungsmetalle verbindet.

Während also in der Schwefelsäure, Chlorsäure, Jodsäure, überhaupt in allen Sauerstoffsäuren, das Oxygen den elektronegativen Bestandtheil ausmacht, ist in allen Wasserstoffsäuren das Hydrogen der elektropositive Bestandtheil, der Schwefel, das Chlor, das Jod ꝛc. hingegen elektronegativ. Wir haben also unter diesen Verbindungen den Sauerstoff als den elektronegativsten, und den Wasserstoff als den elektropositivsten Bestandtheil. Unter den Basen sind die brennbaren Radikale der Alkalien, nämlich die Metalloide durchaus elektropositiv und zwar, wie es scheint, noch mehr als der Wasserstoff; die übrigen wägbaren Elemente aber können bald als elektropositiv und bald wieder als elektronegativ auftreten, je nachdem sie sich in einer Verbindung befinden.

Wäre es möglich, alle chemischen Verbindungen durch Elektricität eben so leicht zu zersetzen wie das Wasser, dann hätten wir ein bequemes Mittel um das elektrochemische Verhalten eines jeden erregbaren Elements gegen alle übrigen genau kennen zu lernen, und wir könnten darnach die Elemente als eine feste elektrochemische Reihe aufstellen; allein es sind nur die in Wasser auflöslichen Halbleiter, welche sich auf diesem Wege vollständig zerlegen, und mit einander vergleichen lassen; denn alle übrigen Verbindungen, welche zu den Leitern oder Nichtleitern gehören und in Wasser unauflöslich sind, z. B. die Gase, die Erden, Metalle, Schwefelmetalle, Phosphormetalle, Metalllegierungen ꝛc. lassen sich auf diesem Wege höchstens nur unvollkommen, meistens gar nicht zerlegen, und wir können gegenwärtig nur annäherungsweise annehmen, daß die unzerlegten Stoffe vom elektronegativsten Sauerstoffe an bis zum elektropositivsten Kalium in folgender Ordnung zu stehen kommen werden: 1) Sauerstoff, 2) Chlor, 3) Jod, 4) Fluor, 5) Stickstoff, 6) Schwefel, 7) Phosphor, 8) Selen, 9) Arsenik, 10) Molybdän, 11) Chrom, 12) Wolfram, 13) Boron, 14) Kohle, 15) Antimon, 16) Tellur, 17) Tantal, 18) Titan, 19) Silicium, 20) Osmium, 21) Gold, 22) Iridium, 23) Rhodium, 24) Platin, 25) Palladium, 26) Quecksilber, 27) Silber, 28) Kupfer, 29) Nickel, 30) Kobalt, 31) Wismuth, 32) Zinn, 33) Zirkon, 34) Blei 35) Cerium, 36) Uran, 37) Eisen, 38) Cadmium, 39) Zink, 40) Mangan, 41) Wasserstoff (?) 42) Aluminium, 43) Yttrium, 44) Beryllium, 45) Magnesium, 46) Calcium, 47) Strontium, 48) Baryum, 49) Lithium, 50) Natrium, 51) Kalium.

Diese Ordnung ergiebt sich theils aus dem elektromotori-

schen Verhalten der Leiter gegeneinander, indem ein Metall um so elektronegativer ist, je näher es dem Sauerstoffe und um so elektropositiver, je näher es dem Wasserstoffe steht, theils aus dem elektrischen Verhalten derjenigen Verbindungen, welche im Wasser auflöslich sind, und im Kreise der Voltaischen Säule zersetzt werden, und theils aus dem chemischen Verhalten der Elemente und ihrer Verbindungen unter sich.

Je näher ein Stoff in dieser Reihe dem Sauerstoffe steht, desto mehr ist er den übrigen, dem Kalium am nächsten stehenden Stoffen chemisch entgegengesetzt; so z. B. verhalten sich Schwefel, Phosphor, Selen und Arsenik elektronegativ gegen alle Metalle und Metalloide, aber elektropositiv gegen Sauerstoff, Chlor, Jod und Stickstoff. Dasselbe gilt auch von den primären Verbindungen; alle auf der elektronegativen Seite stehenden Substanzen bis zum Silber, Kupfer, Nickel herunter, verhalten sich im oxydirten Zustande zu den Oxyden der elektropositiven Seite wie Säuren. Je näher hingegen ein Stoff in dieser Reihe dem Kalium steht, desto mehr ist er im oxydirten Zustande den Säuren entgegengesetzt, mithin eine desto kräftigere Salzbasis. Je mehr aber ein Stoff in der Mite dieser Reihe steht, desto amphoterer ist sein Verhalten, so z. B. ist das Wismuth elektronegativ gegen das Zink, und elektropositiv gegen das Kupfer; so verhält sich auch das Kupferoxyd zum Oxyde des Baryums ꝛc. wie eine Säure zu den Oxyden (Säuren) des Chlors, und weiter herunter, wie eine Salzbasis. Alle trocknen Alkalien und alkalischen Erden, auch einige Salze, z. B. kohlensaure Alkalien, Borax, Alaun ꝛc. werden bei Berührung mit Metallen positiv, die Metalle aber negativ elektrisch, die trocknen Säuren hingegen werden negativ, während die davon berührten Metalle positive Elektricität annehmen.

