

# **Fragmente aus den Naturwissenschaften**

Vorlesungen und Aufsätze

 **Springer**

FRAGMENTE

AUS DEN

NATURWISSENSCHAFTEN.

---

---

H o l z s t i c h e  
aus dem xylographischen Atelier  
von Friedrich Vieweg und Sohn  
in Braunschweig.

P a p i e r  
aus der mechanischen Papier-Fabrik  
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen  
bei Braunschweig.

ISBN 978-3-663-03028-7      ISBN 978-3-663-04216-7 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-663-04216-7

---

FRAGMENTE  
AUS DEN  
NATURWISSENSCHAFTEN.

---

VORLESUNGEN UND AUFSÄTZE

VON

JOHN TYNDALL,

Mitglied der Royal Society, Professor der Physik an der Royal  
Institution zu London.

---

AUTORISIRTE DEUTSCHE AUSGABE,

ÜBERSETZT

VON

A. II.

---

MIT VORWORT UND ZUSÄTZEN

VON

PROF. H. HELMHOLTZ.

---

MIT IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN.

---

BRAUNSCHWEIG,  
Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

# VORREDE

VON

HERRN PROFESSOR H. HELMHOLTZ.

---

Wenn auch mein Namen auf dem Titel dieses Bandes übersetzter Tyndall'scher Schriften nicht mehr als der des Herausgebers erscheint, so habe ich doch dieselbe Hilfe wie bei früheren Bänden zu leisten mich bemüht; das heisst, ich habe die Uebersetzung betreffs der sachlich richtigen Wiedergabe des naturwissenschaftlichen Inhalts durchgesehen und, wo es nothwendig erschien, zu bessern gesucht. Ich habe meine Mitwirkung trotz grosser Ueberhäufung mit anderen amtlichen und wissenschaftlichen Arbeiten nicht zurückziehen mögen, einmal, weil ich die Verbreitung gelungener populärer Darstellungen der wichtigeren und durchgebildeteren Theile der Naturwissenschaft für ein nützliches Werk halte, und dann weil Angriffe gegen Herrn Tyndall erfolgt waren, deren Berechtigung ich vielleicht anzuerkennen geschienen hätte, wenn ich meine Hilfe bei der Herausgabe des gegenwärtigen Bandes versagt hätte. Das wollte ich um so weniger, als vielleicht gerade der Umstand, dass ich selbst an der Verbreitung seiner Bücher

in Deutschland mitgewirkt habe, diese Angriffe hervorge-rufen, oder wenigstens erheblich verbittert haben mag.

Was den zuerst angeführten Grund betrifft, so halte ich das auch in Deutschlands gebildeteren Kreisen erwachende und sich immer lebhafter äussernde Verlangen nach naturwissenschaftlicher Belehrung nicht bloss für ein Haschen nach einer neuen Art von Amusement oder für leere und fruchtlose Neugier, sondern für ein wohlberechtigtes geistiges Bedürfniss, welches mit den wichtigsten Triebfedern der gegenwärtigen geistigen Entwicklungsvorgänge eng zusammenhängt. Nicht dadurch allein, dass sie gewaltige Naturkräfte den Zwecken des Menschen unterworfen und uns eine Fülle neuer Hilfsmittel zu Gebote gestellt haben, sind die Naturwissenschaften von dem allererheblichsten Einfluss auf die Gestaltung des gesellschaftlichen, industriellen und politischen Lebens der civilisirten Nationen geworden; und doch wäre schon diese Art ihrer Wirkungen wichtig genug, dass der Staatsmann, Historiker und Philosoph eben so gut wie der Techniker und Kaufmann wenigstens an den praktisch gewordenen Ergebnissen derselben nicht theilnahmlos vorübergehen kann. Viel tiefer gehend noch und weiter tragend, wenn auch viel langsamer sich entfaltend ist eine andere Seite ihrer Wirkungen, nämlich ihr Einfluss auf die Richtung des geistigen Fortschreitens der Menschheit. Es ist schon oft gesagt und auch wohl den Naturwissenschaften als Schuld angerechnet worden, dass durch sie ein Zwiespalt in die Geistesbildung der modernen Menschheit gekommen sei, der früher nicht bestand. In der That ist Wahrheit in dieser Aussage. Ein Zwiespalt macht sich fühlbar; ein solcher wird aber durch jeden grossen neuen Fortschritt der geistigen Entwicklung hervorgerufen werden müssen, sobald das Neue eine Macht geworden ist und es

sich darum handelt, seine berechtigten Ansprüche gegen die berechtigten des Alten abzugrenzen. Der bisherige Bildungsgang der civilisirten Nationen hat seinen Mittelpunkt im Studium der Sprache gehabt. Die Sprache ist das grosse Werkzeug, durch dessen Besitz sich der Mensch von den Thieren am Wesentlichsten unterscheidet, durch dessen Gebrauch es ihm möglich wird die Erfahrungen und Kenntnisse der gleichzeitig lebenden Individuen, wie die der vergangenen Generationen, jedem Einzelnen zur Verfügung zu stellen, ohne welches ein Jeder, wie das Thier, auf seinen Instinkt und seine eigene einzelne Erfahrung beschränkt bleiben würde. Dass also Ausbildung der Sprache einst die erste und nothwendigste Arbeit der heranwachsenden Volksstämme war, so wie noch jetzt die möglichst verfeinerte Ausbildung ihres Verständnisses und ihres Gebrauchs die Hauptaufgabe der Erziehung jedes einzelnen Individuum ist und immer bleiben wird, versteht sich von selbst. Ganz besonders eng knüpft sich die Cultur der modernen europäischen Nationen geschichtlich an das Studium der classischen Ueberlieferungen, und dadurch unmittelbar an Sprachstudium an. Mit dem Sprachstudium hing zusammen das Studium der Denkformen, die sich in der Sprache ausdrücken. Logik und Grammatik, das heisst nach der ursprünglichen Bedeutung dieser Wörter, die Kunst zu sprechen und die Kunst zu schreiben, beide im höchsten Sinne genommen, waren daher die natürlichen Angelpunkte der bisherigen geistigen Bildung.

Wenn nun auch die Sprache das Mittel ist, die einmal erkannte Wahrheit zu überliefern und zu bewahren, so dürfen wir doch nicht vergessen, dass ihr Studium Nichts davon lehrt, wie neue Wahrheit zu finden sei. Dem entsprechend zeigt die Logik wohl, wie aus dem allgemeinen

Satze, der den Major eines Schlusses bildet, Folgerungen zu ziehen seien; wo aber ein solcher Satz herkomme, darüber weiss sie nichts zu berichten. Wer sich von seiner Wahrheit selbständig überzeugen will, der muss umgekehrt mit der Kenntniss der Einzelfälle beginnen, die unter das Gesetz gehören, und die später, wenn dieses festgestellt ist, freilich auch als Folgerungen aus dem Gesetze aufgefasst werden können. Nur wenn die Kenntniss des Gesetzes eine überlieferte ist, geht sie wirklich der Kenntniss der Folgerungen voraus, und in solchem Falle gewinnen dann die Vorschriften der alten formalen Logik ihre unverkennbare praktische Bedeutung.

Alle diese Studien führen uns also nicht selbst an die eigentliche Quelle des Wissens, stellen uns nicht der Wirklichkeit gegenüber, von der wir zu wissen verlangen. Es liegt sogar eine unverkennbare Gefahr darin, dass dem Einzelnen vorzugsweise solches Wissen überliefert wird, von dessen Ursprung er keine eigene Anschauung hat. Die vergleichende Mythologie und die Kritik der metaphysischen Systeme wissen viel davon zu erzählen, wie bildlicher Wortausdruck später in eigentlicher Bedeutung genommen und als uranfängliche geheimnissvolle Weisheit gepriesen worden ist.

Also bei aller Anerkennung der gar nicht hoch genug zu schätzenden Bedeutung, welche die fein durchgearbeitete Kunst, das erworbene Wissen Anderen zu überliefern, und wiederum von Anderen solche Ueberlieferung zu empfangen, für die geistige Entwicklung des Menschengeschlechts hat und bei aller Anerkennung der Wichtigkeit, welche der Inhalt der classischen Schriften für die Ausbildung des sittlichen und ästhetischen Gefühls, für die Entwicklung einer anschaulichen Kenntniss menschlicher Empfindungen, Vorstellungskreise,



Culturzustände hat, müssen wir doch hervorheben, dass ein wichtiges Moment dem ausschliesslich literarisch-logischen Bildungswege abgeht, das ist die methodische Schulung derjenigen Thätigkeit, durch welche wir das ungeordnete, vom wilden Zufall scheinbar mehr als von Vernunft beherrschte Material, was in der wirklichen Welt uns entgegentritt, dem ordnenden Begriffe unterwerfen und dadurch auch zum sprachlichen Ausdrucke fähig machen. Eine solche Kunst der Beobachtung und des Versuchs finden wir bis jetzt wenigstens fast nur in den Naturwissenschaften methodisch entwickelt; vorläufig scheint die Hoffnung, dass auch die Psychologie der Individuen und der Völker, nebst den auf sie zu basirenden praktischen Wissenschaften der Erziehung, der gesellschaftlichen und staatlichen Ordnung zum gleichen Ziele gelangen werde, sich nur auf eine ferne Zukunft richten zu dürfen.

Diese neue Aufgabe, von der naturwissenschaftlichen Forschung auf neuen Wegen verfolgt, hat schnell genug neue, in ihrer Art unerhörte Erfolge als Beweise dafür gegeben, welcher Leistungen das menschliche Denken fähig ist, wo dasselbe den ganzen Weg von den Thatsachen bis zur vollendeten Kenntniss des Gesetzes unter günstigen Bedingungen seiner selbst bewusst, und selbst alles prüfend zurücklegen kann. Die einfacheren Verhältnisse namentlich der unorganischen Natur erlauben eine so eindringende und genaue Kenntniss ihrer Gesetze zu erlangen, eine so weit reichende Deduction der aus diesen fliessenden Folgerungen auszuführen, und diese wiederum durch so genaue Vergleichung mit der Wirklichkeit zu prüfen und zu bewahrheiten, dass mit der systematischen Entfaltung solcher Begriffsbildungen (zum Beispiel mit der Herleitung der astronomischen Erscheinungen

aus dem Gesetze der Gravitation) kaum ein anderes menschliches Gedankengebäude in Bezug auf Folgerichtigkeit, Sicherheit, Genauigkeit und Fruchtbarkeit zugleich möchte verglichen werden können.

Ich erinnere an diese Verhältnisse hier nur um hervorzuheben, in welchem Sinne die Naturwissenschaften ein neues und wesentliches Element der menschlichen Bildung von unzerstörbarer Bedeutung auch für alle weitere Entwicklung derselben in der Zukunft sind, und dass eine volle Bildung des einzelnen Menschen, wie der Nationen nicht mehr ohne eine Vereinigung der bisherigen literarisch-logischen und der neuen naturwissenschaftlichen Richtung möglich sein wird.

Nun ist die Mehrzahl der Gebildeten bisher nur auf dem alten Wege unterrichtet worden und ist fast gar nicht in Berührung mit der naturwissenschaftlichen Gedankenarbeit gekommen, höchstens ein wenig mit der Mathematik. Männer von diesem Bildungsgange sind es vorzugsweise, die unsere Staaten lenken, unsere Kinder erziehen, Ehrfurcht vor der sittlichen Ordnung aufrecht halten, und die Schätze des Wissens und der Weisheit unserer Vorfahren aufbewahren. Dieselben sind es nun auch, welche die Aenderungen im Gange der Bildung der neu aufwachsenden Generationen organisiren müssen, wo solche Aenderungen nöthig sind. Sie müssen dazu ermuthigt oder gedrängt werden durch die öffentliche Meinung der urtheilsfähigen Classen des ganzen Volkes, der Männer, wie der Frauen.

Abgesehen also vom natürlichen Drange jedes warmerhitzigen Menschen zu dem, was er als wahr und richtig erkannt hat, auch andere hinzuleiten, wird für jeden Freund der Naturwissenschaften ein mächtiges Motiv, sich an solcher Arbeit zu betheiligen, in der Ueberlegung

liegen, dass die Weiterentwicklung dieser Wissenschaften selbst, die Entfaltung ihres Einflusses auf die menschliche Bildung, und, insofern sie ein nothwendiges Element dieser Bildung sind, sogar die Gesundheit der weiteren geistigen Entwicklung des Volkes davon abhängt, dass den gebildeten Classen Einsicht in die Art und die Erfolge der naturwissenschaftlichen Forschung so weit gegeben wird, als es ohne eigene eingehende Beschäftigung mit diesen Fächern überhaupt möglich ist.

Dass übrigens das Bedürfniss nach einer solchen Einsicht auch von denen gefühlt wird, welche unter überwiegend sprachlichem und literarischem Unterricht aufgewachsen sind, zeigt die grosse Menge populärer naturwissenschaftlicher Bücher, welche alljährlich erscheinen, und der Eifer, mit dem allgemein verständliche Vorlesungen naturwissenschaftlichen Inhalts besucht werden.

Es liegt aber in der Natur der Sache, dass der wesentliche Theil dieses Bedürfnisses, der tiefen Lage seiner Wurzeln entsprechend, nicht leicht zu befriedigen ist. Zwar, was die Wissenschaft als feststehendes Resultat einmal abgesetzt und fertig durchgearbeitet hat, das kann auch von verständigen Compilatoren zusammengestellt und in die passende Form gebracht werden, so dass es ohne weitere Vorkenntnisse des Lesers bei einiger Ausdauer und Geduld von diesem verstanden werden mag. Aber eine solche auf die thatsächlichen Ergebnisse beschränkte Kenntniss ist nicht eigentlich das, um was es sich handelt. Ja solche Bücher lenken bei bester Absicht leicht in falsche Bahnen. Sollen sie nicht ermüden, so müssen sie die Aufmerksamkeit des Lesers meist durch Anhäufung von Curiositäten festzuhalten suchen, wodurch das Bild von der Wissenschaft ein ganz falsches wird; man fühlt das oft heraus, wenn man die Leser von dem erzählen

hört, was ihnen wichtig erschien. Dabei tritt noch die Schwierigkeit hinzu, dass das Buch nur Wortbeschreibungen, höchstens mehr oder weniger unvollkommene Abbildungen von den Dingen und Vorgängen, die es behandelt, geben kann, und dass die Einbildungskraft des Lesers dadurch fortdauernd einer viel stärkeren Anstrengung bei viel ungenügenderen Resultaten unterworfen wird, als die des Forschers oder Schülers, der in Sammlungen und Laboratorien die lebendige Wirklichkeit der Dinge vor sich sieht. Ein Theil der letztgenannten Schwierigkeiten ist in populären Vorlesungen wohl zu beseitigen, wenn wenigstens einige Objecte oder Versuche gezeigt werden können (wozu in Deutschland freilich die Gelegenheit bis jetzt meist sehr beschränkt ist).

Mir scheint aber, dass nicht sowohl Kenntniss der Ergebnisse naturwissenschaftlicher Forschungen an sich dasjenige ist, was die verständigsten und gebildetesten unter den Laien suchen, als vielmehr eine Anschauung von der geistigen Thätigkeit des Naturforschers, von der Eigenthümlichkeit seines wissenschaftlichen Verfahrens, von den Zielen, denen er zustrebt, von den neuen Ausichten, welche seine Arbeit für die grossen Räthselfragen der menschlichen Existenz bietet. Von diesem allem ist in den eigentlich wissenschaftlichen Abhandlungen unseres Gebietes kaum je die Rede; im Gegentheil, die strenge Disciplin der exacten Methode bringt es mit sich, dass in den mustergiltigen Arbeiten nur immer von sicher Ermitteltem gesprochen wird, oder höchstens von Hypothesen, gleichsam Fragestellungen an die weitere Forschung, für welche eine sichere Antwort zu finden durch die nächsten Schritte der Untersuchung möglich erscheint. Eine natürliche Vorsicht gebietet in dieser Beziehung grosse Strenge. Denn ob ein Mann der Wissenschaft

sagt: „Ich weiss“ oder „Ich vermuthete“, dass etwas so sei, gilt dem grösseren Theile selbst der unterrichteteren Leser ziemlich gleich; sie fragen nur nach dem Resultat und der Autorität, von der es gestützt wird, nicht nach der Begründung oder den Zweifeln. Es ist also nicht zu verwundern, wenn die ernstesten Forscher sich das Vertrauen ihrer Leser auf das, was sie als wahr versichern zu können meinen, nicht gern selbst erschüttern, indem sie Vermuthungen von zweifelhafter Richtigkeit vortragen. Diese mögen noch so wahrscheinlich sein, und mögen mit noch so grosser Vorsicht und noch so sorgfältiger Verwahrung ausgesprochen werden, sie setzen ihren Urheber immer der Gefahr ärgerlicher Missdeutungen aus, denen auszuweichen leichter ist als Stand zu halten.