Auf dieses chemische Verhalten gründet sich nun der elektromotorische Werth der Elemente und ihrer Verbindungen bei Construirung der elektrochemischen Ketten und Voltaischen Säulen *). Indessen sind unsere Kenntnisse in dieser Hinsicht noch immer sehr unvollkommen; auch müssen wir gestehen, daß das elektromotorische Verhalten der Metalle mit ihren übrigen chemischen Eigenschaften nicht ganz übereinstimmt; denn nach obiger Ordnung müßte Arsenik und Zink oder Antimon und Zink weit mehr Elektricität entwickeln als Silber und Zink; und doch zeigt die Erfahrung gerade das Gegentheil; denn nach Volta ist das Erregungs-Vermögen zwischen Silber und Zink unter allen Metallen das stärkste; und bezeichnen wir die elektromotorische Kraft dieses Metallpaares mit 12, so ist die

zwischen Silber und Kupfer = 1,
zwischen Kupfer und Eisen = 2,
zwischen Zinn und Eisen = 3,
zwischen Zinn und Blei = 1,
zwischen Blei und Zink = 5.

Nach obiger Reihe müßte das Erregungs-Vermögen zwischen Kupfer und Eisen = 9, zwischen Zinn und Eisen = 5 und zwischen Zinn und Blei = 2 seyn. Vergleichen wir dieses elektromotorische Verhalten der Metalle mit ihren Wärmeleitungs-Vermögen (§. 25.) so wird es nicht unwahrscheinlich, daß dieses auf jenes einen bedeutenden Einfluß habe.

Ueberhaupt sehen wir, daß die Wärme bei den elektrischen Erscheinungen eine große Rolle spielt, daher auch die thermoelektrischen Wirkungen **); daher die Abänderung des

*) S. m. Phys. §. §. 162—166.

**) S. m. Phys. §. 165.

Leitungs-Vermögens bei verschiedenen Temperaturen, u. s. w. Im allgemeinen nimmt das Leitungs-Vermögen der Metalle bei zunehmender Temperatur ab. Wird ein Theil des Leitungsdrahtes einer Voltaischen Säule mit Alkohol-Flamme zum Glühen erhitzt, so kühlen sich die übrigen Theile, welche zuvor von den sich ausgleichenden ± EE glühend waren, ab; wird hingegen ein Theil des Drahtes abgekühlt, so erhitzen sich die übrigen Theile durch ± EE um so mehr (H. Davy).

Das Leitungs-Vermögen verschiedener Metalle für Elektricität bestimmte H. Davy nach der Zahl der Plattenpaare einer Voltaischen Säule, welche ein Draht von gleicher Länge und Dicke zu entladen vermochte. Nach seinen Versuchen entladet Silber 65, Kupfer 56, Blei 56, Zinn 12, Platin 11, Eisen 6 Plattenpaare; und dabei erhitzte sich das Silber am wenigsten, das Eisen aber am meisten, so daß die Grade der Erhitzung in folgender Ordnung zunehmen: Silber, Kupfer, Blei, Gold, Zink, Zinn, Platin, Palladium, Eisen.

Außerdem aber ist das Leitungs-Vermögen eines Metalldrahts für Elektricität nahe der Masse desselben proportional, und im verkehrten Verhältniße seiner Länge. Man glaubt, daß bei einer elektrochemischen Säule die Menge der Elektricität wie die Anzahl der Plattenpaare zunimmt (Volta). Die chemische Wirksamkeit nimmt aber nach Bischoffs Versuchen nicht in geradem Verhältniße mit der Quantität der Elektricität zu; er fand nämlich, daß, wenn die chemische Wirksamkeit einer Säule von 50 Plattenpaaren = 1 war, die von 100 Paaren = 1, 7 von 150 = 2, 3 und von 200 = 2, 8 war.

Was in den Halbleitern vorgeht, wenn sie die Voltaische Säule entladen, dasselbe erfolgt auch, wenn sie als Zwischen-

leiter zwischen den Plattenpaaren der Säule dienen; das Wasser giebt seinen Sauerstoff jedesmal an das elektropositive Metall (Zn) ab, und bewirkt eine Oxydation desselben, während der Wasserstoff am negativen Pol meistens gasförmig entweicht. Dasselbe ist auch der Fall, wenn man die Pole einer elektrochemischen Kette statt mit Gold oder Platin, mit einem unedlen Metalle armirt, wo dann bei der Entladung durch Wasser der aus letzteren abgeschiedene Sauerstoff, statt gasförmig zu entweichen, sogleich mit dem Leitungsdrahte des positiven Poles chemisch sich verbindet, während der Wasserstoff am negativen Pole frei wird, weil er nur mit sehr wenigen Metallen feste Verbindungen eingehen kann.

Wird als Zwischenleiter eine Säure gebraucht, so erfolgt nicht nur Oxydation, sondern auch Auflösung des elektropositiven Metalls; dasselbe ist auch am positiven Poldraht der Fall, wenn dieser ein unedles Metall, und die Entladungs-Flüßigkeit eine Säure ist.

Enthält endlich der Zwischenleiter, oder die Entladungs-Flüßigkeit, ein Salz, so wird dieses gleichfalls zersetzt, indem sich nämlich die Säure an das unedlere, elektropositive Metall begiebt und es auflößt, während die Basis des Salzes entweder zersetzt, oder im oxydirten Zustande am edlern elektronegativen Metalle abgeschieden wird. Die Zersetzung der Basis erfolgt gewöhnlich bei denjenigen Metallsalzen, deren Basis durch die Einwirkung der Elektricität leicht desoxydirt werden kann; in diesen Fällen scheidet sich dann das Radikal der Basis regulinisch am elektronegativen Pole ab. Die analytische Wirksamkeit der Elektricität ist dabei so groß, daß, wenn destillirtes Wasser eine durch gewöhnliche Reagentien nicht entdeckbare Spur irgend eines Salzes aufgelößt enthält, durch die Voltaische Säule dasselbe zerlegt

und entdeckt werden kann, indem z. B. die Blaukohltinktur am positiven Poldrahte jedesmal roth und am negativen grün gefärbt wird. Die Säule könnte man in dieser Hinsicht wirklich ein chemisches Mikroscop nennen.

Daraus sehen wir also, daß die elektrischen Potenzen zu den chemischen Agentien des ersten Ranges gehören, und daß man durch geschickte Benutzung derselben ausserordentliche Wirkungen hervorzubringen im Stande ist.

Will man z. B. die Oxydation und Auflösung eines Metalls in einer Säure befördern, so darf man es nur zum positiven Glied einer elektrochemischen Kette machen, nämlich im Conflicte mit einem andern Metalle, welches edler ist, und sich elektronegativ verhält; so z. B. wird die Oxydation und Auflösung des Kupfers in einer Säure ausserordentlich beschleunigt, wenn man zugleich Gold, Platin oder Silber auf die Säure wirken läßt, doch so, daß die beiden Metalle unter der Flüßigkeit einander nicht berühren, außer derselben aber in leitender Verbindung stehen.

Will man dagegen die Oxydation und Auflösung eines Metalls in einer Flüßigkeit verhindern, so darf man es nur zum negativen Gliede einer elektrochemischen Kette machen. Soll also die Auflösung des Kupfers in der Säure aufhören, so braucht man nur statt Gold, Platin oder Silber, Zink auf die angegebene Weise zugleich auf die Flüßigkeit wirken zu lassen; dadurch wird nicht nur bewirkt, daß sich vom Kupfer nichts mehr auflößt, sondern auch daß sich der bereits aufgelößte Antheil wieder metallisch niederschlägt *).

---

*) Von diesem längst bekannten elektrochemischen Verhalten der Metalle hat Humphry Davy kürzlich eine für die Schifffahrt sehr nützliche Anwendung gemacht. Das Kupfer, womit

Will man also ein Metall aus seiner Auflösung in einer Säure regulinisch präcipitiren, so darf man nur ein elektropositiveres Metall in die Flüßigkeit tauchen, um diese Absicht zu erreichen. Auf diese Weise kann man Platin, Gold, Silber, Quecksilber, Kupfer, Blei u. s. w. sehr leicht aus Auflösungen als metallisches Pulver oder regulinische Krystalle niederschlagen, wenn man Eisen oder Zink eintaucht, oder noch besser, wenn man zugleich ein elektronegatives Metall wirken läßt.

Will man Kalium oder Natronium darstellen, so darf man nur geschmolzenes Aetzkali oder Aetznatron auf etwas Quecksilber schwimmen lassen, welches in einem eisernen Löffelchen mit dem negativen Pole einer kräftigen Voltaischen Säule in leitender Verbindung steht, und das Alkali mit dem Draht des positiven Pols berühren. Sogleich wird sich, besonders wenn das Alkali etwas feucht ist, am positivelektrischen Schließungsdrahte, Sauerstoff, und am negativen Pole das Metalloid ausscheiden, welches sich mit dem Quecksiber amalgamirt. Bei sehr wirksamen Säulen gelingt die Reduction auch ohne Mithülfe des Quecksilbers.