Auch ist nicht zu verkennen, dass die besondere Disciplin des wissenschaftlichen Denkens, welche zur möglichst abstracten und scharfen Fassung der neugefundenen Begriffe und Gesetze, zur Läuterung von allen Zufälligkeiten der sinnlichen Erscheinungsweise nöthig ist, so wie das damit verbundene Verweilen und Einleben in einen dem allgemeinen Interesse fernliegenden Gedankenkreis nicht gerade günstige Vorbereitungen für eine allgemein fassliche Darlegung der gewonnenen Einsichten vor Zuhörern sind, die einer ähnlichen Disciplin nicht unterlegen haben. Für diese Aufgabe ist vielmehr ein gewisses künstlerisches Talent der Darstellung, eine gewisse Art von Beredsamkeit nothwendig. Der Vortragende oder Schreibende muss allgemein zugängliche Anschauungen finden, mittels deren er neue Vorstellungen in möglichst sinnlicher Lebendigkeit hervorzurufen und an diesen dann auch die abstracten Sätze, die er verständlich machen will, concretes Leben gewinnen zu lassen weiss. Es ist dies eine fast entgegengesetzte Behandlungsweise des Stoffs,

als in den wissenschaftlichen Abhandlungen, und es ist leicht erklärlich, dass sich selten Männer finden, die zu beiderlei Art geistiger Arbeit gleich geschickt sind.

Durch alle diese Verhältnisse wird eine Art von Schranke aufgerichtet zwischen den Männern der Wissenschaft und den Laien, welche von ihnen Belehrung und Führung gewinnen möchten. Dass viele, und zwar zum Theil gerade die tüchtigsten, unter den Forschern die genannten Eigenschaften und Eigenthümlichkeiten des gelehrten Arbeitens haben, ist natürlich und wird in jedem einzelnen Falle gern und leicht entschuldigt werden. Verwahrung einlegen muss ich hier nur gegen die Verkehrung dieses Verhältnisses, als wenn die genannten Mängel nothwendig wären oder gar einen Vorzug ausmachten.

Die Compileratoren können in solchen Richtungen nicht helfen, wo die originalen Denker versäumt oder gescheut haben sich auszusprechen. Um so mehr ist es, wie ich meine, bei dieser Sachlage ein Glück, wenn sich unter denen, welche die volle Befähigung zu selbständiger wissenschaftlicher Arbeit erwiesen haben, auch einmal ein Mann wie Tyndall findet, voll Enthusiasmus für die Aufgabe, die neu errungenen Einsichten und Anschauungen seiner Wissenschaft auf breite Kreise des Volkes wirken zu machen, und dabei ausgerüstet mit den anderen Eigenschaften, welche die Thätigkeit für jenen Zweck erfordert, mit Beredsamkeit und der Gabe anschaulicher Darstellung.

In England besteht die Sitte der populären naturwissenschaftlichen Vorlesungen seit viel längerer Zeit als in Deutschland. Bei der von der unserigen ganz abweichenden Einrichtung der englischen Universitäten sind dort viel Wenigere im Stande, wissenschaftliche Arbeiten und wissenschaftlichen Unterricht für regelrecht vorbereitete Schüler als einzigen Lebensberuf zu betreiben. Das macht

meistens für den Einzelnen die Vertiefung in einen besonderen Studienkreis viel schwieriger; das Genie freilich bricht überall durch dieses und andere Hindernisse. Dasselbe Verhältniss hat aber auch andererseits eine engere Berührung der Arbeiter für die Wissenschaft mit allen anderen Kreisen ihres Volkes unterhalten, und dazu getrieben für die Möglichkeit des Unterrichts der nicht regelrecht vorgebildeten Schüler ausgiebiger zu sorgen. Während dies in Deutschland bisher nur ganz vereinzelt geschah, sind für den gleichen Zweck in England längst feste, gut ausgestattete Institute gegründet worden. Unter diesen steht in erster Linie die Royal Institution in London. „Königlich“ heisst sie nur, weil König Georg III. das Patronat derselben übernahm, übrigens ist sie durch Privatmittel gegründet und wird durch solche unterhalten. Dieses Institut hat ein eigenes Gebäude, mit einer grossen naturwissenschaftlichen Bibliothek, Hörsaal, Sammlung physikalischer und chemischer Instrumente, Laboratorium u. s. w. Ein Professor der Physik und einer der Chemie (zur Zeit die Herren Tyndall und Frankland) sind regelmässig dort angestellt. Die Vorlesungen sind theils einzelne, welche (Freitags Abends) nur vor Mitgliedern der Gesellschaft oder eingeführten Gästen gehalten werden, und meist die Mittheilung neuer wissenschaftlicher Ergebnisse zum Zwecke haben, theils werden Course von 6 bis 12 Vorträgen über einzelne Capitel der Wissenschaft, hauptsächlich, doch nicht ausschliesslich, der Naturwissenschaft gehalten. Zu letzteren hat Jeder Zutritt, der das Eintrittsgeld erlegt. Die Vortragenden sind theils die Professoren der Anstalt, die verpflichtet sind jährlich einen solchen Coursus zu halten, theils englische oder auch auswärtige Gelehrte, welche dazu eingeladen werden. Namentlich in den beiden Umständen, dass dort Course

von einer mässigen Anzahl zusammenhängender Vorlesungen gehalten werden können, und dass dies in einem zu Demonstrationen und Versuchen jeder Art wohl eingerichteten Locale geschieht, liegt ein ausserordentlich grosser Vorzug vor der in Deutschland überwiegenden Gewohnheit, dass jeder Vortragende nur eine Vorlesung hält.

Nun ist begreiflich, dass während der 70 Jahre, wo dies besteht, und unter so viel günstigeren äusseren Bedingungen sich das Publicum seine Vortragenden und die Vortragenden ihr Publicum viel besser ausgebildet haben, als dies bisher in Deutschland der Fall sein konnte. Die Royal Institution hat unter ihren Professoren zwei Namen ersten Ranges gehabt, Humphrey Davy und Faraday, welche hieran mitgearbeitet haben. Gegenwärtig wird Herr Tyndall in England, wie in den Vereinigten Staaten, wegen seines besonderen Talents zur populären Darstellung wissenschaftlicher Themata besonders hoch geschätzt. Jemand, der in sich die Begabung und die Kraft fühlt in einer bestimmten Richtung an der geistigen Entwicklung der Menschheit mitzuarbeiten, pflegt auch Freude an einer solchen Thätigkeit und an ihrem Erfolge zu haben und ist bereit ihr einen guten Theil seiner Zeit und seiner Arbeitskraft zu widmen. Das ist bei Herrn Tyndall entschieden der Fall; deshalb ist er seiner Stelle an der Royal Institution treu geblieben, obgleich ihm andere ehrenvolle Stellen angeboten wurden. Aber es wäre eine ganz falsche Vorstellung von ihm, wollte man ihn nur als geschickten populären Redner betrachten, denn der grössere Theil seiner Thätigkeit ist immer der wissenschaftlichen Forschung gewidmet geblieben, und wir verdanken ihm eine Reihe, zum Theil höchst origineller und bedeutsamer physikalischer und physikalisch-chemischer Untersuchungen und Entdeckungen.



Dies sind im Wesentlichen die Gründe, welche mich urtheilen liessen, dass die Verbreitung der Tyndall'schen populären Schriften in Deutschland zur Befriedigung eines wirklichen und nicht ganz leicht zu befriedigenden geistigen Bedürfnisses der gegenwärtigen Entwickelungs-epoche beitragen würde. Der Erfolg, namentlich des Buches über die Wärme, scheint mir diese Erwartungen, welche Herr Wiedemann und ich bei der Herausgabe hegten, durchaus bestätigt zu haben. Von Männern sehr verschiedener Lebensberufe habe ich unaufgefordert den Nutzen rühmen hören, den ihnen das Buch gebracht habe.

Der vorliegende neue Band enthält mannigfaltigere Vorlesungen bei verschiedenen Veranlassungen entstanden, theils eigene neue Entdeckungen des Verfassers darstellend, theils seine Ideen über Methode der naturwissenschaftlichen Forschungen auseinandersetzend oder an Beispielen erläuternd, theils die Beziehungen des naturwissenschaftlichen Wissens zu anderen Gebieten menschlicher Geistesthätigkeit besprechend. Für die Eigenart des Verfassers ist der Aufsatz über wissenschaftlichen Gebrauch der Einbildungskraft besonders bezeichnend. Es giebt zwei Wege den gesetzlichen Zusammenhang der Natur aufzusuchen, den der abstracten Begriffe und den einer reichen experimentirenden Erfahrung. Der erstere Weg führt schliesslich mittels der mathematischen Analyse zur genauen quantitativen Kenntniss der Phänomene; aber er lässt sich nur beschreiten, wo der zweite schon das Gebiet einigermaassen aufgeschlossen, d. h. eine inductive Kenntniss der Gesetze mindestens für einige Gruppen der dahin gehörigen Erscheinungen gegeben hat, und es sich nur noch um Prüfung und Reinigung der schon gefundenen Gesetze, um den Uebergang von ihnen zu den letzten und allgemeinsten Gesetzen des betreffenden Gebie-

tes und um die vollständige Entfaltung von deren Consequenzen handelt. Der andere Weg führt zu einer reichen Kenntniss des Verhaltens der Naturkörper und Naturkräfte, bei welcher zunächst das Gesetzliche nur in der Form, wie es die Künstler auffassen, in sinnlich lebendiger Anschauung des Typus seiner Wirksamkeit erkannt wird, um sich dann später in die reine Form des Begriffs herauszuarbeiten. Ganz von einander lösen lassen sich beide Seiten der Thätigkeit des Physikers niemals, wenn auch die Verschiedenheit der individuellen Begabung den Einen geschickter zur mathematischen Deduction, den Andern zur inductiven Thätigkeit des Experimentirens macht. Löst sich aber der Erstere ganz von der sinnlichen Anschauung ab, so geräth er in Gefahr mit grosser Mühe Luftschlösser auf unhaltbare Fundamente zu bauen, und die Stellen nicht zu finden, an denen er die Uebereinstimmung seiner Deductionen mit der Wirklichkeit bewahren kann; dagegen würde der Letztere das eigentliche Ziel der Wissenschaft aus den Augen verlieren, wenn er nicht darauf hinarbeitete seine Anschauungen schliesslich in die präcise Form des Begriffs überzuführen.

Die erste Entdeckung bisher unbekannter Naturgesetze, das ist also neuer Gleichförmigkeiten in dem Ablaufe anscheinend unzusammenhängender Vorgänge, ist eine Sache des Witzes (dies Wort in seiner weitesten Bedeutung genommen) und wird fast immer nur durch die Vergleichung reicher sinnlicher Anschauungen gelingen; die Vervollständigung und Reinigung des Gefundenen fällt nachher der deductiven Arbeit der begrifflichen und zwar vorzugsweise mathematischen Analyse anheim, da es sich schliesslich immer um Gleichheit von Quantis handelt.

Herr Tyndall ist nun überwiegend Experimentator; er bildet sich seine Verallgemeinerungen auf dem Wege der auf reiche Erfahrung gestützten Anschauung des Spiels der Naturkräfte, und überträgt, was er gesehen, hier auf die grössten, dort auf die kleinsten Raumverhältnisse, wie er dies in der vorhergenannten Vorlesung beschreibt. Es ist eine falsche Unterstellung, wenn man das, was er mit Einbildungskraft (Imagination) bezeichnet, als Phantasterei auslegen will. Es ist ganz das Gegentheil gemeint, reiche erfahrungsmässige Anschauung. In dieser Art zu arbeiten liegt auch offenbar der Grund für die Anschaulichkeit seiner Vorträge über physikalische Vorgänge, so wie für seine Erfolge als populärer Redner.

Uns Deutschen steht Herr Tyndall überdies näher, als viele Andere seiner Landsleute dadurch, dass er einen Theil seiner Studien in Deutschland (hauptsächlich in Marburg) vollendet hat. Seine Liebe für die deutsche Literatur und Wissenschaft bekundet sich immer wieder in seinen Büchern. Seine Dankbarkeit hat er auch dadurch bethätigt, dass er manche Lanze gebrochen hat um den Leistungen continentaler Forscher, Robert Mayer's, Kirchhoff's die gebührende Anerkennung in seinem Vaterlande zu verschaffen. Er kämpft im Augenblick wieder für die Gletscheruntersuchungen der Schweizer Rendu, Agassiz, Desor. Dieselbe Dankbarkeit documentirt sich in der Stiftung, die er am Schlusse seiner in America mit dem ungeheuersten Beifalle gehaltenen Vorlesungscourse aus dem Ueberschuss seiner Einnahmen gemacht hat. Er bestimmt diesen dazu, dass davon „zwei Americanische Studirende, welche entschiedenes Talent für Physik zeigen, und ihren Entschluss erklären, der Arbeit für diese Wissenschaft ihr Leben zu widmen, unterhalten oder unterstützt werden an solchen

Europäischen Universitäten, welche nach Ansicht der Verwalter der Stiftung am geeignetsten für diesen Zweck erscheinen.“

„Mein Wunsch würde sein, dass jeder dieser Studierenden vier Jahre an einer Deutschen Universität zubrächte, von denen drei für seinen Unterricht, eines auf selbständige Untersuchungen verwendet würde.“<sup>1)</sup>

Um so mehr finde ich es zu bedauern, dass gerade Herr Tyndall in Deutschland von einem Angriffe getroffen worden ist, der gleichsam im Namen des Deutschen Nationalgefühls gegen das Eindringen fremdländischer wissenschaftlicher Richtungen vollführt wird, der dabei einen Ton so leidenschaftlicher Bitterkeit an sich trägt und vom Wissenschaftlichen sich so tief in das Persönliche verirrt, wie es in der naturwissenschaftlichen Litteratur bisher glücklicher Weise kaum vorgekommen war. Dieser Angriff ist in Herrn J. C. F. Zöllner's Buch über die Natur der Kometen enthalten. Seine Quelle, so weit diese aus wissenschaftlichen Differenzen sich herleitet, ist eine philosophische, der Gegensatz gegen die inductive Methode der Naturwissenschaften, die von Bacon zuerst methodisch formulirt und von seinen Landsleuten am frühesten und consequentesten befolgt worden ist. Uebrigens ist dies ein alter Streitpunkt, aus dem schon manche Bäche bitterer Polemik geflossen sind.

Herrn Zöllner's Polemik wendet sich nicht nur gegen Tyndall, sondern gegen die Ausländer überhaupt, und namentlich gegen die Engländer. Ich habe schon Gelegenheit gehabt in der Vorrede zu dem kürzlich erschienenen zweiten Theil der Uebersetzung von W. Thomson's und P. G. Tait's Treatise on Natural Philosophy

---

<sup>1)</sup> The Popular Science Monthly 1873.

(Handbuch der theoretischen Physik) die Art des wissenschaftlichen Gegensatzes und der angewendeten Polemik zu besprechen.

Herr Zöllner möchte die „deductive“ Methode, welche er selbst in seinen astrophysischen Speculationen befolgt oder wenigstens zu befolgen beabsichtigt, als die urgermanische empfehlen, und Deutschlands geistigen Horizont durch eine chinesische Mauer gegen die inductive Methode des Auslands abschliessen. Er sagt viel böse Dinge über das wissenschaftliche Treiben Englands. Er scheut sich nicht in dieser gegenwärtigen Zeit, wo Faraday erst wenige Jahre todt, und die ganze geistige Atmosphäre Europas von Darwin's Ideen durchdrungen und aufgeregt ist, die englische Wissenschaft für altersschwach und absterbend, für vergiftet und vergiftend zu erklären.

Allerdings habe ich keine Besorgniss, dass ein Aufruf, in dieser Richtung an das Deutsche Nationalgefühl gerichtet, irgend welchen Erfolg haben werde, während das grosse Blatt der Geschichte, welches das Jahr 1870 aufgeschlagen hat, das gerade Gegentheil mit feurigen Zungen predigt. Aber ich kann nicht verkennen, dass auch abgesehen von den einzelnen Auswüchsen der Polemik des genannten Kritikers die wissenschaftliche Richtung seines Angriffs eine gewisse verführende Kraft gerade für die Leserkreise haben könnte, auf deren Interesse die Tyndall'schen Bücher zählen müssen.

Die Naturwissenschaften haben genau in dem Maasse reichere und schnellere Fortschritte gemacht als sie sich dem Einflusse der angeblichen Deductionen a priori entzogen haben. In unserem Vaterlande ist dies am spätesten, dann aber auch am entschiedensten geschehen, und namentlich die deutsche Physiologie kann Zeugniss für die Trag-

weite und Bedeutung dieser Entscheidung geben. Es ist dies aber geschehen im Kampf gegen die letzten grossen Systeme metaphysischer Speculation, die die Erwartungen und das Interesse des gebildeten Theils der Nation auf das Höchste gespannt und gefesselt hatten, im Kampfe gegen die Auffassung, als ob nur das reine Denken die einer hohen Sinnesweise entsprechende Arbeit sei, das Sammeln der Erfahrungsthatfachen dagegen niedrig und gemein.

Indem ich den Namen der Metaphysik hier auf diejenige vermeintliche Wissenschaft beschränke, deren Zweck es ist durch reines Denken Aufschlüsse über die letzten Principien des Zusammenhanges der Welt zu gewinnen, möchte ich mich nur dagegen verwahren, dass das, was ich gegen die Metaphysik sage, auf die Philosophie überhaupt bezogen werde. Mir scheint, dass nichts der Philosophie so verhängnissvoll geworden ist, als ihre immer wiederholte Verwechslung mit Metaphysik. Letztere hat der ersteren gegenüber etwa dieselbe Rolle gespielt, wie die Astrologie neben der Astronomie. Die Metaphysik war es, welche hauptsächlich die Augen des grossen Haufens der wissenschaftlichen Dilettanten auf die Philosophie hingerrichtet und ihr Schaaren von Schülern und Anhängern zugeführt hat, freilich vielfach solche, die ihr mehr schaden, als die erbittertsten Gegner hätten thun können. Es war die täuschende Hoffnung auf einem verhältnissmässig schnellen und mühelosen Wege Einsicht in den tiefsten Zusammenhang der Dinge und das Wesen des menschlichen Geistes, in die Vergangenheit und Zukunft der Welt erlangen zu können, worin das aufregende Interesse beruhte, das so Viele dem Studium der Philosophie zuführte, ebenso wie die Hoffnung Vorhersagungen für die Zukunft zu gewinnen ehemals der Astronomie Ansehen

und Unterstützung verschaffte. Was die Philosophie uns bisher lehren kann, oder bei fortgesetztem Studium der einschlagenden Thatsachen uns einst wird lehren können, ist zwar vom höchsten Interesse für den wissenschaftlichen Denker, der das Instrument, mit dem er arbeitet, nämlich das menschliche Erkenntnisvermögen, nach seiner Leistungsfähigkeit genau kennen lernen muss; von eben so grossem Interesse für den Geistlichen, den Staatsmann, den Gesetzgeber, den Künstler, welche die ideellen Bedürfnisse des menschlichen Geistes praktisch zu befriedigen bemüht sind. Aber zur Befriedigung dilettantischer Wissbegier oder, was noch mehr in Betracht kommt, menschlicher Eigenliebe werden diese strengen und abstracten Studien wohl auch in Zukunft nur geringe und schwer zu hebende Ausbeute liefern, gerade so, wie die mathematische Mechanik des Planetensystems und die Störungsrechnungen trotz ihrer bewunderungswürdigen systematischen Vollendung viel weniger populär sind, als es die astrologische Aetherweisheit alter Zeit gewesen ist.

Dass das Interesse an den berechtigten Aufgaben der Philosophie in der Menschheit nie dauernd auslöschen kann, ist selbstverständlich, wenn sie sich auch vielleicht für halbe Jahrhunderte von solchen Studien misstrauisch abwenden mag, nachdem man ihren Wissenshunger mit Opium statt mit Brod zu stillen versucht hat. Und wenn dann das natürliche Bedürfniss sich wieder geltend macht, wie es gegenwärtig bei uns zu geschehen scheint, so thun diejenigen der Wissenschaft offenbar den allerschlechtesten Dienst, welche den alten Taumel mit neuen Dosen Opium wieder zu erregen bereit stehen. Deren sind leider hinreichend Viele auch jetzt da, wenn sie auch in gutem Glauben, dass sie Brod reichen, handeln mögen, und ich kann

nicht umhin, Herrn Zöllner in die Zahl derselben zu rechnen.

Zwar hat die neuere Metaphysik die kühnen und durch ihre Kühnheit imponirenden Pläne, das System alles Wissenswerthen aus dem reinen Denken zu entwickeln, aufgegeben. Man ist bereit grosse Massen von Material aus den Erfahrungswissenschaften aufzunehmen und Hypothesen zu machen, deren Natur als solche anerkannt wird. Dagegen soll freilich eine gewisse Reihe von apriorischen Sätzen stehen bleiben, zu denen Herr Zöllner zum Beispiel das Gesetz der Gravitation und das Bestehen der *Generatio aequivoca* rechnet.

Vielleicht mag mancher der Leser, welcher den Naturwissenschaften fremd gegenüber steht und in seinem Herzen einen Rest von Hoffnung auf die einstige Erfüllung der kühnen Ideale eines grossen speculativen Systems bewahrt hat, deshalb geneigt sein, Herrn Zöllner's Darstellungen der Principien naturwissenschaftlicher Methode und der Geschichte naturwissenschaftlicher Entdeckungen Glauben zu schenken.

Das würde die Hoffnung auf eine endliche Versöhnung des Zwiespalts in unserer jetzigen Bildung nur hinausrücken. Auf das Einzelne einzugehen fehlt hier der Platz; ich muss mich hier auf die Bitte beschränken, jenen Darstellungen nicht ohne Kritik vertrauen zu wollen, und hoffe, dass Männer, welche an wissenschaftliche Strenge gewöhnt sind, auch wo sie mit dem sachlichen Inhalt nicht vertraut sind, zu unterscheiden wissen werden, wo solche Strenge vorhanden ist, und wo sie mangelt.

Ich wollte, wie anfangs gesagt, auch nicht den Schein auf mich laden, dass ich die gegen Herrn Tyndall gerichteten Angriffe billigte, weil ich sie für ungerecht halte. Herr Zöllner hat das Recht, eine Begründung dieser



Behauptung von mir zu verlangen, mit der ich die Leser dieser Vorrede, die von dem Buche über die Natur der Kometen vielleicht nichts wissen, hier nicht behelligen will, und die ich deshalb in eine kritische Beilage an den Schluss des Bandes verwiesen habe. Dorthin bitte ich auch solche Leser Tyndall'scher Schriften sich zu wenden, welche das Zöllner'sche Buch gesehen haben, und ohne selbst eingehende physikalische Studien machen zu können, sich doch ein einigermaassen begründetes Urtheil über das Vertrauen, was sie beiden Schriftstellern schenken dürfen, zu bilden wünschen.

---

# I N H A L T.

---

	Seite
I. Das Grundgesetz der Natur . . . . .	1
II. Betrachtungen über Gebet und Naturgesetz . . . . .	35
III. Ueber Wunder und besondere Fügungen . . . . .	47
IV. Materie und Kraft . . . . .	83
V. Ansprache an die Studirenden von University College .	113
VI. Der Materialismus in der Naturwissenschaft . . . . .	125
VII. Ueber den wissenschaftlichen Nutzen der Einbildungs- kraft . . . . .	149
VIII. Ueber Strahlung . . . . .	193
1. Sichtbare und unsichtbare Strahlung . . . . .	195
2. Ursprung und Wesen der Strahlung; der Aether .	200
3. Die Atomtheorie in Beziehung zum Aether . . . . .	204
4. Absorption von strahlender Wärme durch Gase . .	205
5. Bildung unsichtbarer Brennpunkte . . . . .	210
6. Sichtbare und unsichtbare Strahlen des elektrischen Lichtes . . . . .	213
7. Verbrennung durch unsichtbare Strahlen . . . . .	217
8. Verwandlung der Strahlen; Calorescenz . . . . .	219
9. Unempfindlichkeit des Sehnerven für Wärmestrahlen	222
10. Fortbestehen gewisser Strahlen . . . . .	225
11. Absorption von strahlender Wärme durch Dämpfe und Riechstoffe . . . . .	229
12. Wasserdampf im Verhältniss zur Temperatur der Erdoberfläche . . . . .	232
13. Flüssigkeiten und ihre Dämpfe in Beziehung zur strahlenden Wärme . . . . .	236

	Seite
14. Wechselbeziehung zwischen Strahlung und Absorption . . . . .	238
15. Einfluss der Schwingungsperiode und der molekularen Form. Physikalische Analyse des menschlichen Athems . . . . .	241
16. Resultate und Schluss . . . . .	246
IX. Ueber strahlende Wärme und ihre Beziehungen zur Farbe und zur chemischen Zusammensetzung der Körper . . . . .	253
X. Chemische Strahlen; die Structur und das Licht des Himmels . . . . .	282
XI. Staub und Krankheit . . . . .	331
Versuche mit staubiger Luft . . . . .	333
Keimtheorie der ansteckenden Krankheiten . . . . .	344
Schmarotzerkrankheiten des Seidenwurms; Untersuchungen von Pasteur . . . . .	347
Entstehung und Fortpflanzung der Aussteckungsstoffe . . . . .	359
Anwendung der Keimtheorie auf die Chirurgie . . . . .	364
Anwendung leuchtender Strahlen zu Untersuchungen dieser Art . . . . .	371
Schwebende Materie der Luft . . . . .	372
Versuche von Dr. Bennett . . . . .	377
Respirator aus Baumwolle . . . . .	385
Respirator für Löschmannschaften . . . . .	387
Untersuchung des Wassers mittels leuchtender Strahlen . . . . .	389
Kreidewasser. Clark's Methode, Wasser weich zu machen . . . . .	393
XII. Leben und Briefe von Faraday . . . . .	403
XIII. Die Elemente der Lehre vom Magnetismus . . . . .	431
XIV. Kürzere Aufsätze . . . . .	467
A. Ueber die physikalischen Grundlagen der Sonnenchemie . . . . .	469
B. Ueber Kraft . . . . .	487
C. James Prescott Joule . . . . .	504
D. Julius Robert Mayer . . . . .	512
E. Ueber Schieferbildung . . . . .	525
F. Tod durch Blitzstrahl . . . . .	544
G. Geister und Wissenschaft . . . . .	529
H. Ueber Lebenskraft . . . . .	562
I. Nachträgliche Bemerkungen über Wunder . . . . .	574
Kritische Beilage. Zöllner contra Tyndall von H. Helmholtz . . . . .	531

I.

# DAS GRUNDGESETZ DER NATUR.

---

(Aufsatz aus der „Fortnightly Review“, Band III, pag. 129.)

---

. . . . Die gütige Allmutter zeigte mir  
Der Farben süsse Lockung und der Töne,  
All die zahllosen Sitze holder Schönheit,  
Die Wunder all von ihres Zeugens Kraft,  
Weit herrschende Gesetzlichkeit der Sterne,  
Der sich die Pflanzen fügen und die Vögel,  
Und eng gekettet Zweck und Plan im Ganzen.  
Doch höchster Lohn war mir die wahre Freiheit,  
Die mir Natur, als meine beste Heimath  
Nie täuschend gab . . . . .

**Emerson.**

## I.

### Das Grundgesetz der Natur.

---

Wir können uns den Raum nicht als begrenzt denken; denn wo wir ihm auch eine Grenze in unserer Phantasie setzen, wir sind stets genöthigt, uns einen andern jenseits der Grenze bestehenden Raum zu denken. Durch diese fortwährende Ueberschreitung jeder Schranke erhalten wir einen mehr oder weniger entsprechenden Begriff von der Unendlichkeit des Raumes. Trotz dem wir uns den Raum endlos vorstellen müssen, sind wir doch keineswegs gezwungen, uns denselben angefüllt oder leer zu denken. Ob er voll oder leer sei, kann erst durch Beobachtung und Versuche entschieden werden. Der Sternenhimmel zeigt uns, dass der Raum nicht ganz leer ist; allein noch bleibt die Frage offen, ob nicht die Sterne selbst im leeren Raume aufgehängt sind. Sind die weiten Regionen, welche sie umgeben und durch welche ihr Licht sich ausbreitet, absolut leer? Vor hundert Jahren hätte die Antwort auf diese Frage gelautet: „Nein, denn es fliegen beständig leuchtende Theilchen durch den Raum.“ Die Antwort der neuern Wissenschaft lautet gleichfalls verneinend, wenn auch aus andern Gründen. Die Vorstellung von leuchtenden Theilchen hat sie zwar aus triftiger Ursache verworfen, doch liefert sie Beweise für die Behauptung,

dass die Himmelsräume mit Materie angefüllt sind; und diese Beweise sind nahezu so zwingend als diejenigen, welche das Vorhandensein einer Atmosphäre rund um die Erde feststellen.

In der That gelangte der menschliche Geist erst durch das Studium der irdischen und örtlich begrenzten Atmosphäre zum Begriffe einer Atmosphäre des Himmels und des Universums. Von den Erscheinungen des Schalles in der Luft hoben sich die Begriffe zu den Erscheinungen des Lichtes im Aether; dieses war der Name, welchen man dem Medium des Weltraumes gab.

Man darf den Begriff dieses Mediums nicht als eine unbestimmte und phantastische Vorstellung des Gelehrten ansehen. Die Meisten unter den Naturforschern sind von seiner Existenz so fest überzeugt, wie von der der Sonne und des Mondes. Der leuchtende Aether hat ganz bestimmte mechanische Eigenschaften. Er ist unendlich viel dünner als irgend eine bekannte Gasart, und doch gleicht sein Verhalten eher dem eines festen Körpers als dem eines Gases. Er gleicht mehr einer Gallertmasse als der Luft. Ein derartiger Körper könnte Grenzen haben; vom Aether wissen wir aber, dass er so weit reicht, als die entferntesten sichtbaren Sterne, wenn er auch vielleicht nicht so weit ausgebreitet ist, als der Raum. Er ist thatsächlich der Träger für das Licht der Sterne, und ohne den Aether könnte man diese nicht sehen. Dieses Alles erfüllende Medium nimmt Theil an dem Erzittern ihrer Molekeln, und leitet dasselbe mit unvorstellbarer Geschwindigkeit zu unseren Sehwerkzeugen hin. Schwingungen sind es also, welche, fortgetragen über Entfernungen von zahllosen Millionen von Meilen, sich dem menschlichen Bewusstsein in die Pracht des gestirnten nächtlichen Himmels übersetzen.

Wenn der Aether eine Grenze hätte, könnte man sich Massen von wägbarer Materie noch jenseits derselben denken; diese könnten jedoch kein Licht verbreiten. Jenseits des Aethers könnten dunkle Sonnen brennen; Verbrennung könnte unter geeigneten Verhältnissen dort vor sich gehen; Brennstoffe sich ungesehen verzehren und Metalle in unsichtbaren Flammen bis zur Schmelzung erhitzt werden. Ueberdies würde dort ein einmal erwärmter Körper für immer erwärmt bleiben, und eine Sonne oder ein Planet, welche einmal geschmolzen wären, würden für immer geschmolzen bleiben. Denn da der Verlust von Wärme einfach ein Abgeben von molekularer Bewegung an den Aether ist, so kann bei Abwesenheit dieses Mediums keine Abkühlung stattfinden. Falls ein mit Empfindung begabtes Wesen in jener Region in die Nähe eines erhitzten Körpers käme, würde es keinen Unterschied der Temperatur wahrnehmen. Die Wärmeunterschiede, so weit sie von den Gesetzen der Strahlung abhängen, würden dort nicht bestehen, und erst die wirkliche Berührung würde die Wärme einer ausserhalb des Aethers befindlichen Sonne zu erkennen geben.

Man denke sich ein Schaufelrad, das sich im Wasser in Umdrehung befindet. Von ihm, als dem Centrum, würden Wellen nach allen Richtungen ausgehen, und Jemand, der im Wasser watend sich dem Orte der Störung näherte, würde stärkeren und stärkeren Wellen begegnen. Diese allmälige Steigerung der auf den Körper des Mannes stattfindenden Einwirkungen entspricht genau der Zunahme an Licht, wenn wir uns einer Lichtquelle nähern. In dem einen Falle jedoch genügen die gewöhnlichen gröberen Nerven des Körpers, während wir in dem andern der feineren optischen Nerven bedürfen. Man denke sich jedoch den Vorgang ohne Wasser; die Wir-



kung in die Ferne würde alsdann aufhören, und durch den Gefühlssinn wenigstens, würde der Watende erst bei dem wirklichen Schlage einer Radschaufel von der Bewegung des Rades in Kenntniss gesetzt werden. Die Uebertragung der Bewegung der Radschaufel auf das Wasser ist im mechanischen Sinne entsprechend der Uebertragung der molekularen Bewegung des erwärmten Körpers auf den Aether; und die Verbreitung der Wellen durch die Flüssigkeit ist mechanisch entsprechend der Verbreitung des Lichtes und der strahlenden Wärme.

Soweit unsere Kenntniss vom Raume reicht, müssen wir uns denselben als den Träger des leuchtenden Aethers denken, in welchem, durch ungeheure Entfernungen getrennt, die Sterne als schwere Kerne zerstreut sind. Verbunden mit dem Gestirne, das uns am nächsten angeht, sehen wir eine Gruppe von dunkeln planetarischen Massen, welche in verschiedenen Entfernungen sich um dasselbe bewegen, während jede einzelne sich noch um ihre eigene Achse dreht; und schliesslich haben wir, verbunden mit einigen dieser Planeten, noch andere untergeordnetere dunkle Körper die Monde. Ob die anderen Fixsterne auch ähnliche planetarische Begleiter haben, ist für uns blosser Sache der Vermuthung, welche in unsere Vorstellung vom Universum sich einmischen mag oder auch nicht. Jeder denkende Mensch wird jedoch annehmen, dass jene entfernten Sonnen nicht für unser Sonnensystem allein im Raume leuchten.

Indem wir nun einen allgemeinen Ueberblick über den gegenwärtigen Zustand des Raumes gewonnen haben, können wir fragen, ob die Dinge so von Anbeginn an geschaffen wurden. Ward der Raum mit Einem Male durch das „Werde“ der Allmacht mit diesen brennenden

Himmelskörpern ausgestattet? Auf diese Frage wird der Naturforscher, wenn er sich innerhalb seiner eigenen Grenzen hält, keine Antwort geben, obwohl hier bemerkt werden muss, dass ihm besseres Material zur Bildung einer Ansicht zu Gebote steht, als irgend wem sonst. Er kann jedoch deutlich zeigen, dass der gegenwärtige Zustand der Dinge möglicherweise ein abgeleiteter sei. Er kann sogar Gründe anführen, welche es wahrscheinlich machen, dass sie durch einen Entwicklungsprocess so geworden, und dass sie anfänglich nicht so waren, wie sie jetzt sind. Jedenfalls kann er nachweisen, wie diese ganze Sternenpracht aus gewöhnlicher nicht leuchtender Masse hervorgegangen sein könnte.