Will man Wasserstoff haben, so darf man nur ein elektrisch entgegengesetztes Metall-Paar, etwa Zink und Silber, auf Wasser wirken lassen, welches mit etwas Schwefelsäure oder Salzsäure angesäuert ist, und das elektronega-

---

die Schiffe beschlagen sind, wird nämlich vom Meerwasser immer sehr bald oxydirt und zerfreßen, was bisher fortwährende Reparaturen, und ungeheure Kosten verursacht hat. Davy hatte also weiter nichts zu thun, als ein wohlfeileres elektropositives Metall, nämlich Eisen oder Zink, in geschickte leitende Verbindung zu bringen, um das Kupfer vor der Zerstörung im Meerwasser zu schützen.

tive Metall (das Silber) mit dem preumatischen Apparate in schickliche Verbindung bringen. Der Sauerstoff des Wassers und die Säure werden sich mit dem Zinke verbinden, und der Wasserstoff wird am Silber in reichlicher Menge entwickelt werden.

So lassen sich also verschiedene chemische Prozeße durch die Kraft der Elektricität einleiten, abändern und verstärken. Es giebt kaum einen chemischen Prozeß, wo nicht die elektrischen Potenzen entweder frei oder gebunden in Wirksamkeit wären.

Da in der Erde alle Bedingungen zu elektrochemischen Prozeßen vorhanden sind, nämlich ungleichartige, feste Körper, verschiedene Metalle, Metalloxyde, Schwefelmetalle ꝛc., in wechselseitiger Berührung und in Berührung mit Wasser, so läßt sich leicht einsehen, daß die fortwährenden chemischen Veränderungen, welche im Innern der Erde vorgehen, z. B. die Ausscheidungen und Krystallisationen, die Oxydationen und Auflösungen der Metalle, vulkanische Ausbrüche, die Bildung der Mineralwasser u. s. w. wenigstens zum Theil Produkte elektrochemischer Prozeße seyn werden.

3. Constitution. Die elektrischen und elektrochemischen Versuche sind der Hypothese, daß das reinste Licht aus + E und — E zusammengesetzt ist, sehr günstig. Begegnen sich + E und — E im luftleeren Raume, so wird der ganze Raum leuchtend, indem sich das Produkt der Vereinigung, nach allen Seiten hin ausbreiten kann. Die Verwandschaft des Lichtes zu wägbaren Stoffen ist aber unendlich groß, daher strahlt es aus ungeheuren Entfernungen den Körpern entgegen, um sich damit chemisch zu verbinden. Das gefärbte Licht scheint von einem Minimum wägbaren Stoffes herzurühren, womit sich $\underline{+}$ E E verbunden hat. Bringt man z. B. in eine Röhre etwas Zinn, macht sie luftleer

und erhitzt das Zinn zum Schmelzen, so erscheint der durchgehende elektrische Funke gelb. Spießglanzbütter hingegen macht das elektrische Licht rein weiß. Wird die luftleere Röhre für sich sehr erhitzt, so erscheint darin das elektrische Licht sehr lebhaft mit intensiv grüner Farbe; in der Kälte wird das Licht schwach (H. Davy). Diese Erscheinungen rühren also offenbar von höchst verdünntem Gas oder Dampfe her womit sich das Licht verbinden kann.

Vereinigt sich das Licht mit einer größern Menge wägbarer Materie, dann wird es Wärme. Nach den verschiedenen Verwandtschaftskräften der Stoffe wird nun die Wärme theils als solche gebunden, oder fortgeleitet, und theils auch wieder in + E und E zerlegt, welche sich mit den heterogenen Bestandtheilen der Körper verbinden, und ihre chemischen Eigenschaften begründen helfen.

Die als Wärme gebundene ± E E befindet sich in den Körpern ungefähr in demselben Zustande, in welchem sich die Elektricität auf dem geladenen Elektrophor befindet, so lange der Deckel und der Teller denselben berühren. So wie durchs Aufheben des Deckels vom Elektrophor + E und — E frei hervortreten, eben so kann das ± E E der Körper durchs Reiben, Stoßen, Drücken, Strecken, ungleiche Erwärmen und durch Veränderung des Aggregatzustandes zerlegt, und im halbfreien getrennten Zustand auf der Oberfläche angehäuft, fortgeleitet, wieder neutralisirt u. s. w. werden, ohne daß die chemische Constitution der Körper dabei abgeändert wird, weil das ± E E keinen wesentlichen Bestandtheil derselben ausmacht; auf dieselbe Weise etwa, wie man einen Körper bis zu einem gewissen Grad erwärmen oder abkühlen kann, ohne dadurch seine chemische Natur abzuändern. Wenn bei der Wiedervereinigung dieser + E und — E bisweilen chemische Wirkungen, z. B. Ver-

brennung des Knallgases, des Alkohols, Aethers, Kampfers u. s. w. erfolgen; so geschieht dieß nur durch die entstandene Hitze, denn die Wirkung ist durchaus keine andere als man auch außerdem durch Wärme in brennbaren Körpern hervorbringen kann.