Das von Newton aufgestellte Gesetz der Schwerkraft ist, dass jedes Theilchen der Materie im Universum jedes andere Theilchen mit einer Kraft anzieht, welche abnimmt in demselben Verhältniss, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt. So ziehen sich Sonne und Erde gegenseitig an, so werden Erde und Mond beisammen gehalten, indem die Kraft, welche je zwei grössere Massen zusammenhält, die summirte Kraft ihrer Bestandtheile ist. Unter der Einwirkung dieser Kraft fällt ein Stein zur Erde und wird durch den Aufprall erwärmt; unter ihrer Einwirkung tauchen Meteore in unsere Atmosphäre und erhitzen sich bis zum Glühen. Grosse Mengen derselben fallen zweifelsohne beständig auf die Sonne. Unter der Einwirkung dieser Kraft würde die Erde, falls sie morgen in ihrer Laufbahn gestört würde, sofort auf die Sonne stürzen und sich schliesslich mit ihr vereinigen. Durch einen solchen Zusammenstoss würde ebenfalls Wärme entwickelt werden; Mayer, Helmholtz und Thomson haben deren Betrag berechnet. Sie würde derjenigen gleichkommen, welche die Verbrennung von mehr als 5000

Welten von festem Kohlenstoff hervorbringen würde; und alle diese Wärme würde im Momente des Zusammenstosses entstehen. In der Anziehung der Schwerkraft, welche auf nichtleuchtende Materie wirkt, haben wir demnach einen mächtigeren Wärmevorrath, als irgend eine irdische Verbrennung ihn abzugeben vermöchte. Und würde die Materie des Universums in getrennten kalten Theilchen in den Raum hineingeworfen und dort der gegenseitigen Anziehung ihrer eigenen Theilchen überlassen, so würde der Zusammenstoss dieser Theilchen schliesslich das Feuer der Sterne erzeugen.

Die Wirkung der Schwerkraft auf ursprünglich kalte Materie ist in der That vielleicht der Ursprung von allem Licht und aller Wärme und der Urquell von allen andern Vorgängen, die durch Licht und Wärme erzeugt werden. Allein unsere Frage ist nun, was ist das Licht und was ist die Wärme, welche so erzeugt sind? Diese Frage ist bereits im Allgemeinen beantwortet. Sowohl Licht als Wärme sind eine Art der Bewegung. Zwei Planeten stossen zusammen und kommen zur Ruhe; ihre Bewegung, als Masse betrachtet, ist zerstört, allein in Wahrheit dauert sie fort als Bewegung ihrer kleinsten Theilchen. Es ist dies die Bewegung, welche, durch den Aether aufgenommen und mit einer Geschwindigkeit von 40,000 deutschen Meilen in der Secunde fortgepflanzt, endlich als Licht und Wärme von Sonnen und Sternen zu uns kommt. Die Atome eines heissen Körpers schwingen mit einer alle Vorstellung übersteigenden Geschwindigkeit, und eben die Gewalt dieser Schwingungen bedingt nothwendig, dass Kräfte zwischen den Atomen selbst in Wirkung sind. Sie offenbart uns, dass die Atome gleichzeitig von einer Kraft zusammengehalten und von einer andern auseinander getrieben werden,

so dass ihre Stellung in jedem Augenblicke von dem Gleichgewicht zwischen der Anziehungs- und Abstossungskraft abhängt. Die Atome sind gleichsam durch elastische Schwungfedern verbunden, welche sich einer Annäherung oder einem Zurückweichen widersetzen, die aber die Schwingungen, welche man Wärme nennt, gestatten. Wenn zwei durch die Schwerkraft sich anziehende Körper zusammenstossen, so ist die Intensität der daherrührenden Schwingungen oder in anderen Worten die Menge der erzeugten Wärme proportional der „lebendigen Kraft“, welche durch den Zusammenstoss zerstört wird. Die einmal entstandene molekulare Bewegung theilt sich sofort dem Aether mit und wird von ihm durch den Raum verbreitet.

Wir leben auf der Oberfläche der Erde Tag und Nacht inmitten von Erschütterungen des Aethers. Das Medium ist niemals ruhig. Die Wolkendecke über uns mag dicht genug sein, um das Licht der Sterne zu verdecken; allein diese Decke selbst ist ein warmer Körper, der seine Bewegung durch den Aether ausstrahlt. Auch die Erde ist warm und schickt ihre Wärmepulse beständig aus. In klaren Nächten wird die Erde abgekühlt durch die Abgabe ihrer molekularen Bewegung in den Raum hinein; in wolkigen dunkeln Nächten kehrt ein Theil der Bewegung von den Wolken zurück und verhindert die Temperatur der Erde, sehr niedrig zu werden. Zu der ersten Vorstellung, dass der Raum angefüllt ist, müssen wir noch die zweite fügen, dass der Raum sich in einem Zustande unausgesetzter Bewegung befindet. Die Quellen der Schwingungen sind die wägbaren Massen des Universums. Nehmen wir ein Beispiel und untersuchen wir es im Einzelnen. Wenn wir unsern Planeten betrachten, finden wir, dass er eine Anhäufung von festen,

flüssigen und gasförmigen Massen ist. Betrachten wir irgend eine dieser Massen, so finden wir meist, dass sie aus noch einfacheren Bestandtheilen zusammengesetzt ist. Das Wasser in unseren Flüssen z. B. ist aus zwei Gasen, dem Sauerstoff und dem Wasserstoff in bestimmten Verhältnissen gebildet. Wir wissen, wie wir diese Bestandtheile zusammenbringen müssen, damit Wasser daraus werde, und wissen ebenfalls, wie wir das Wasser zu analysiren und seine beiden Bestandtheile wieder einzeln zu gewinnen haben. Ebenso in Betreff der festen Bestandtheile der Erde. Unsere Kalkberge z. B. sind gebildet durch eine Verbindung von Kohle, Sauerstoff und Calcium. Dieses sind die Elemente, aus deren Vereinigung die Bildung des Kalkes hervorgegangen ist. Wir wissen, dass die Feuersteine innerhalb des Kalkes aus einer Verbindung von Sauerstoff und Silicium, Kieselerde genannt, bestehen und unser gewöhnlicher Thon ist der Hauptsache nach durch die Verbindung von Silicium, Sauerstoff und dem wohlbekanntem leichten Metalle, dem Aluminium, gebildet. Weitaus der grösste Theil der Erdkruste besteht aus den elementaren Substanzen, welche in diesen wenigen Zeilen genannt wurden.

Das Princip der Schwerkraft ist bereits beschrieben worden als eine Art der Anziehung, welche jedes Theilchen eines Körpers, sei es auch noch so klein, auf jedes andere Theilchen ausübt. In der Schwerkraft giebt es keine Auswahl; die einzelnen Atome wählen nicht vorzugsweise andere einzelne Atome zum Gegenstand der Anziehung; die Anziehung der Schwerkraft ist proportional der Quantität der anziehenden Materie, ohne Rücksicht auf ihre Qualität. Allein in der Welt der Molekeln, in welche wir jetzt eintreten, sind die Dinge anders eingerichtet. Hier haben wir Atome, zwischen denen eine

starke Anziehungskraft stattfindet, und wieder andere, zwischen denen die Anziehung nur schwach ist. Ein Atom kann ein anderes durch eine grössere Anziehungskraft aus seinem Platze herausreissen. Allein obwohl die Stärke der wirkenden Kraft verschieden ist für verschiedene Atome, so ist sie doch eine Anziehungskraft von derselben mechanischen Beschaffenheit — wenn ich mich des Ausdruckes bedienen kann — wie die Schwerkraft selbst. Ihre Intensität könnte in derselben Weise gemessen werden, nämlich durch die Grösse der Bewegung, welche sie in einer bestimmten Zeit mittheilen kann. Auf diese Weise ist die Anziehung der Schwerkraft an der Erdoberfläche durch die Zahl 32 ausgedrückt, weil, wenn sie während einer Secunde frei auf -einen Körper einwirkt, sie dem Körper eine Geschwindigkeit von 32 Fuss in der Secunde mittheilt. In ähnlicher Weise könnte die gegenseitige Anziehung von Sauerstoff und Wasserstoff gemessen werden durch die Geschwindigkeit, die ihren Atomen während ihrer Annäherung verliehen wird. Selbstverständlich kann hier nicht an eine Secunde als Zeiteinheit gedacht werden, da die Zeitdauer, welche die Atome brauchen, um die winzigen sie trennenden Räume zu durchheilen, wahrscheinlich einen unendlich kleinen Theil einer Secunde nicht übersteigen.

Es ist bereits gesagt worden, dass ein Körper erwärmt wird dadurch, dass er zur Erde fällt. Hier haben wir das, was wir eine mechanische Verbindung der Erde und des Körpers nennen könnten. Lassen wir den fallenden Körper und die Erde in unserer Einbildungskraft zur Kleinheit von Atomen schwinden, und ersetzen wir die Schwerkraft durch die chemische Verwandtschaft, wie man die molekulare Anziehungskraft nennt, so haben wir das, was man eine chemische Verbindung nennt.

Das Ergebniss der Vereinigung ist auch in diesem Falle Wärme, und von der erzeugten Wärmemenge können wir auf die Gewalt der Zugkraft zwischen den Atomen schliessen. Nach gewöhnlichem mechanischem Maassstabe gemessen ist sie unverhältnissmässig gross. Man mische acht Pfund Sauerstoff mit einem Pfund Wasserstoff und sende einen elektrischen Funken durch die Mischung; die Gase werden sich augenblicklich vereinigen, indem ihre Atome die kleinen trennenden Zwischenräume durch-eilen. Man hebe ein Gewicht von 47 000 Pfund auf eine Höhe von 1000 Fuss über der Erdoberfläche und lasse es fallen; die Energie, womit es zur Erde fällt, wird nicht grösser sein als diejenige, womit acht Pfund Sauerstoff sich auf ein Pfund Wasserstoff stürzen, um Wasser zu bilden.

Man hat zuweilen behauptet, die Schwerkraft unterscheide sich dadurch von allen anderen Kräften, dass sie sich in keine andere Form verwandeln lasse. Chemische Verwandtschaft, sagt man, könne in Wärme und Licht, und diese wieder in Magnetismus und Elektrizität verwandelt werden. Allein die Schwerkraft widersetze sich einer derartigen Verwandlung; sie sei eine Kraft, welche sich unter allen Umständen erhalte, und nicht zu verschwinden vermöge, um einer andern Platz zu machen. Wenn hiermit gesagt sein soll, dass ein Theilchen Materie niemals seines Gewichtes beraubt werden könne, so ist die Behauptung richtig; allein das Gesetz, welches die Verwandlungsfähigkeit der Naturkräfte bestimmt, konnte niemals für diejenigen, die es richtig verstanden, die Bedeutung haben, als ob eine Verwandlung, wie die hier genannte, überhaupt stattfinden könnte. Was die Verwandlung in Wärme betrifft, so stehen Schwere und chemische Verwandtschaft genau auf demselben Fusse.

Die Anziehung ist in dem einen Falle so unzerstörbar wie in dem andern. Wenn ein Stein auf der Erde liegt, wird Niemand behaupten, dass die gegenseitige Anziehung zwischen der Erde und dem Steine aufgehoben sei; ebensowenig wird irgend Jemand meinen, dass die gegenseitige Anziehung von Sauerstoff und Wasserstoff aufhöre, nachdem sich beide vereinigt haben, um Wasser zu bilden. Was in Bezug auf chemische Verwandtschaft gemeint wird, ist, dass die Zugkraft dieser Verwandtschaft, wenn sie durch einen gewissen Raum hinwirkt, eine fortschreitende Bewegung des einen Atoms zu dem andern hervorruft. Diese fortschreitende Bewegung ist nicht Wärme, so wenig als die Kraft, welche sie hervorbringt, Wärme ist. Allein, wenn die Atome aufeinander stoßen und zurück prallen, so wird diese fortschreitende Bewegung in eine vibrirende verwandelt, und diese letztere ist Wärme. Bei diesem Vibriren erlischt aber die ursprüngliche Anziehung keineswegs, sondern sie ist es, die dasselbe theilweise unterhält. Die Atome prallen zurück in Folge der elastischen Kraft, welche sich einer wirklichen Berührung widersetzt, und durch diesen Rückprall werden sie zu weit zurückgetrieben. Die ursprüngliche Anziehung besiegt dann die Kraft des Rückstoßes und treibt die Atome abermals zusammen. Auf diese Weise schwingen sie wie ein Pendel, hin und her, bis ihre Bewegung sich dem ringsum befindlichen Aether mittheilt; oder mit anderen Worten, bis ihre Wärme zur strahlenden Wärme wird.

In diesem Sinne und zwar nur in diesem Sinne wird chemische Verwandtschaft in Wärme verwandelt. Es besteht also zuerst und vor allen Dingen die Anziehung zwischen den Atomen; und zweitens der Raum zwischen denselben. Die Anziehung zwingt sie über diesen Raum



hinweg. Sie stossen zusammen, prallen zurück und gerathen in Schwingung. Die Art der Bewegung ist verändert, allein kein wirklicher Verlust derselben tritt ein. Ebenso verhält es sich mit der Anziehung der Schwerkraft. Auch hier muss der Raum zwischen sich anziehende Körper kommen, damit Bewegung entstehe; wenn die Körper zusammenstossen, hört die Bewegung scheinbar auf, allein in Wahrheit ist sie nicht zerstört. Die Atome der Körper werden plötzlich durch den Stoss gegen einander getrieben und durch ihre eigene Elasticität wieder getrennt; auf diese Weise entsteht die molekulare Schwingung, welche sich unseren Nerven als Wärme kund giebt.

Man war früher allgemein der Ansicht, dass beim Zusammenstoss unelastischer Körper Kraft zerstört werde. Man sah zum Beispiel wenn man zwei Kugeln von Lehm, Glaserkitt oder Blei gegen einander rollen liess, dass die Bewegung, welche die Körper vor dem Zusammenstoss hatten, mehr oder weniger vollständig zerstört wurde, und glaubte demnach, die Kraft des Stosses sei gänzlich vernichtet. Bis in die jüngste Zeit empfand man auch in der That keinerlei Schwierigkeit bei diesem Glauben, während jetzt die Begriffe von Kraft und einer Zerstörung derselben für einen denkenden Geist unvereinbar sind. Beim Zusammenstoss von elastischen Körpern bemerkte man dagegen, dass die Bewegung, mit welcher sie aufeinander prallten, zum grössten Theile durch das Zurückspringen der Massen wieder hergestellt wurde; je elastischer der Körper, desto vollkommener diese Wiederherstellung. Diese Thatsache führte zum Begriffe der vollkommen elastischen Körper — Körper, welche im Stande wären, durch ihr Zurückprallen die

ganze vor dem Zusammenstoss besessene Bewegung wieder herzustellen.

Daher der Begriff von der Erhaltung der Kraft, in seinem Gegensatz zur Zerstörung der Kraft, wie man sie beim Zusammenstoss unelastischer Körper wahrzunehmen glaubte.

Wir wissen jetzt, dass das Princip der Erhaltung ebensowohl auf elastische wie auf unelastische Körper angewendet werden muss. Vollkommen elastische Körper entwickeln keine Wärme bei ihrem Zusammenstoss. Sie behalten nach demselben ihre Bewegung bei, auch wenn deren Richtung verändert ist — und nur wenn wahrnehmbare Bewegung ganz oder theilweise zerstört wird, erzeugt sich Wärme. Dies geschieht immer bei unelastischem Zusammenstoss; und die erzeugte Wärme ist alsdann das genaue Aequivalent der vernichteten Bewegung. Die Wärme zeigt in der That, dass die Elasticität, welche den ganzen Massen fehlt, doch in deren Atomen vorhanden ist, und durch das Zurückspringen und Schwingen der Letzteren wird das Princip von der Erhaltung gerechtfertigt.

Es hat sich jedoch eine gewisse Unklarheit im Gebrauche des Ausdrucks „Kraft“ mehr und mehr bei uns eingeschlichen. Wir haben die Anziehung der Schwere eine Kraft genannt, ohne alle Rücksicht auf die Bewegung. Ein Körper, der auf einem Gesimse liegt, wird eben so sehr durch die Schwerkraft gezogen, als wenn man ihn von dem Gesimse herabstösst und zur Erde fallen lässt. Ausserdem gebrauchten wir den Ausdruck Kraft für jene molekulare Anziehung, welche wir chemische Verwandtschaft nannten. Als wir jedoch von der Erhaltung der Kraft beim elastischen Zusammenstoss sprachen, meinten wir hiermit weder einen Zug noch einen Stoss, welche

beide auch auf unbewegte Körper ausgeübt werden könnten, sondern wir meinten damit die Kraft der Bewegung, wenn ich mich so ausdrücken darf, der zusammenschlagenden Massen.