Dasjenige + E und — E aber, welches sich in den Körpern nicht als + E E, sondern als constituirender Bestandtheil der Körper selbst befindet, z. B. das + E im Wasserstoff und — E im Sauerstoffe, das + E in den Alkalien das — E in den Säuren u. s. w. kann nicht getrennt, oder in andere Verbindung gebracht werden, ohne zugleich die chemische Constitution der Körper selbst aufzulösen. Dieses + E und — E verbindet und scheidet sich durchaus nur nach den Gesetzen der doppelten Wahlverwandtschaft, und begleitet oder begründet vielmehr immer die chemischen Prozeße der wägbaren Stoffe. So wie aber zwischen zwei Salzen die Säure des einen und die Basis des andern Salzes chemisch auf einander wirken können, obgleich sie schon fest gebunden sind; eben so kann des + E, welches zur Constitution eines wägbaren Stoffes gehört, auch anziehend auf das — E und abstoßend auf das + E eines andern Stoffes wirken. Bei geringem Nachdenken wird man sich leicht vorstellen können, wie auf diese Weise in der Voltaischen Säule, und in den elektrochemischen Prozeßen so höchst wirksame Conflicte zwischen + E und — E und ungleichartigen Körpern entstehen können. Selbst bei der Reibungs-Elektricität scheint das — E, welches zur chemischen Constitution des Glases, so wie das + E, welches zur Constitution des Harzes gehört, die Zerlegung von + E E (Wärme) zu begründen, indem ersteres + E und letzteres — E anzieht, ohne sich damit chemisch verbinden zu können, also nur durch Adhäsion wirkt. Daß dieses An-

häufen freier Elektricität auf der Oberfläche der Körper auf demselben Widerstande der Cohäsionskraft beruht, welcher macht, daß feste Körper nur adhäsiv, aber nicht chemisch auf einander wirken können, sehen wir schon aus dem, daß sich auf der Oberfläche flüßiger Körper keine Elektricität anhäufen läßt. Könnten Zink und Kupfer einer Voltaischen Säule in einem Augenblicke flüßig gemacht werden, so würden sich in demselben Augenblicke die beiden Metalle zu Messing, + E und — E aber zu Licht und Wärme vereinigen, und alles elektrische Spiel hätte ein Ende. Solange also die Elemente der Säule starr bleiben, beschränkt sich die Bewegung und Wirkung der elektrischen Potenzen nur auf ihre Oberflächen; kommen aber ihre Pole mit einer Flüßigkeit in schließende Verbindung, so dringen die freien + E und — E von der Oberfläche in die Flüßigkeit und verbinden sich chemisch mit denjenigen Bestandtheilen, wozu sie die stärkere Verwandtschaft haben. Ist also Wasser das Entladungsmittel, so verbindet sich wahrscheinlich am negativen Pol — E mit Sauerstoff, und wird vom gleichnamigen Pole abgestoßen, vom ungleichnamigen hingegen angezogen, daher wird das erzeugte Sauerstoffgas gegen den positiven Pol getrieben, wo es sich ansammelt. Eben so tritt am positiven Pole + E mit Wasserstoff in Verbindung, welches abgestoßen und am negativen Pole angezogen wird. Entladet man hingegen die Pole einer Voltaischen Säule mit trocknen Drähten im luftleeren Raume oder in der Luft, so entsteht $\pm$ EE, welches theils als Magnetismus ausstrahlt; und theils als Wärme von den Drähten fortgeleitet wird. Besteht das Gas, in welchem diese elektrische Entladung erfolgt, aus elektrochemisch entgegengesetzten Bestandtheilen, etwa aus Sauerstoff- und Wasserstoffgas, welches zuvor durch Wasserzersetzung entstanden war, so kann, wenn durch

Unterbrechung der Entladungsdrähte ein elektrischer Funke entsteht, die Verwandtschaft zwischen + E und — E wieder überwiegend werden, wodurch also unter Licht und Wärme-Ausscheidung die wägbaren Elemente des Gases wieder in Verbindung kommen, und in dem gegebenen Falle Wasser erzeugen. So wie also die Körper freie und latente Wärme haben, eben so können sie auch freie und gebundene Elektricität enthalten, welche letztere nicht mehr auf das Elektrometer wirkt.

Da die Elemente unter sich durchaus eine weit stärkere Verwandtschaft haben, als die Körper, welche aus den Verbindungen derselben entstanden sind, so ist es auch einleuchtend, warum + E und — E eine größere chemische Wirksamkeit besitzen, als Licht und Wärme.