Das, was ich Kraft der Bewegung genannt habe, hat ein bestimmtes mechanisches Maass in der Menge der Arbeit, welche sie leisten kann. Die einfachste Form der Arbeit ist die Hebung eines Gewichtes. Ein Mann, welcher eine Treppe oder eine Anhöhe sechzehn Fuss hoch mit einem Pfund Gewicht in der Hand hinanstiegt, vollzieht eine gewisse Menge von Arbeit mehr, als die blosser Hebung seines eigenen Körpers. Steigt er zweiunddreissig Fuss hoch, so vollzieht er die zweifache, bei achtundvierzig Fuss vollzieht er die dreifache, bei vierundsechzig Fuss die vierfache Arbeit und so fort. Wenn er zwei Pfund statt eines einzigen bei gleichen sonstigen Bedingungen trägt, so vollzieht er die Arbeit zweimal, bei drei, vier oder fünf Pfund leistet er drei, vier und fünf Mal die Arbeit. In der That ist es selbstverständlich, dass die Arbeit von zwei Factoren abhängt: von dem Gewicht, das gehoben wird, und von der Höhe, auf welche es gehoben wird. Sie wird ausgedrückt durch das Product dieser beiden Factoren.

Allein ein Körper kann auf eine gewisse Höhe gebracht werden, gegen den Widerstand der Schwere und ohne dass man ihn auf diese Höhe hinaufträgt. Wenn zum Beispiel ein Maurer einen Backstein sechzehn Fuss höher als er selbst steht zu versetzen wünscht, so wird er ihn wahrscheinlich dem oben stehenden Arbeiter zuwerfen. Er wird auf diese Weise durch eine plötzliche Anstrengung dem Backstein eine Geschwindigkeit verleihen, welche genügt, ihn auf die gewünschte Höhe zu bringen; die Arbeit, welche er durch diese Anstrengung leistet,

ist genau dieselbe, als wenn er den Stein langsam in die Höhe getragen hätte. Die Anfangsgeschwindigkeit, welche in dem genannten Falle dem Steine verliehen werden muss, ist wohl bekannt. Um auf eine Höhe von sechzehn Fuss zu gelangen, muss der Backstein mit einer Geschwindigkeit von zweiunddreissig Fuss für die Secunde aus der Hand geschleudert werden. Es ist unnöthig anzugeben, dass ein Körper, der mit irgend einer Geschwindigkeit sich in Bewegung setzt, diese seine Geschwindigkeit für immer beibehalten würde, wenn er weder Widerstand noch weiteren Antrieb fände. Wenn er jedoch, wie im vorliegenden Falle, nach oben geworfen wird, so bewegt er sich im Widerstreit mit der Schwere, welche seine Bewegung fortwährend verzögert und dieselbe schliesslich auf der Höhe von sechzehn Fuss zur Ruhe bringt. Wird der Stein hier nicht von dem zweiten Arbeiter aufgefangen, so kehrt er zu dem ersten mit zunehmender Beschleunigung zurück und erreicht dessen Hand genau mit derselben Geschwindigkeit, mit der er sie verliess.

Angenommen, der Mann wäre im Stande, dem Backstein beim Abschleudern die doppelte Geschwindigkeit, also vierundsechzig Fuss in der Secunde, zu verleihen, würde dann die hierdurch geleistete Arbeit nur das Doppelte von derjenigen im ersten Beispiel betragen? Nein; sie würde das Vierfache betragen. Ein Körper, der mit der doppelten Geschwindigkeit eines andern abgeht, wird die vierfache Höhe erreichen. Ebenso wird eine dreifache Geschwindigkeit eine neunfache Höhe, eine vierfache Geschwindigkeit eine sechzehnfache Höhe ergeben und so fort. Also ist die geleistete Arbeit oder die erreichte Höhe nicht proportional der Geschwindigkeit, sondern dem Quadrate derselben. Wie vorher ist die Arbeit auch proportional dem gehobenen Gewichte.

Deshalb ist die Arbeit, welche irgend eine bewegte Masse zu leisten im Stande ist, vermöge der Bewegung, welche sie in irgend einem Augenblicke besitzt, zugleich proportional dem Gewichte und dem Quadrate der Geschwindigkeit. Hier haben wir also ein zweites Maass von Arbeit, bei welchem wir einfach den Begriff der Höhe in den entsprechenden Begriff der Bewegung zu übertragen haben.

In der Mechanik drückt das Product der Masse eines bewegten Körpers mit dem Quadrat seiner Geschwindigkeit das aus, was man „Vis viva“ oder die „lebendige Kraft“ nennt. Zuweilen nennt man es auch „die mechanische Wirkung“. Wenn wir zum Beispiel mit einer Kanone nach oben zielen und lassen ihre Kugel doppelt so schnell abgehen als die einer andern Kanone, so wird die Kugel der ersten die vierfache Höhe der zweiten erreichen. Die schnellere Kugel wird, falls sie gegen eine Zielscheibe gerichtet ist, hier auch die vierfache Zerstörung anrichten. Deshalb ist es so wichtig, den Wurfgeschossen im Kriege eine hohe Geschwindigkeit zu verleihen. Nachdem wir uns auf diese Weise zu einem klaren Begriffe der lebendigen Kraft von bewegten Körpern durchgearbeitet haben, sind wir vorbereitet für die Auseinandersetzung, dass die Wärme, welche durch den Aufprall eines auf die Erde fallenden Körpers erzeugt wird, proportional ist der vernichteten lebendigen Kraft. In der That findet keinerlei Vernichtung statt, sondern nur eine Uebertragung der lebendigen Kraft von der ganzen Masse auf ihre kleinsten Theilchen. Diese ist, wie wir jetzt sehen proportional dem Quadrate der Geschwindigkeit. Bei zwei Kanonenkugeln von gleichem Gewichte, wovon die eine das Ziel mit der doppelten Geschwindigkeit der andern erreicht, wird die erste die vierfache Wärmemenge

bei dreifacher Geschwindigkeit die neunfache Wärmemenge der zweiten erzeugen und so fort.

Herr Joule hat gezeigt, dass ein Körper, welcher von einer Höhe von 772 Fuss herabfällt, eine Wärmemenge erzeugt, welche genügt, um die Temperatur seines eigenen Gewichts an Wasser um 1 Grad Fahrenheit zu erhöhen. Wir haben hier das mechanische Aequivalent der Wärme. Ein Körper, welcher von einer Höhe von 772 Fuss herabfällt, hat beim Auffallen auf die Erde eine Geschwindigkeit von 223 Fuss in der Secunde, und wenn diese Geschwindigkeit auf andere Weise einem Körper mitgetheilt wird, so wird die erzeugte Wärmemenge beim Aufhören der Bewegung die oben angeführte sein. Die sechsfache Geschwindigkeit, oder 1338 Fuss, würde für eine Kanonenkugel beim Austritt aus dem Laufe nichts Aussergewöhnliches sein; allein wenn sie mit sechsfacher Geschwindigkeit geschleudert wird, so wird sich die sechs- unddreissigfache Wärmemenge beim Aufhören der Bewegung entwickeln. Deshalb wird eine Kanonenkugel, die sich mit der Geschwindigkeit von 1338 Fuss in der Secunde fortbewegt, beim Aufstossen eine Wärmemenge erzeugen, die im Stande wäre, das Gewicht der Kugel an Wasser um 36 Grad Fahrenheit zu erwärmen. Ist die Kugel von Eisen und ist alle Wärme in derselben vereinigt, so wird ihre Temperatur um circa 360 Grad Fahrenheit erhöht werden, weil eine Erhöhung von einem Grad für das Wasser einer solchen von circa 10 Grad für das Eisen in Bezug auf die Wärmemenge gleichkommt. Bei artilleristischen Versuchen hat sich gezeigt, dass die erzeugte Wärme gewöhnlich in der Spitze des Wurfgeschosses und dem zuerst getroffenen Punkte der Zielscheibe vereinigt ist. Durch diese Concentration kann die Wärme, welche sich entwickelt, so intensiv werden, dass der Metallstaub sich

entzündet, und ein Lichtblitz zuweilen den Aufprall auf der Zielscheibe begleitet.

Lenken wir unsere Aufmerksamkeit für einen Augenblick auf das Schiesspulver, welches die Kugel antreibt. Dasselbe besteht aus brennbarem Material, das, in freier Luft verbrannt, eine gewisse Wärmemenge erzeugen würde. Es wird diese Wärmemenge nicht erzeugen, wenn es durch Forttreibung der Kugel Arbeit zu leisten hat. Die in diesem Falle vom Schiesspulver erzeugte Wärme wird hinter der durch freies Abbrennen erzeugten Wärme um einen Betrag zurückbleiben, welcher der lebendigen Kraft der Kugel äquivalent ist; und genau diese Wärmemenge wird die Kugel bei ihrem Aufstoss auf die Zielscheibe wieder entwickeln. Auf so vollkommene Weise sind Wärme und mechanische Bewegung mit einander verbunden.

Kurz und einfach ausgedrückt, sagt also das Princip von der Erhaltung der Kraft aus, dass die Menge von Kraft im Universum eben so unveränderlich ist, als die Menge der Materie; und dass es eben so unmöglich ist, Kraft zu erschaffen, als sie zu zerstören. Aber in welchem Sinne haben wir hier den Begriff „Kraft“ zu verstehen? Das Gesagte würde augenscheinlich nicht passen auf die Schwerkraft, wie Newton dieselbe definirt; denn dies ist eine Kraft, welche sich im umgekehrten Verhältniss zum Quadrat der Entfernung verändert, und es wäre ein Widerspruch, die Beständigkeit einer sich verändernden Kraft zu behaupten. Bei richtiger Auffassung der Frage bildet die Schwerkraft jedoch keine Ausnahme zum Gesetze von der Erhaltung der Kraft. Ich werde die Helmholtz'sche Methode befolgen und hier eine elementare Auseinandersetzung dieses Principis versuchen, es ist nicht schwer zu verstehen, wemgleich es auch in seiner Anwen-

derung eine bedeutsame Veränderung in den menschlichen Ideen hervorzubringen bestimmt war.

Der Einfachheit wegen wollen wir annehmen, ein Massentheilchen, das wir  $F$  nennen, sei vollkommen fest, und ein bewegliches Theilchen  $D$  sei auf eine gewisse Entfernung von  $F$  gebracht. Wir wollen annehmen, dass diese beiden Theilchen sich dem Newton'schen Gesetze gemäss gegenseitig anziehen. Bei einer gewissen Entfernung hat die Anziehung eine bestimmte Grösse, welche sich mittels einer Federwage bestimmen lässt. Auf der Hälfte dieser Entfernung wird die Anziehung vierfach, auf ein Drittel der Entfernung wird sie neunfach, auf ein Viertel der Entfernung wird sie sechzehnfach sein und so fort. In jedem Falle könnte man die Anziehung messen, indem man durch die Federwage den Grad der Spannung bestimmte, welcher nöthig ist, um  $D$  abzuhalten, sich gegen  $F$  zu bewegen. Vor der Hand haben wir noch gar nichts mit einer Bewegung zu thun, wir befassen uns mit Statik, nicht mit Dynamik. Wir berechnen einfach die Entfernung zwischen  $D$  und  $F$  und den Zug, welchen die Schwerkraft in dieser Entfernung ausübt.

Es ist gebräuchlich in der Mechanik, die Grösse einer Kraft durch eine Linie von einer gewissen Länge zu bezeichnen; eine doppelt so grosse Kraft wird durch eine Linie von doppelter Länge dargestellt u. s. w. Indem wir also das Theilchen  $D$  in eine gewisse Entfernung von  $F$  bringen, können wir in unserer Einbildungskraft eine gerade Linie von  $D$  zu  $F$  ziehen und bei  $D$  eine senkrechte Linie auf der ersten errichten, welche die Grösse der auf  $D$  einwirkenden Anziehungskraft ausdrücken soll. Wenn  $D$  sich in sehr grosser Entfernung von  $F$  befindet, wird die Anziehung sehr gering und die senkrechte Linie deshalb sehr kurz sein. Nehmen wir nun an, auf jedem



Punkte der Linie zwischen  $F$  und  $D$  würde eine senkrechte Linie gezogen, deren Länge proportional zu der auf diesen Punkt einwirkenden Anziehung wäre, so würden wir eine unendliche Anzahl von Senkrechten in allmählig anwachsender Länge erhalten, je mehr  $D$  sich  $F$  nähert. Verbindet man die Enden dieser senkrechten Linien, so erhält man eine Curve, und zwischen dieser Curve und der geraden Linie, welche  $F$  und  $D$  verbindet, haben wir eine Fläche, welche die sämtlichen senkrechten Linien neben einander enthält. Da eine jede von der unendlichen Reihe senkrechter Linien eine Anziehung oder einen Zug, wie man zuweilen sagt, darstellt, so drückt die eben genannte Fläche die Gesamtkraft aus, welche die verschiedenen Anziehungen auf  $D$  auszuüben im Stande sind, während es aus seiner ersten Stellung zu  $F$  übergeht.

Bis jetzt haben wir uns mit Spannkraften, noch nicht mit Bewegung beschäftigt. Die lebendige Kraft ist unserer Betrachtung noch fern geblieben. Nehmen wir jetzt an,  $D$  befände sich in einer so gut wie unendlichen Entfernung von  $F$ . Hier wäre der Zug der Schwerkraft gleich Null, und die senkrechte Linie, welche ihn ausdrückt, würde zu einem Punkte schwinden. In dieser Lage wäre die Summe der Spannkraften, welche auf  $D$  einwirken können, ein Maximum. Lassen wir  $D$  nun der auf ihn einwirkenden Anziehung Folge geben und sich in Bewegung setzen. So wie die Bewegung beginnt, entsteht etwas Neues, nämlich lebendige Kraft. In seiner Bewegung gegen  $F$  hin verzehrt das Theilchen  $D$  so zu sagen die Spannkraften. Heften wir unsere Aufmerksamkeit auf  $D$ , auf irgend einem Punkt der Strecke, über welche es sich fortbewegt. Zwischen diesem Punkt und  $F$  befindet sich eine gewisse Menge noch unbenutzter Spannkraften, jen-

seits dieses Punktes sind die Spannkraften sämmtlich verbraucht, allein wir haben an ihrer Stelle eine entsprechende Menge von lebendiger Kraft. Nachdem  $D$  irgend einen Punkt überschritten hat, verschwindet die zuvor auf diesem Punkte vorrätige Spannkraft, aber nicht ohne, dass sie während der unendlich kleinen Dauer ihrer Wirkung einen entsprechenden Betrag von Bewegung zu der vorher von  $D$  besessenen hinzugefügt hätte. Je näher  $D$  an  $F$  herankommt, desto kleiner wird die Summe der übrig gebliebenen Spannkraften, und um so grösser ist die lebendige Kraft. Je weiter  $D$  von  $F$  entfernt ist, desto grösser ist die Summe der unverbrauchten Spannkraften und desto geringer ist die lebendige Kraft. Das Princip der Erhaltung der Kraft behauptet nicht die Beständigkeit der Summe der Spannkraften der Schwere, auch nicht die Beständigkeit der lebendigen Kraft, jede einzeln genommen, sondern die absolute Beständigkeit der Summe von beiden. Im Anfange war die lebendige Kraft gleich Null und die Fläche der Spannkraften war ein Maximum; dicht an  $F$  war die lebendige Kraft ein Maximum, während die Spannkraften gleich Null waren. An jedem andern Punkte besteht die arbeitsleistende Kraft des Theilchens  $D$  theils aus lebendiger Kraft, theils aus Spannkraften.

Wenn die Schwerkraft, anstatt Anziehung zu sein, Abstossung wäre, so wäre die Summe der Spannkraften zwischen den materiellen Theilchen  $D$  und  $F$  ein Maximum und die lebendige Kraft wäre gleich Null, wenn die Theilchen in Berührung sind. Wenn  $D$  der Abstossung gehorchend sich von  $F$  entfernte, so würde lebendige Kraft erzeugt; und je weiter  $D$  von  $F$  sich entfernte, desto grösser wäre die lebendige Kraft und desto kleiner der Betrag der Spannung, die noch übrig wäre,

um weitere Bewegung hervorzubringen. Indem das Princip der Erhaltung der Kraft sowohl die Abstossung als die Anziehung in Betracht zieht, behauptet es, dass der mechanische Werth der Spannkräfte und der lebendigen Kräfte in der materiellen Welt eine constante Quantität ist. Kurz gesagt, besitzt das Universum zwei Arten von Eigenthum, welche nach einem bestimmten Werthverhältniss in einander verwandelt werden können. Die Verminderung des Einen bringt die Vergrösserung des Andern mit sich; der Gesamtwertb seines Besitzes bleibt jedoch unverändert.

Die eben gemachten Betrachtungen lassen sich eben so gut auf die chemische Verwandtschaft, wie auf die Schwere anwenden. In einer Mischung von Sauerstoff und Wasserstoff existiren die Atome getrennt; allein durch die Anwendung geeigneter Mittel können sie dazu gebracht werden, über den sie trennenden Raum hinweg auf einander zu stürzen. Während dieser Raum besteht, und so lange die Atome noch nicht angefangen haben, sich zu einander hin zu bewegen, haben wir nur Spannkräfte und nichts Anderes. Während der annähernden Bewegung werden die Spannkräfte, wie bei der Schwerkraft, in lebendige Kraft verwandelt. Nach dem Zusammenstürzen haben wir noch immer lebendige Kraft, aber in anderer Form. Es war Fortbewegung, nun ist es Schwingung. Es war molekulare Bewegung, jetzt ist es Wärme. Dieselben Bemerkungen finden bei einer Mischung von Wasserstoff und Chlor ihre Anwendung. Werden diese Gase im Dunkeln gemischt, so bleiben sie getrennt, fällt aber ein Sonnenstrahl auf die Mischung, so stürzen die Atome mit einer Detonation auf einander. Hier haben wir Spannkräfte in molekulare Fortbewegung und diese letztere wieder in Wärme und Schall verwandelt.

Es ist auch möglich, diese Vorgänge umzukehren, die festgeklammerten Atome wieder zu lösen und sie in ihre erste Stellung zurück zu versetzen. Allein um dieses zu erreichen, wäre dieselbe Wärmemenge nöthig, die ihre Vereinigung hervorbrachte. Solche Umkehrungen kommen täglich und stündlich in der Natur vor — durch die Lichtwellen wird der Sauerstoff vom Wasserstoff in den Blättern der Pflanzen geschieden. Diese Wellen verschwinden als molekulare lebendige Kraft, allein indem sie verschwinden, statten sie die Atome des Sauerstoffs und Wasserstoffs von Neuem mit Spannkraften aus. — Die Atome können sich dann später wieder vereinigen, und wenn sie das thun, so liefern sie genau wieder die Wärmemenge, welche durch ihre Trennung verzehrt worden war. Dasselbe findet bei der Verbindung von Kohlenstoff und Sauerstoff, genannt Kohlensäure, Statt, welche durch unsere Lungen ausgeathmet und durch unser Feuer hervorgebracht wird, und die sich auch sonst noch in kleineren Mengen überall in der Luft verbreitet findet. Auch in den Pflanzenblättern reissen die Sonnenstrahlen diese Atome aus einander und opfern sich dabei selbst; allein wenn die Pflanzen verbrannt werden, wird die Wärmemenge, die durch ihre Entstehung verzehrt wurde, wieder zurückgegeben.

Dies also ist das stets erneute Spiel der Natur in Bezug auf ihre Kräfte. Sie wechselt in allen ihren Gebieten von Spannkraft zu lebendiger und von lebendiger Kraft zu Spannkraft. Wir haben dasselbe Spiel im Planetensystem. Die Bahn der Erde ist eine Ellipse, deren einer Brennpunkt von der Sonne eingenommen wird. Denken wir uns die Erde am entferntesten Punkte der Bahn. Ihre Bewegung und, in Folge davon, ihre lebendige Kraft ist hier ein Minimum. Der Planet wendet sich

um den Scheitel der Curve und fängt an sich der Sonne wieder zu nähern. Vor sich hat die Erde einen Vorrath von Spannkraften, welcher nach und nach aufgezehrt wird, indem eine gleich grosse Menge von lebendiger Kraft erzeugt wird. In grösster Nähe der Sonne ist die Bewegung und in Folge dessen die lebendige Kraft ein Maximum. Allein hier sind die verwendbaren Spannkraften verzehrt. Die Erde umgeht diesen Theil der Curve und zieht sich von der Sonne zurück. Jetzt werden Spannkraften aufgespart, allein es geht lebendige Kraft verloren, um auf der entgegengesetzten Seite der Curve auf Kosten der entsprechenden Kraft zurückgegeben zu werden. Auf diese Weise schlägt das Herz des Universums fort und fort, ohne Zunahme und ohne Abnahme des gesammten Vorraths an Kraft.

Ich habe mich bestrebt, klar durch alle Verwirrung durchzusteuern dadurch, dass ich den Geist des Lesers mehr auf Dinge als auf Namen richtete. Allein es ist wichtig, die Dinge richtig zu benennen, und bis jetzt ist uns dies noch nicht gelungen. Wir haben die Schwerkraft und die lebendige Kraft — zwei ganz verschiedene Dinge — kennen gelernt. Wir haben von Zug und von Spannung gesprochen, und es hätte ausserdem noch die Rede sein können von der Kraft der Wärme, der Kraft des Lichtes, der Kraft des Magnetismus und der der Elektrizität — Benennungen, welche sämmtlich von physikalischen Schriftstellern, in engem und weiterm Sinne gebraucht worden sind. Diese Verwirrung wird glücklich umgangen durch Einführung des Namens „Energie“, der sowohl den Begriff der Spannkraft, als den der lebendigen Kraft vereinigt. „Energie“ besitzen Körper, die bereits in Bewegung sind; sie ist dann wirklich geworden und wir sind überein gekommen, dieselbe actuelle oder dynamische

Energie zu nennen. Es ist unsere alte „lebendige Kraft“. Auf der andern Seite besitzen auch solche Körper Energie, welche nicht in Bewegung sind, die aber durch Anziehung oder Abstossung eine Kraft der Bewegung besitzen, welche sich äussern würde, wenn alle Hindernisse beseitigt wären. Nehmen wir zum Beispiel die Schwerkraft, so besitzt ein auf der Oberfläche der Erde liegender Körper, der nicht tiefer fallen kann, keine Energie. Er hat weder Bewegung, noch die Fähigkeit zu einer solchen. Allein wenn derselbe Körper in einer gewissen Höhe über dem Erdboden aufgehängt wird, so hat er die Fähigkeit zur Bewegung, wenn er sie auch vielleicht nicht ausübt. Energie ist für einen solchen Körper möglich, und wir sind überein gekommen, dieselbe potentielle Energie zu nennen. Sie begreift unsere alten „Spannkraften“ in sich. Wir sprechen dann ausserdem von der Erhaltung der Energie, statt Erhaltung der Kraft, und sagen, dass die Summe der potentiellen und dynamischen Energie des materiellen Universums eine constante Quantität ist.

Ein in die Höhe geworfener Körper verbraucht die actuelle Energie des Wurfes und sammelt potentielle Energie. Wenn er die höchste Höhe erreicht hat, ist seine ganze actuelle Energie verbraucht — seine potentielle Energie ist dann ein Maximum. Wenn er zurückkommt, findet eine Wiedermwandlung der potentiellen Energie in actuelle Statt. Ein Pendel besitzt potentielle Energie an der Grenze seiner Schwingung; am niedrigsten Punkte seines Bogens ist seine Energie nur actuell. Ein auf einem Bergabhange ruhender Schneehaufen besitzt potentielle Energie; wenn er sich löst und als Lawine herabstürzt, besitzt er dynamische Energie. Die Tannenbäume an den Bergabhängen haben potentielle

Energie, aber wenn sie durch die Holzrinnen herabschiessen, so verwandelt sich diese in dynamische oder actuelle Energie. Dasselbe lässt sich auf die Berge selbst anwenden. So lange die Felsen, aus welchen die Berge bestehen, auf niedrigere Flächen herabfallen können, besitzen sie potentielle Energie; dieselbe verwandelt sich in actuelle, sobald der Frost ihren Zusammenhang löst und sie der Wirkung der Schwerkraft überlässt. Der Hammer an der grossen Glocke von Westminster besitzt potentielle Energie, wenn er zum Schlagen gehoben ist; fällt er nieder, so wird die Energie zur dynamischen, und nach dem Schlage haben wir das rhythmische Spiel beider Formen in den Schwingungen der Glocke. — Auch bei den molekularen Schwingungen eines erwärmten Körpers findet dasselbe Statt. Ein Atom wird gegen das zunächstliegende gepresst und springt zurück. Allein die äusserste Entfernung dieses Rückpralles ist bald erreicht, die Bewegung der Atome nach dieser Richtung hin wird aufgehalten und für einen Augenblick ist seine Energie nur potentiell. Es wird alsdann mit erhöhter Geschwindigkeit zu seinen Nachbarn zurückgezogen, so dass sich seine Energie durch die Anziehung ganz in dynamische verwandelt. Auch nach dieser Richtung hin wird seine Bewegung schliesslich aufgehalten, und für einen Augenblick ist seine Energie abermals nur potentiell. Es zieht sich abermals zurück, verwandelt durch Abstossung seine potentielle Energie in dynamische, bis die letztere ihr Maximum erreicht, worauf sie sich abermals in potentielle verwandelt. Demnach gilt dasselbe Gesetz für die Erde, wenn sie sich in ihrer jährlichen Reise rings um die Sonne schwingt, wie für ihr kleinstes Atom. Auf diese Weise greift Rad in Rad und Rhythmus in Rhythmus.

Wenn ein Körper erwärmt wird, findet stets eine

Veränderung der molekularen Anordnung Statt, und um diese Veränderung hervorzubringen, wird Wärme verbraucht. In Folge dessen bleibt immer nur ein Theil der mitgetheilten Wärme als dynamische Energie im Körper. Blicken wir jetzt, da unsere Kenntnisse sich vermehrt haben, auf einige unserer anfänglich aufgestellten Behauptungen zurück, so werden wir die Nothwendigkeit, sie näher zu bestimmen, einsehen. Wenn zum Beispiel zwei Körper zusammen stürzen, so wird Wärme erzeugt, allein die Wärme oder moleculare dynamische Energie, welche im Momente des Zusammenstosses erzeugt wird, ist nicht das Aequivalent der zerstörten sichtbaren Bewegung. Das wahre Aequivalent ist diese Wärme, plus die potentielle Energie, die den Molekeln dadurch mitgetheilt wird, dass sie in grössere Entfernungen von einander gebracht sind. Diese molekulare potentielle Energie wird nachher beim Abkühlen des Körpers in Wärme verwandelt.

Zwei Atome, die im Stande sind, sich durch gegenseitige Anziehung zu vereinigen, bilden, so oft sie getrennt existiren, stets einen Vorrath von potentieller Energie. So bilden unsere Wälder und Kohlenlager einerseits und unser atmosphärischer Sauerstoff andererseits einen ungeheuren, wenn auch keineswegs unendlichen Vorrath von Energie dieser Art. Wir haben ausser unseren Kohlenlagern noch Körper, welche in metallischem Zustande mehr oder weniger sparsam über die Oberfläche der Erde ausgestreut sind. Diese Körper können oxydirt werden und sind deshalb so weit sie reichen Vorräthe von potentieller Energie. Allein die Anziehungen von den meisten Massen der Erdoberfläche sind bereits befriedigt, und von diesen ist keine weitere Energie mehr zu erhalten. In grauer Vorzeit stürzten die elementaren



Bestandtheile unserer Felsen auf einander und erzeugten die Wärmebewegung, welche der Aether aufnahm und durch die Himmelsräume fortführte. Für uns ist dieselbe verloren. Zu jener Zeit brachte der heisse Kampf von Kohlenstoff, Sauerstoff und Calcium die Kreide- und Kalkberge hervor, die nun abgekühlt sind, und von jenem Kohlenstoff, Sauerstoff und Calcium kann keine weitere Arbeit mehr geleistet werden. Und so ist es mit der Mehrzahl der Bestandtheile unserer Erdkruste. Sie haben ihre gegenwärtige Form unter der Gewalt der molekularen Kräfte angenommen, ihre potentielle Energie in dynamische verwandelt und sie an das Universum abgegeben, Jahrtausende, ehe der Mensch auf diesem Planeten erschien. Für diesen bleibt ein Ueberbleibsel an potentieller Energie, der wohl ungeheuer gross ist im Verhältniss zum Leben und den Bedürfnissen des einzelnen Individuums, allein verschwindend klein im Vergleich mit dem ursprünglichen Vorrathe der Erde.

Fassen wir Alles zusammen. Der ganze Vorrath von Energie oder Arbeitskraft in der Welt besteht aus Anziehungen, Abstossungen und Bewegungen. Wenn die beiden ersten in der Lage sind Bewegung zu erzeugen, so sind sie Quellen von Arbeit, aber nur in diesem Falle. Wie wir soeben gesagt haben, ist die Anziehung, welche zwischen der Erde und einem von ihrer Oberfläche entfernten Körper stattfindet, eine Quelle von Arbeitskraft; denn der Körper kann durch die Anziehung bewegt werden und indem er zur Erde fällt, kann er Arbeit leisten. Ruht er aber auf der Erdoberfläche, so ist er keine Quelle von Energie oder Arbeitskraft, weil er nicht weiter fallen kann. Obwohl er nun aufgehört hat, eine Quelle von Arbeit zu sein, so wirkt doch die Anzie-

hung der Schwere noch als eine Kraft, welche die Erde und das Gewicht zusammenhält.

Dieselben Bemerkungen lassen sich auf Atome und Moleküle, die sich anziehen, anwenden. So lange eine Entfernung sie trennt, können dieselben, der Anziehung folgend, sich zu einander bewegen, und diese Bewegung kann durch geeignete Vorrichtungen veranlasst werden, mechanische Arbeit zu leisten. Wenn sich zum Beispiel zwei Wasserstoffatome mit einem Sauerstoffatom vereinigen um Wasser zu bilden, so werden die Atome zuerst zu einander hingezogen, sie bewegen sich, sie stürzen zusammen und dann weichen sie, kraft ihrer Elasticität, zurück und schwingen. Dieser schwingenden Bewegung gaben wir den Namen Wärme. Diese Atomschwingung ist aber nur die Weitervertheilung jener durch die chemische Anziehung hervorgebrachten Bewegung, und nur in diesem Sinne kann man sagen, dass die chemische Verwandtschaft in Wärme verwandelt werde. Wir dürfen uns nicht denken, dass die chemische Anziehung zerstört oder in etwas Anderes verwandelt worden sei. Denn die Atome werden auch dann, wenn sie an einander geklammert sind, um ein Wassermolekül zu bilden, durch dieselbe Anziehung, welche sie zuerst zu einander hinzog, zusammengehalten. Wirklich verloren ist nur der Zug durch den Raum, um welchen die Entfernung zwischen den Atomen vermindert wurde.

Ist dieses verstanden, so wird man sofort begreifen, dass die Schwerkraft in diesem Sinne sich in Wärme verwandeln kann und dass sie kein aussenstehendes unwandelbares Agens ist, ebensowenig wie die chemische Verwandtschaft, wie man zuweilen behauptet hat. Durch die Ausübung eines gewissen Zuges durch einen gewissen Raum kann ein Körper veranlasst werden, mit

einer gewissen bestimmten Geschwindigkeit gegen die Erde anzuprallen. Hierdurch wird Wärme entwickelt und in diesem Sinne allein kann man sagen, dass Schwerkraft in Wärme verwandelt werde. In keinem Falle wird die Kraft, welche die Bewegung hervorbringt, zerstört oder in irgend etwas Anderes verwandelt. Die gegenseitige Anziehung zwischen der Erde und dem Gewichte besteht ebensowohl, wenn sie in Berührung, als wenn sie getrennt sind; allein die Fähigkeit dieser Anziehung, eine Bewegung hervorzubringen, besteht im ersteren Falle nicht.

Das geistige Auge folgt in diesem Falle der Umformung mit Leichtigkeit. Zuerst wird das Gewicht als ein Ganzes in Bewegung gesetzt durch die Anziehung der Schwerkraft. Diese Bewegung der Masse wird durch den Zusammenstoß mit der Erde aufgehalten, indem sie in molekulare Zitterungen zertheilt wird, denen wir den Namen Wärme geben.

Wenn wir den Process umkehren und diese Wärmeschwingungen anwenden um ein Gewicht zu heben, wie das in der Dampfmaschine durch das Hülfsmittel des elastischen Dampfes geschieht, so wird ein gewisser bestimmter Theil der molekularen Bewegung bei der Hebung des Gewichtes zerstört. In diesem und zwar einzig in diesem Sinne kann man sagen, dass Wärme sich in Schwerkraft oder richtiger in die potentielle Energie der Schwerkraft verwandelt. Nicht als ob die Zerstörung der Wärme eine neue Anziehung geschaffen hätte, sondern die alte Anziehung hat einfach eine neue Fähigkeit erhalten, nämlich die, einen gewissen Zug auszuüben in dem Zwischenraume zwischen dem Ausgangspunkte des fallenden Körpers und dessen Zusammenstoß mit der Erde.

Wenn deshalb in Schriften über die Erhaltung der Kraft von „erzeugten“ und „verbrauchten“ Spannkräften die Rede ist, so soll damit nicht gesagt sein, dass die alten Anziehungen vernichtet und neue zu Tage gefördert werden, sondern, dass in dem einen Falle die Fähigkeit der Anziehungskraft, Bewegung hervorzurufen, durch die verringerte Entfernung zwischen den sich anziehenden Körpern vermindert, dieselbe Fähigkeit dagegen in dem andern Falle durch die Zunahme der Entfernung vergrößert wird. Diese Betrachtungen lassen sich auf alle Körper, gleichviel ob sie wägbare Massen oder Moleküle sind, anwenden.

Wir wissen Nichts von der innern Eigenschaft, welche die Materie befähigt, andere Materie anzuziehen; und das Gesetz von der Erhaltung der Kraft stellt über diese Eigenschaft keine Behauptung auf. Es nimmt die That- sachen der Anziehung so an, wie sie sind, und setzt nur die Constanz der Arbeitsgrösse fest. Diese aber kann in der Form von Bewegung oder in der Form von Kraft bestehen, mit einer Entfernung, durch welche hin sie wirkt. Das erste ist dynamische, das zweite potentielle Energie; das Gleichbleiben der Summe von beiden wird durch das Gesetz der Erhaltung behauptet. Die Verwandlungsfähigkeit der Naturkräfte besteht nur in Umformungen der dynamischen in potentielle Energie, und von potentieller in dynamische Energie, wie sie unablässig Statt finden. In keinem andern Sinne hat die Verwandlungsfähigkeit der Kraft bis jetzt eine wissenschaftliche Bedeutung.

II.

---

BETRACHTUNGEN

ÜBER

GEBET UND NATURGESETZ.

---

(Ein Auszug aus „Mountaineering“, 1861, pag. 38.)

---

Aber im stillen Gemach entwirft bedeutende Zirkel  
Sinnend der Weise.