4. Anwendung. In der Chemie bedient man sich meistens nur einer einfachen elektrochemischen Kette, um die Auflöslichkeit eines Metalls durch ein anderes zu befördern, um Metalle aus ihren oxydirten und salzigen Verbindungen im regulinischen Zustande wieder abzuscheiden, um Wasserstoffgas zu bereiten u. s. w. Des elektrischen Funkens, etwa von einem Elektrophor, bedient man sich meistens nur um brennbare Gasarten, nämlich: Wasserstoff, Kohlenwasserstoff, Schwefelwasserstoff, Phosphorwasserstoff, Arsenikwasserstoff, Kohlenoxydgas u. s. w. mit Sauerstoffgas zu verbrennen. Für stärkere chemische Wirkungen ist ein Trogapparat, oder ein Hare'scher Deflagrator *) am bequemsten.

§. 27.

Magnetismus, Magnetisme.

1. Ursprung. Die neuern thermo- und elektromagnetischen

*) S. m. Phys. §. 166.

Versuche *) haben gezeigt, daß die magnetischen Erscheinungen mit den elektrischen gleichen Ursprungs sind.

2. Eigenschaften. Der Magnetismus besitzt aber bei weitem nicht die chemische Kraft, wie die Elektricität, daher sind die chemischen Wirkungen desselben noch immer sehr problematisch und unbestimmt. Besonders merkwürdig ist Folgendes:

alle Körper ohne Unterschied ihres Aggregatzustandes und ihrer Leitungskraft für Wärme und Elektricität, auch der luftleere Raum, pflanzen die magnetische Polarität ziemlich gleich gut, und in weite Entfernung fort; die meisten Körper werden indessen wieder magnetischneutral, sobald sie aus dem Wirkungskreis der magnetischen Polarität kommen. Diese magnetische Wirkung in die Entfernung ist mehr mit der elektrischen Vertheilung auf unterbrochenen Nichtleitern in der elektrischen Atmosphäre, als mit der Elektricitäts-Fortleitung durch Metalle zu vergleichen. Das Eisen ist hinsichtlich seines magnetischen Verhaltens von allen andern Körpern ausgezeichnet; es wird nämlich vom Magnete aus der Entfernung angezogen, oder ist umgekehrt im Stande einen Magnet, wenn er klein und beweglich genug ist, aus der Entfernung anzuziehen und beständig fest zu halten; es besitzt dann, so lange es in der magnetischen Wirkungssphäre bleibt, selbst Polarität; allein es hört wieder auf polarisch zu wirken; sobald es sich nicht mehr in dem Wirkungskreise eines Magnetes befindet. Wenn aber das Eisen ein bestimmtes Verhältniß, Kohlenstoff (als Stahl), Sauerstoff (als Magneteisenstein), Schwefel (als Magnetkies) oder Phosphor, chemisch gebunden enthält, dann nimmt es schwieriger magnetische Polarität an, behält sie aber hierauf bleibend.

---

*) S. a. a. O. §§. 170 und 171.

Nickel und Kobalt besitzen gleichfalls diese letztere Eigenschaft, jedoch in schwächerem Grade, woraus man schliessen könnte, daß diese beiden Metalle, obgleich sie nicht zersetzt werden können, einen geringen Antheil eines andern Stoffes chemisch gebunden enthalten. Merkwürdig ist es aber, daß beide Metalle nicht mehr magnetisch wirken, sobald sie Arsenik, wenn auch im geringsten Antheil, enthalten.

Uebrigens scheinen auch alle andere Metalle unter gewissen Umständen magnetische Polarität annehmen zu können, allein nur in sehr geringem Grade und nicht bleibend; wenigstens haben elektromagnetische Versuche gezeigt, daß alle Metalle ohne Ausnahme Magnete sind, so lange + E und — E darin ausgeglichen werden.

Es sind aber nicht + E und — E als solche im freien Zustande, welche auf die Magnetnadel wirken, sondern ein gewißes Produkt der Vereinigung von $\pm$ E E; denn der mit sehr vieler freier Elektricität geladene Conduktor einer Elektrisirmaschine, welcher auf das Elektrometer sehr bedeutend wirkt, ist nicht im Stande die Magnetnadel zu afficiren, während dagegen der Schließungsdraht einer einfachen elektrochemischen Kette, oder ein auf einer Seite erwärmter Wismuthstab, oder ein auf einer Seite in irgend eine Säure getauchter Zinkring u. s. w. auf die Magnetnadel sehr stark wirkt, das Elektrometer hingegen nicht in Bewegung setzt.

In der neuern Zeit haben sich mehrere Naturforscher mit Versuchen über die chemischen Wirkungen des Magnetismus beschäftigt, allein für ihre Resultate lassen sich noch keine bestimmten Gesetze finden.

Lüdiche zeigte, daß, wenn ein flaches Glasgefäß, welches eine concentrirte Auflösung von einem leichtkrystallisirbaren Salze, z. B. von Bleizucker, Salmiak, oder Eisenvitriol, enthält, über die Pole zusammengelegter Magnetstäbe

gestellt wird, am Boden des Gefäßes, wo die magnetische Kraft zwischen den Polen die stärkste ist, keine oder äußerst wenige Krystalle entstehen, indem an dieser Stelle ein beinahe vollkommen reiner kreisförmiger Fleck entsteht, ausserhalb welchem sich die Krystalle ansammeln, während in einem gleichem auf einem Holzringe stehenden Gefäße dieselbe Auflösung ohne Magnet auch am Boden gleichförmig krystallisirte. Es ist indessen zu vermuthen, daß nicht der Magnet sondern der blanke Stahl, vermöge seiner Eigenschaft die Wärmestrahlen zurück zuwerfen, gewirkt hat.