Folgt durch die Lüfte dem Klang, folgt durch den Aether dem Strahl,  
Sucht das vertraute Gesetz in des Zufalls grausenden Wundern,  
Sucht den ruhenden Pol in der Erscheinungen Flucht.

**Schiller.**

## II.

### Gedanken über Gebet und Naturgesetze.

---

Der Anblick der Natur bietet mehr Abwechslung und gewaltigere Eindrücke in der Region der Alpen, als irgendwo sonst. Die Berge mit dem Hintergrunde eines tief blauen Himmels, der Glanz des Firmamentes und der Bergspitzen beim Sonnenauf- und Untergang, die Bildung und Vertheilung der Wolken, die Niederschläge von Hagel, Regen und Schnee, das langsame Gleiten der Gletscher und der jähe Sturz der Lawinen und Bergströme, die Wuth der Stürme; Blitz und Donner mit ihrer gelegentlichen Begleitung von brennenden Wäldern, alles dieses dient dazu, die Gefühle zu erregen und den Sinn zu verwirren. Es scheint fast hoffnungslos, in dieser Verstrickung von Naturerscheinungen nach einem Gesetze oder einem geordneten Zusammenhange zu suchen. Darum führten die Menschen diese unerklärlichen Erscheinungen auf persönliche Ursachen zurück, ehe der Gedanke an Gesetze in ihrem Geiste aufstieg. Der Wilde sah im Sturze eines Wasserfalles den Sprung eines Dämons, und das rollende Echo des Donners war für ihn der Hammerschlag eines zürnenden Gottes. Versuche zur Sühnung dieser schrecklichen Gewalten waren die Folge

dieser Anschauungen, und man fing an, den Dämonen der Erde und des Himmels Opfer darzubringen. Aber nähere Beobachtung reinigte und milderte diese Gemüthsbewegungen und hemmte die phantastischen Vorstellungen, die sich darauf gründeten. Eine Naturerscheinung nach der andern ist auf ihre wahrscheinlichen Ursachen zurückgeführt worden, und der Glaube, dass ein directer, persönlicher Wille in die Oekonomie der Natur eingreife, ist mehr und mehr im Schwinden begriffen. — Gar Manche unter uns fürchten diese Richtung; wir lieben unsern Glauben und unsere Gefühle, und blicken mit Misstrauen auf Anschauungen, die anscheinend darauf hinzielen, die Seele gleichsam auszutrocknen. Wahrscheinlich hat jeder Fortschritt von der früheren Wildheit zu unserer gegenwärtigen Aufklärung mehr oder weniger dieselbe Furcht erregt. Allein in der That ist es durchaus noch nicht als festgestellt zu betrachten, dass die Form, wie diese Vorstellungen jetzt in der Welt erscheinen, für das Leben und die Wärme unserer religiösen Empfindungen nothwendig ist. Wir können im Irrthum sein, indem wir das Ewige mit dem Vergänglichen verknüpfen und die lebendige Pflanze mit dem verwitterten Pfahle verwechseln, um den sie sich schlingt. Es ist jedoch nicht mein Zweck, die Gründe für und wider vorzubringen, sondern ich wünsche nur die gegenwärtige Richtung zu kennzeichnen. Wir haben es aufgegeben, die Mächte der Natur zu versöhnen, haben sogar aufgehört, um solche Dinge zu beten, welche im augenscheinlichen Widerspruch zu den Naturgesetzen stehen; und in protestantischen Ländern wird meines Wissens zugegeben, dass das Zeitalter der Wunder hinter uns liege.

Die Frage der Wunder überhaupt wird zur Zeit von anderer geschickterer und sachkundiger Feder behandelt;



wäre dem auch nicht so, meine polemischen Fähigkeiten sind zu beschränkt, als dass ich es wagen dürfte, auf einen Streit über diesen Gegenstand nach allen seinen Beziehungen einzugehen. Allein es giebt einen kleinen aussen liegenden Punkt, der mit der Frage verknüpft ist, und auf welchen ein Jünger der Wissenschaft aufmerksam machen kann, ohne seinen eigenen Grund und Boden zu verlassen.

Im Sommer 1858 traf ich im Gasthause am Fusse des Rhonegletschers einen jungen katholischen Geistlichen von athletischem Körperbau. Nachdem dieser gründlich gefrühstückt und eine Flasche Wein zu sich genommen hatte, theilte er mir mit, dass er heraufgekommen sei, um die „Berge einzusegnen“. Es geschah dies jährlich an diesem Orte. Jahr für Jahr wurde der Allmächtige durch officiële Fürsprecher angefleht, seine meteorologischen Einrichtungen derartig zu treffen, dass die Bewohner des Wallis Schutz und Nahrung für ihre Heerden und Rinder finden möchten. Eine Veränderung im Laufe der Rhone oder eine Vertiefung ihres Bettes wäre damals von unberechenbarem Nutzen für die Bewohner jenes Thales gewesen; der Priester würde sich jedoch geweigert haben, den Allmächtigen zu bitten, dem Flusse einen neuen Ausweg zu öffnen, oder ihn bergan über den Grimselpass nach dem Haslithal und Brienz fließen zu lassen. Dies würde er für ein Wunder gehalten haben, und er war nicht gekommen, den Schöpfer um ein Wunder anzuflehen, sondern um etwas, das seiner Meinung nach innerhalb der Grenzen des Möglichen und Natürlichen lag.

Ein anwesender protestantischer Herr lächelte bei dieser Auseinandersetzung. Er hatte keinen Glauben an den Segen des Priesters, obgleich auch er dieses Gebet der Art

nach verschieden fand von dem Verlangen, etwa einen neuen Ausweg für den Fluss zu öffnen oder das Wasser bergan fließen zu lassen.

In ähnlicher Weise lächeln wir Protestanten über jenen ehrlichen Tyroler Geistlichen, der ein Messopfer auf dem Eise darbrachte, um das Durchbrechen eines Gletscherdammes abzuwehren. Der arme Mann erwartete sicherlich nicht, dass das Eis sich in Diamant verwandeln würde, oder dass er die Structur des Eises fester machen könne, damit es dem Drucke des Wassers zu widerstehen vermöchte; noch weniger erwartete er ein Zurückfließen des Stromes nach der Quelle hin, und somit ein Wunder, das ihn von dem Wasser befreien würde. Aber jenseits der Grenzen seiner Kenntnisse lag eine Region, worin der Regen auf eine ihm unbekannt Art erzeugt wird. Er war nicht anspruchsvoll genug, ein Wunder zu verlangen; allein er glaubte fest, dass die Dinge in jenem Wolkenlande ohne jegliches Wunder so eingerichtet werden könnten, dass der Strom, der ihn und seine Gemeinde bedrohte, innerhalb gehöriger Schranken bleibe.

Beide Geistliche richteten sich das, was sie nicht verstanden, ihren Bedürfnissen und Wünschen gemäss ein. Ihre Einbildungskraft arbeitete unbeeinflusst durch eine Kenntniss der Naturgesetze.

Ein ähnlicher Geisteszustand herrschte lange unter den Mechanikern; viele und zuweilen die Geschicktesten unter ihnen waren noch vor hundert Jahren mit der Frage des Perpetuum mobile beschäftigt. Ihr Ziel war eine Maschine zu erfinden, welche Arbeit verrichten sollte, ohne Kraft zu verbrauchen, und Mancher verlor darüber den Verstand. Der Glauben an eine derartige Möglichkeit, deren Erfinder noch den grössten persönlichen Vortheil damit zu verknüpfen hofften, war sehr aufregend,

und ein Versuch, diese Zuversicht zu erschüttern, wurde von den Gläubigen auf das Bitterste empfunden. Allmählig freilich schwand dieser Traum, als man mehr und mehr das wahre Wesen der Mechanik kennen lernte. Man gab es auf, Arbeit aus blossen mechanischen Combinationen erzeugen zu wollen, und dennoch blieb für die Grübler eine Nebelregion, noch dichter als diejenige war, welche die Einbildungskraft des Priesters erfüllte, aus welcher sie noch immer das Perpetuum mobile hervorzuzaubern hofften. Man hielt sich an den geheimnissvollen Vorrath der chemischen Kräfte, wovon Niemand etwas verstand, an Wärme und Licht, Elektrizität und Magnetismus, Kräfte, welche sämmtlich mechanische Bewegung zu erzeugen im Stande sind\*). Hier war die Fundgrube, worin der Edelstein liegen sollte. Der alte Glaube nahm eine veränderte und verfeinerte Gestalt an. Wer weiss, vielleicht mag noch heutigen Tages mancher Nachfolger jener hoffnungsvollen Erfinder sich mit ähnlichen Projecten beschäftigen, wie sie die unklaren Köpfe früherer Zeiten unvollendet liessen.

Und warum sollte ein Perpetuum mobile auch unter modernen Bedingungen unmöglich sein? Die Antwort auf diese Frage ist vermittels des grossen Grundprincipes der neuern Naturwissenschaft gegeben worden, welches das Gesetz von der Erhaltung der Kraft genannt wird. Dieses Princip sagt aus, dass keine Kraft in der Natur zum Vorschein kommen kann ohne den äquivalenten Verbrauch einer andern Kraft; dass die Naturkräfte so mit einander verwandt sind, dass sie sich gegenseitig in einander verwandeln können, allein dass keine neuen Naturkräfte erschaffen werden. Licht geht in Wärme über, Wärme in

---

\*) Siehe Helmholtz, „Wechselwirkung der Naturkräfte“.

Elektricität, Elektricität in Magnetismus und Magnetismus in mechanische Kraft, und diese wieder in Licht und Wärme. Der Proteus verwandelt sich wohl, bleibt selbst aber immer derselbe, und seine Verwandlungen in der Natur (wenn man keine Wunder annehmen will) sind der Ausdruck, nicht von Spontaneität, sondern von physischer Nothwendigkeit. Ein Perpetuum mobile ist also unmöglich, weil es die Erschaffung von Kraft verlangen würde, während das Princip der Erhaltung die unendliche Verwandlungsfähigkeit nicht aber eine neue Erschaffung zulässt.

Es ist eine alte Bemerkung, dass eine Thräne und ein Planet sich nach demselben Gesetze runden. Bei der Anwendung der Naturgesetze existiren die Begriffe von Gross oder Klein nicht. Das eben besprochene Princip lehrt uns also, dass der Südwind, der über die Spitze des Matterhorns weht, eben so festen Gesetzen folgt, als die Erde in ihrem jährlichen Rundgang um die Sonne, und dass der Niederschlag der Dünste in Wolken derselben Nothwendigkeit folgt, als die wiederkehrenden Jahreszeiten. Die Zertheilung des kleinsten Nebels durch besondere Fügung des Höchsten wäre demnach eben so sehr als ein Wunder anzusehen, wie das Zurückströmen der Rhone über die Abgründe der Grimsel nach dem Haslithale und Brienz.

Meiner Ansicht nach ist die Wissenschaft gegenwärtig nicht im Stande zu zeigen, dass der Tyroler Priester oder dessen College im Rhonethal mit ihrem Flehen um gutes Wetter um eine „Unmöglichkeit“ baten; allein die Wissenschaft kann das Ungenügende einer Naturkenntniss darthun, welche ihre Gebete auf dieses enge Gebiet einschränkt, und sie kann öftere „Fehlbiten“ verhindern dadurch, dass sie uns zeigt, dass wir zuweilen um ein Wunder beten, wo wir es nicht beabsichtigen.

Ebenso zeigt sie, dass keine fromme Handlung individueller oder nationaler Demüthigung einen einzigen Regenguss herbeizuführen, oder einen einzigen Sonnenstrahl nach uns hin zu lenken vermag, ohne eine solche Störung in den Naturgesetzen vorauszusetzen, wie sie z. B. ein Zurückströmen des St. Lorenzstromes über den Niagarafall, oder das Stillestehen einer Sonnenfinsterniss wäre.

Diejenigen, welche glauben, dass das Wunderbare noch immer in der Natur wirksam sei, können demnach mit völliger Consequenz sich unseren periodischen Gebeten um schönes Wetter und um Regen anschliessen, während Andere sich davon zurückziehen werden, im Bewusstsein, dass das Zeitalter der Wunder vorüber ist. Und wenn diese letzteren einer Rechtfertigung bedürfen, so können sie geradezu sagen, dass die letzten Ergebnisse der Wissenschaft durchaus mit der Lehre des Herrn übereinstimmen: „Er lässt seine Sonne aufgehen über Gerechte und Ungerechte, und sendet seinen Regen über die Guten und die Bösen.“ Der Sinn dieser Rede ist offenbar, dass die Einrichtungen der Naturereignisse nicht durch religiöse oder moralische Ursachen beeinflusst werden können.

Wenn man die „Macht des freien Willens beim Menschen“ zugiebt, auf die sich Prof. Mansell in seiner vortrefflich geschriebenen Vertheidigung des Wunderglaubens beruft, und wenn man anerkennt, dass das Gebet Veränderungen in der äussern Natur bewirken kann, so folgt daraus nothwendig, dass die Naturgesetze mehr oder weniger vom menschlichen Willen abhängen, und daher wäre keine Folgerung, welche auf der Fortdauer dieser Gesetze beruht, des Vertrauens würdig.

Es ist ein gutes Zeichen für die geistige Gesundheit Englands, dass sich unter seiner Geistlichkeit Viele be-

finden, welche klug genug sind, dies Alles zu begreifen, und die den Muth haben, diesem Wissen gemäss zu handeln. Solche Männer heben den Charakter des Publicums, indem sie den männlichen und intelligenten Kampf gegen die Ursachen von Noth und Krankheit anstatt der trügerischen Zuversicht auf übernatürliche Hülfe unterstützen. Allein ihr Verdienst reicht noch weit über diese örtliche und zeitliche Wirkung hinaus. Sie bereiten dadurch den Geist des Publicums auf Veränderungen vor, die zwar unausbleiblich sind, jedoch dieser Vorbereitung bedürfen, damit sie sich ohne Gewaltsamkeit vollziehen können. Eisen ist stark, und dennoch kann eine eiserne Hülle durch Wasser gesprengt werden, wenn es krystallisirt, und je unbiegsamer das Metall ist, desto schlimmer steht es um dessen Sicherheit. Es giebt Leute unter uns, welche die wissenschaftliche Forschung in feste Bande schliessen möchten, in der Hoffnung, dieselbe hierdurch zu beschränken; in Wahrheit aber giebt man ihr dadurch nur eine explosive Gewalt. Gelüftet uns nach einer Illustration hierzu, so genügt ein Blick auf das moderne Rom. In England fängt man, Dank der freisinnigen Geistlichkeit, an, dem Gedanken an andere geistige Aggregationszustände Raum zu geben, und die Hülle nimmt langsam eine andere, den Forderungen der Zeit angemessenere Form an.

Die nähere Veranlassung zu vorstehendem und dem hierauf folgenden Artikel war folgende. Vor einigen Jahren wurde in England von den geistlichen Behörden einer schlechten Ernte wegen ein Buss- und Betttag angeordnet. Einige Geistliche der anglikanischen Kirche, welche Zweifel in die Weisheit dieser Anordnung setzten, weigerten sich, an jenem Gottesdienste Theil zu nehmen. Sie wurden ob dieses Mangels an Conformität von manchen ihrer Collegen bitter getadelt. Mit Recht oder Unrecht war meine volle Sympathie auf Seiten der Opponirenden, und um ihnen Hülfe zu leisten in ihrem ungleichen Kampfe

liess ich das vorausgegangene Capitel drucken. Einige Zeit danach erhielt ich von einem in der wissenschaftlichen Welt und meines Wissens auch seiner Orthodoxie wegen in der theologischen Welt sehr anerkannten Mann einen Brief, worin meine Aufmerksamkeit auf einen sehr gedankenreichen Artikel über „Gebet und Cholera“ in der Pall Mall Gazette gelenkt wurde. Mein Correspondent fand in jenem Artikel eine befriedigende Antwort auf meine im Jahre 1861 gemachten Bemerkungen. Auch auf mich machte der Geist und Inhalt des Artikels Eindruck, obwohl ich seine Argumente nicht befriedigend fand. Ich äusserte meine Ansicht hierüber in einer Zuschrift an die Redaction. Dieser Brief rief etliche sehr geschickte Antworten hervor und ein zweiter Leitartikel ward dem Gegenstande gewidmet. Als Antwort auf dies Alles wagte ich einen zweiten Brief; weitere Discussionen wurden jedoch durch einen sehr höflichen Brief der Redaction abgeschnitten.

Obyohl einerseits unterbrochen, so wurde die Discussion doch längere Zeit nach anderen Richtungen hin unterhalten. Predigten, Abhandlungen, Artikel erschienen darüber, während gleichzeitig zahlreiche Correspondenzen die theologischen Journale erfüllten. Ich freute mich zu bemerken, dass der Streit mit Ausnahme weniger Fälle, wo natürliche Grobheit durchbrach, mit nicht allzuviel persönlicher Bitterkeit geführt wurde. Was von Strenge an den Tag gelegt wurde, zeigte nur den Ernst der Ueberzeugung an, während im Ganzen das Anstandsgefühl es verhinderte, dass dieser Ernst jemals die Form der Bigotterie einerseits, oder der Schmähung andererseits angenommen hätte.

Wahrscheinlich war es die Erinnerung an jene Streitigkeit, welche einen andern meiner Freunde veranlasste, das ausgezeichnete Werk, welches ich im folgenden Artikel zu kritisiren versucht habe, meiner Beachtung zu empfehlen.