J. Murray stellte über die chemischen Wirkungen des Magnetismus folgende Versuche an: Blaukohl- und Lakmus-Aufgüße wurden durch einen eingetauchten Magnetstab in Zeit von 2 bis 3 Tagen gänzlich entfärbt.

Eine Auflösung des ätzenden Quecksilbersublimats wurde durch einen Magnetstab schnell zu laufenden Quecksilber reducirt, auch wenn der Magnet mit Copalfirniß überzogen war; die Quecksilberkügelchen zeigten sich an den Ecken und an der Basis des Magnetstabs am häufigsten.

Eine Auflösung des salzsauren Platins zersetzte sich durch Eintauchung eines Magnetstabs unter lebhaftem Brausen.

Ein magnetischer Stahldraht bewirkte in einer Auflösung des salpetersauren Silbers eine Krystalisation des regulinischen Silbers, während ein nicht magnetischer Stahldraht in einer andern Portion derselben Silber-Auflösung keine solche Zersetzung zeigte.

Zwei Magnetstäbe wurden zwei Tage lang in Phosphorsäure gelassen, der Nordpol des einen war kaum angegriffen, während der Südpol des andern ½ Zoll tief angefressen war, und eine büschelförmige Struktur zeigte.

Die zwei ungleichnamigen Pole zweier Magnetstäbe wurden etwa ½ Zoll von ihren Enden mit einem Stahlfaden

verbunden in eine Auflösung von salpetersaurem Silber getaucht, worauf sich um den Verbindungsdraht reguliniſches Silber anlegte.

Als die zwei ungleichnamigen Pole eines Magnets ohne Draht-Verbindung in eine Silber-Auflösung getaucht wurden, fand Murray daß sich am Nordpole ein Niederschlag von glänzenden Silberblättchen schneller und in größerer Anzahl bildete, als am Südpole, und daß diese Blättchen bei Annäherung einer dünnen Stahlplatte in Bewegung kamen und deutliche Polarität zeigten.

Es ist kaum nöthig zu bemerken, daß Versuche dieser Art sehr viele Umsicht fordern, theis weil der Stahl ohne Rücksicht auf seinen Magnetismus auf verschiedene Flüßigkeiten chemisch wirkt, und theils weil bei Eintauchung eines Stahlmagnets in eine Metall-Auflösung leicht eine elektrochemische Kette entstehen kann, wenn auch der Magnet mit Firniß überzogen ist.

3. Constitution. In den magnetischen Erscheinungen liegt noch so viel Räthselhaftes, daß es wohl noch zu voreilig wäre eine Erklärung derselben für etwas mehr als für eine gewagte Hypothese ausgeben zu wollen. So viel dürfen wir indessen als ausgemacht annehmen, daß die magnetischen Potenzen eben so verbreitet sind, wie Licht, Wärme und Elektricität, allein in einem nicht wahrnehmbaren Zustande von Neutralität. Es giebt nur wenige Körper, welche im Stand sind, diesen neutralen Zustand aufzuheben und sM und nM zu polarisiren. Durch diese Eigenschaft zeichnen sich der Magneteisenstein, der Magnetkies, der Stahl, das Nickel und Kobalt besonders aus. Woher nun diese merkwürdige Eigenschaft kömmt, ob von einer gewissen krystallinisch polaren Anordnung der kleinsten Theilchen oder vielmehr von einer gewissen Ungleichartigkeit in der chemischen

Constitution, wissen wir nicht. Es scheint mir, als ob in demselben Maße, in welchem Licht von der Sonne der Erde zuströmt, Magnetismus von dieser gegen jene wieder ausströmte, und zwar im neutralsten Zustande in der am meisten erleuchteten Aequator-Zone, und polarisirt an den Polen der Erdaxe. Es läßt sich nicht läugnen, daß die Erscheinungen von Licht, Wärme, Elektricität und Magnetismus in einer gewißen Causalverbindung stehen; es frägt sich nur, in welcher? Folgende Hypothese scheint mir die einfachste und natürlichste zu seyn: Die Planeten empfangen von der Sonne Licht (± EE); sie binden und zerlegen es, und erzeugen dadurch Wärme und + E und — E. Die Wärme aber dehnt die Körper aus und stört das Gleichgewicht der Cohäsions-Zustände und chemischen Constitutionen. Dadurch erleidet die Wärme selbst wieder eine uns noch räthselhafte Veränderung und wird in Magnetismus verwandelt. Alle wägbaren Körper sind Leiter für den Magnetismus, zu welchen sie wenig Verwandschaft zu besitzen scheinen. Als Glieder eines Planeten haben die lebenden Körper wohl Empfänglichkeit für Licht und Wärme, allein es fehlt uns ein Sinn für Magnetismus von dem wir beständig umfloßen und durchdrungen sind. Daher ist dieser für uns am meisten räthselhaft. Als Bewohner der Sonne würden wir vielleicht statt eines Sinnes für Licht; einen für Magnetismus haben. Magnetismus strömt also nicht nur von der Erde sondern überhaupt von allen Weltkörpern aus, welche von der Sonne erleuchtet werden. Als einen Beweis dieser magnetischen Ausströmungen mögen wir ansehen, 1) die magnetischen Strömungen am Entladungsdrahte eines elektrochemischen Apparats, oder an einem thermomagnetischen Metalle, denn die Erde selbst ist doch in dieser Beziehung nicht anderes als ein großer Thermomagnet, und 2) den Umstand, daß in den

höchsten Regionen der irdischen Atmosphäre, bis zu welchen bisher je ein Mensch gelangen konnte, die Magnetnadel eben so polarisch bleibt wie auf der Oberfläche de. Erde.

Es ist überhaupt nach den Gesetzen anderer Naturthätigkeiten, gar nicht wahrscheinlich, daß sich die Planeten gegen die Sonne bloß passiv verhalten sollten; wir sehen doch überall in der Natur Wechselwirkungen; warum sollte nun die Sonne immer nur einseitig abgeben und nichts dagegen empfangen? Wäre dieses der Fall, so hätte sich in einem Zeitraume von mehrern Jahrtausenden die Leuchtkraft der Sonne ungeachtet ihrer Größe, vermindern müssen, während die Erde nebst den übrigen Planeten mit Licht und Wärme übersättigt seyn würden, was aber keineswegs der Fall ist. Es ist mir also weit wahrscheinlicher, daß die Ordnung und Bewegung im Planetensysteme durch einen Kreislauf ununterbrochen erhalten wird. Das Herz dieses Systems ist die Sonne; von ihr strömt das bewegende Princip nach den Planeten wie das Arterien-Blut zu den Gliedern, und kömmt zu uns als Licht; dieses geht durch die Metamorphosen der Wärme, Elektricität und des Chemismus in Magnetismus über, welcher wieder, wie das Venenblut zum Herzen, zur Sonne zurückströmt, um dort durch einen entgegengesetzten Verwandlungs-Proceß wieder in Licht überzugehen. Mathematiker mögen sehen, wie aus diesen Principien der wechselseitigen Anziehungen zwischen Licht und Planeten, und zwischen Magnetismus und Sonne, so wie aus den gegenseitigen Abstoßungen zwischen Sonne und Licht und Planeten und Magnetismus die Bewegungen der Himmelskörper abgeleitet werden können. Bewegende Strömungen dieser Art sehen wir im Kleinen an den elektromagnetischen Drehapparaten*).

*) S. m. Phys. §. 170.

4. Anwendung. Der magnetischen Polarität, nämlich des Stahlmagnets bedient man sich in der Chemie und Mineralogie um gewiße Eisenerze, welche vom Magnete gezogen werden, oder selbst auf die Magnetnadel polarisch wirken, von andern ähnlichen zu unterscheiden: um Eisenfeilspähne von beigemengten Staubtheilchen oder fremdartigen Metallen, welche vom Magnete nicht gezogen werden, zu reinigen; um zu erkennen ob in einem Naturprodukte oder chemischen Präparate kein Eisen im reguliniſchen oder oxydulirten Zustande enthalten ist, ferner ob das metallische Nickel oder Kobalt rein von Arsenik ist u. s. w.

II.

Ponderabilien.

§. 28.

Sauerstoff, Oxygen, Oxygenium, Oxigène (O = 100).

1. Geschichte und Vorkommen. Kein anderer Stoff ist auf unserer Erde so häufig und in so mannigfaltigen Verbindungen vorhanden wie der Sauerstoff. Alle übrigen wägbaren Stoffe, die wir kennen, sind in Beziehung zum Oxygen brennbar, oder elektropositiv; mithin müßen wir alle Sauerstoff-Verbindungen (Oxyde) für verbrannte Körper ansehen. Da nun der Sauerstoff einen Hauptbestandtheil der atmosphärischen Luft, (§. 19.) des Wassers (§. 20.) und aller erdigen und salzigen Mineralien ausmacht, so erscheint die Erdrinde in dieser Beziehung als eine allgemeine Brandstätte, oder als Produkt eines ungeheuren Oxydations-Prozeßes. Ja man nimmt an, daß der Sauerstoff wenigstens ein Drittheil unserer Erde ausmacht, was sich freilich nur vermuthungsweise sagen läßt, weil wir nur die Rinde der Er-