---

III.

---

ÜBER WUNDER

UND

BESONDERE FÜGUNGEN.

---



### III.

## Wunder und besondere Fügungen.

### Eine Kritik.

(Aus der Fortnightly Review. New Series, Vol. 1, p. 645.)

---

Ich bin so glücklich, unter meine Freunde eine erlesene Zahl religiös gesinnter Männer zählen zu dürfen. Ich rede freimüthig über theologische Dinge mit ihnen, theile ihnen ohne Hinterhalt meine Ansichten über ihre Grundsätze mit, und höre meinerseits ihre Kritik meines Standpunktes an.

Bisher fand ich sie stets liebevoll und freisinnig, geduldig im Anhören, und milde in den Antworten; sie wussten immer die Pflichten der Höflichkeit mit dem Ernste der Debatte zu vereinigen. Vor ungefähr einem Jahre erhielt ich von einem dieser Freunde einen Brief, worin er meine Aufmerksamkeit auf den Band der „Bampton Lectures für 1865“ lenkte; weil darin das Problem der Wunder von Herrn Mozley behandelt wird. Schon vorher hatte ich das Werk durch eine geschickte und ausführliche Besprechung desselben in der „Times“ theilweise kennen gelernt. In Folge dieses Artikels und jenes Briefes nahm ich nun das Buch vorigen Sommer als

Reisegefährten mit in die Alpen. Während der nur allzuhäufigen nassen und schneereichen Tage des vorigen Sommers und in den Ruhepausen nach anstrengenden Märschen machte ich mich mit dem Inhalte des Werkes gründlich bekannt. Ich fand es klar und kräftig; es war mir ein intellectuelles Stärkungsmittel, das eben so erfrischend und angenehm auf den Geist, wie die reine Bergluft auf den Körper wirkte. Von Zeit zu Zeit schrieb ich meine Gedanken darüber auf, und hoffte dieselben später, sobald meine Zeit es erlauben würde, in ein folgerichtiges Ganzes zusammenzufassen. Andere Pflichten verhinderten jedoch die Ausführung dieser Absicht, und ich veröffentliche heute das, was ich im vorigen Sommer niederschrieb, leider ohne die Hoffnung, diese meine Vertheidigung der wissenschaftlichen Methode in irgend welcher absehbaren Zeit vollständiger machen zu können.

Herr Mozley bespricht im Anfang seines Werkes die Richtung gegen den Wunderglauben, welche sich seit einigen Jahren geltend macht, und welche ihn veranlasste, diesen Stoff zur Bearbeitung zu wählen. Er spricht die Wissenschaft frei von dem Vorwurfe, zu dieser Bewegung viel beigetragen zu haben. Die Abneigung an Wunder zu glauben ist, wie er meint, auch nicht etwa einer eingehenderen Kenntniss der Naturgesetze zuzuschreiben, sondern einfach dem Umstande, dass die Wunder der unverkennbaren und klaren Naturordnung, die wir alltäglich vor Augen haben, zuwider laufen. Herr Mozley hält die gegenwärtige Richtung einfach für eine Folge des grösseren und eindringenderen Ernstes unserer Zeit. Früher nahm man die Wunder ohne Zweifel, weil ohne Reflexion, einfach an; heutzutage ist jedoch das, was Herr Mozley die Anwendung der historischen Einbildungskraft nennt, als ein eigenthümliches Zeichen unserer Zeit hinzugetreten.

Man ist gewöhnt, sich ein lebendiges Bild von geschichtlichen Vorgängen zu machen, und kommt ein Wunder in Sicht, so macht man Halt vor der erstaunlichen Begebenheit, sucht sie sich mit derselben Klarheit vorzustellen, als ob sie sich jetzt vor unseren Augen zutrüge, und fragt sich: „Kann dies geschehen sein?“ Das Bestreben, sich diese Frage zu beantworten, hat bei den Einen zur Verwerfung aller Wunder, bei Anderen aber zur Stärkung ihres Glaubens geführt. Herr Mozley beabsichtigt durch sein Buch zu zeigen, dass eine solche Stärkung des Glaubens als logische Consequenz aus der Untersuchung der Thatsachen hervorgehen müsse.

Manche Theologen haben versucht, die biblischen Wunder in die Grenzen der natürlichen Ordnung zurückzuführen, allein alle derartigen Bestrebungen weist Herr Mozley als gänzlich verfehlt und unnütz von der Hand. Da seiner Ansicht nach Wunder die **nothwendige** Begleitung einer Offenbarung sind, so giebt ihnen das Abweichen von der natürlichen Ordnung in seinen Augen erst den Werth als thatsächliche Beweise. Gerade durch ihre Abweichung lassen sie auf eine höhere Macht als die Natur, auf einen „persönlichen Willen“ schliessen, und derjenige, dem die wunderwirkende Macht verliehen ist, offenbart sich dadurch als ein Bote von Oben. Ohne diese Beglaubigung hätte ein solcher Bote kein Recht, Glauben zu fordern, auch wenn seine Aussagen in Betreff seiner göttlichen Mission durch ein heiliges Leben unterstützt würden. Aber nicht durch Wunder allein kann oder könnte die Naturordnung gestört werden. Das materielle Universum ist ausserdem noch der Schauplatz von „besonderen Fügungen“. Unter diese zwei Rubriken vertheilt Herr Mozley alles Uebernatürliche. Die ver-

schiedenen Formen des Uebernatürlichen können in einander übergehen, wie die verschiedenen Farben des Regenbogens in einander fließen; es ist zwar nicht immer möglich, die Grenze zwischen den besonderen Fügungen und den Wundern scharf zu ziehen, doch kann der Unterschied zwischen Beiden im Allgemeinen folgendermaßen ausgedrückt werden: eine besondere Fügung kann nur mehr oder weniger wahrscheinliche Voraussetzungen erregen, während es das Wesen des Wunders ist, Beweise für die göttliche Absicht zu geben, nicht nur dieselbe vermuthen zu lassen.

Herr Mozley führt als Beispiele mehrere Begebenheiten an, die er nicht für Wunder, wohl aber für besondere Fügungen hält. „Der Tod des Arius,“ sagt er, „war nicht wunderbar, weil es keiner aussergewöhnlichen göttlichen Einwirkung bedurfte, um den Tod eines Erzketzers gerade an dem Zeitpunkte herbeizuführen, wo dieser Tod besonders vortheilhaft für den rechten Glauben war; allein es war eine besondere Fügung, weil die vernünftige Wahrscheinlichkeit einer solchen vorlag. Das Wunder von der „donnernden Legion“ war aus demselben Grunde eine besondere Fügung, aber kein Wunder; denn das unmittelbare Eintreten eines Regengusses als Antwort auf ein Gebet hat wohl den Anschein, giebt jedoch nicht den Beweis für übernatürliche Einwirkung.“ Die eben angeführten Bemerkungen unseres geehrten Autors erinnerten mich lebhaft an gewisse methodistische Erzählungen aus einer Zeitschrift, welche ich als Knabe gierig zu lesen pflegte. Der Titel derselben war, wenn mein Gedächtniss mich nicht täuscht: „Gottes Vorsehung bewiesen,“ und die wunderbarsten und aufregendsten Errettungen aus Gefahren wurden darin als Folgen des Gebetes dargestellt, während eben so wunderbare Unglücks-

fälle als Beispiele der göttlichen Gerechtigkeit erzählt wurden. In solchen Blättern fand ich auch die Erzählung vom berühmten Samuel Hick, welche hier erwähnt werden darf, da sie eine besondere Classe von Fügungen erläutert, welche in ihrer Beweiskraft den Wundern nahekommen. Es wird von diesem heiligen Manne berichtet — und ich zweifle durchaus nicht an seiner Heiligkeit — dass er kein Mehl gehabt habe, um Brod für das heilige Abendmahl zu backen. Korn und eine Windmühle waren vorhanden, aber kein Wind, um das Korn zu mahlen. Gläubig betete der nie zweifelnde Samuel Hick zum Herrn der Winde, die Flügel bewegten sich und das Korn ward gemahlen, worauf der Wind wieder aufhörte. Nach der theologischen Regel unseres Autors fehlt diesem Falle nur eines Haares Breite, um ein Wunder zu sein, da es einer unmittelbaren Einwirkung der göttlichen Kraft ziemlich ähnlich ist. Allein der Wind konnte auch im gewöhnlichen Laufe der Natur sich erheben, und konnte wieder aufhören. Das Ereigniss bedurfte also keiner aussergewöhnlichen göttlichen Kraftäusserung. Ebenso bemerkt Herr Mozley, dass das Kreuz, welches dem Constantin erschien, als ein Wunder oder als eine göttliche Fügung aufgefasst werden könne, je nach dem Berichte, dem wir Glauben schenken wollen. Sehen wir es als eine bloss meteorische kreuzförmige Erscheinung an, so haben wir wohl ein gewisses Anzeichen, aber noch keinen Beweis für eine übernatürliche Einwirkung.

In dem katholischen Cantone der Schweiz, wo ich mich derzeit aufhalte, und mehr noch im frommen Tyrol sind die Berge besäet mit Opferstöcken, welche allerlei Gegenstände enthalten, als Ausdruck des Dankes für besondere Gnadenfügungen: Beine, Füsse, Arme und Hände aus Gold, Silber, Messing und Holz, je nachdem

irdische Güter es dem dankbaren Gemüthe gestatteten, sein Gefühl der Verpflichtung auszudrücken. Die meisten dieser Dankopfer sind der Jungfrau Maria gewidmet. Es werden damit „besondere Fügungen“ anerkannt, welche der Hülfe der Mutter Gottes zuzuschreiben sind. Herr Mozley, jener methodistische Legendenschreiber und der Tyroler Bauer sind im Grunde eines und desselben Glaubens. Sie nehmen Alle an, dass die Natur, anstatt in ewigem, ununterbrochenem Rhythmus von Ursache und Wirkung einherzuziessen, mittelbar durch den freien menschlichen Willen beeinflusst werden könne. Der menschliche Wille ist eingestandenermaassen machtlos, sofern es sich um eine directe Wirkung auf die Naturerscheinungen handelt, allein er ist so zu sagen die Auslösung, welche durch ihre eigene freie Handlung die göttliche Macht entfesselt. In diesem Sinne also und in dieser Ausdehnung beherrscht der Mensch die Natur.

Wäre dieser Glaube einzig von den materiellen Wohlthaten abhängig, die aus ihm entspringen, so würde er meines Erachtens keine zehn Jahre überdauern. Wir würden sehr bald die objective Thatsache einsehen, dass die Anordnung der Naturerscheinungen von den Tugenden und Fehlern der Menschen durchaus unabhängig ist, dass das Gesetz der Schwerkraft die Gemeinde von Ottery St. Mary eben so gut beim andächtigen Absingen eines Kirchenliedes erdrückte, als es sie inmitten eines mitternächtlichen Gelages erdrückt haben würde. Nicht die äussere Bestätigung giebt diesem Glauben einen so festen Anhalt, sondern die sich oft zu ihm gesellende Wärme, Kraft und Erhebung des Gemüthes. Dieses Gefühl kann aber unter den verschiedensten Formen bestehen, und ist keineswegs auf die anglikanische Kirche, ja nicht einmal auf das Christenthum beschränkt. Es lebt wenn auch vielleicht

in weniger gebildeter Form im Herzen des Methodisten und des Tyrolers, aber gewiss nicht weniger stark als im Herzen des Herrn Mozley. Solche Empfindungen gehören zu den Urkräften der menschlichen Natur. Auch der „Skeptiker“ kann davon erfaßt werden. Im Schlachtenrufe des Muhamedaners kommen sie zu Tage; sie finden andere Gestalt und Farbe in den Jagdgründen des rothen Indianers, und nicht nur die Christen, sondern alle Menschen werden durch dieses Gefühl wie auf einer siegreichen Woge hoch über die Schrecken des Grabes hinweggetragen.

Ein Wunder unterscheidet sich also von einer besondern Fügung hauptsächlich dadurch, dass Ersteres den Beweis liefert, während das Letztere nur auf einer Vermuthung beruht. Schafft man das Element des Zweifels weg, so tritt die Thatsache von der einen Classe des Uebernatürlichen in die andere über: Mit anderen Worten: wenn man von einer besondern Fügung beweisen könnte, dass sie eine besondere Fügung ist, so würde sie aufhören eine solche zu sein und würde zum Wunder werden. Herr Mozley's Meinung hierüber ist vollkommen klar und deutlich. Eine besondere Fügung ist ein zweifelhaftes Wunder. Warum wird aber die Sache nicht beim rechten Namen genannt? Die Benennung „besondere Fügung“ drückt keine Negation aus, während die Negation des Gewisseins eben das besondere Merkmal des Vorganges ist, welches hervorgehoben werden soll. Herr Mozley ist offenbar nicht geneigt, eine Fügung so zu nennen, wie sie seiner Definition nach genannt werden müsste. Anstatt ein zweifelhaftes Wunder zu sagen, sagt er ein unsichtbares Wunder. Er behauptet, der Berührungspunkt zwischen der übernatürlichen Kraft und der Kette der Ursachen liege bei einer besondern

Fügung so hoch über uns, dass er für uns ganz oder theilweise unsichtbar sei, während doch das Wesen einer besondern Fügung gerade darin besteht, dass es ungewiss ist, ob ein solcher Berührungspunkt, sei es nun hoch oder niedrig, überhaupt stattgefunden habe. — Durch die Anwendung seiner nicht ganz richtigen Bezeichnung sucht Herr Mozley eine ernste Gefahr abzuwenden. Für die besonderen Fügungen als Mittel zur Erbauung würde es freilich verhängnissvoll sein, wenn die Seele den Gedanken der Möglichkeit des Zweifels systematisch festhalten müsste. Die angewendete Benennung „unsichtbares Wunder“ dagegen sucht den Glauben zu wecken und zu ermuthigen, der den Beweis ersetzen muss.

Dieser innere Glauben wird zwar anfänglich von Herrn Mozley zu Gunsten äusserer Beweise verworfen, schliesslich wird er aber doch herangezogen, um zu Gunsten der Wunder wichtige Dienste zu thun. So oft die Beweise für ein Wunder ungenügend erscheinen im Vergleiche mit der Thatsache, welche sie feststellen sollen, oder vielmehr so oft die Thatsache so erstaunlich ist, dass kein Beweis dafür genügend wäre, eben so oft appellirt Herr Mozley an die „Gefühle“. Sie sollen die Vernunft dazu drängen, solche Schlüsse anzunehmen, vor denen dieselbe ohne diese Hülfe zurückschrecken würde. — Für alles wirklich Religiöse sind die Gefühle und das Gemüth die richtige Instanz, denn die Religion ist Herzenssache; allein sie sind meiner Ansicht nach nicht der richtige Gerichtshof, der beurtheilen könnte ob einzelne Darstellungen von physikalischen Thatsachen glaubhaft sind oder nicht. Diese Thatsachen können einzig und allein im Lichte des trocknen Verstandes erwogen werden, während wir die Gefühle für solche Fälle vorbehalten wollen, wo es sich um moralische Erhebung,



nicht aber um historische Ueberzeugung handelt. Zudem werden sie in unserm Falle nur deshalb herangezogen, weil der Erfolg ihrer Einwirkung wünschenswerth ist; wäre das Gegentheil der Fall, so würde man sich mit demselben Rechte, wenn auch nach entgegengesetzter Richtung, auf sie berufen.

Auch für den wissenschaftlich geschulten Geist wäre eine solche Lehre gefährlich. Eine Lieblingstheorie, der Wunsch, ein gewisses Resultat entweder festzustellen oder zu vermeiden, kann den Geist in dem Grade einnehmen, dass er unfähig wird, Thatsachen zu beurtheilen. Ich habe Leute gekannt, welche Jahre lang unter einem derartigen Einflusse arbeiteten, unfähig, sich dem verderblichen Zauber zu entziehen. Es stand ihnen eine gewisse, aber unglücklicherweise nicht genügende Anzahl von Thatsachen zu Gebote. Genau demselben Verstandesprocess wie Herr Mozley folgend, ergänzten sie die Data und geriethen in die Irre. Von diesem Augenblicke an war ihr Geist so blind gegen den Widerspruch neuer Thatsachen, dass sie nie mehr der Wahrheit nahe kamen. Wenn diese ungereimte Mischung von Beweis und Glauben selbst dem wissenschaftlich geschulten Verstande gefährlich ist, wie viel mehr dem grossen urtheilslosen Publicum, an das Herr Mozley sich wendet. Er übernimmt die Rolle eines Frankenstein, indem er diese Macht anruft. Das heraufbeschworene Ungeheuer wandert heutzutage in Gestalt der sogenannten spiritualistischen Erscheinungen einher. Ich wiederhole es noch einmal, wo es sich darum handelt, die Seele zu erheben, das moralische Gefühl zu beleben oder das Feuer der Religion zu entzünden, da lässt uns an die Gefühle appelliren; aber gestattet denselben nicht, unsere Berichte zu färben oder unser Urtheil über Berichte von Vorgängen in der sichtbaren Welt zu

beeinflussen. Ein Zeugniß über Naturerscheinungen wird gewöhnlich werthlos, wenn es in eine derartige Gefühlsatmosphäre gehüllt ist; denn hierbei ist die aufrichtigste subjective Wahrheit mit den erstaunlichsten objectiven Irrthümern vereinbar.

Es giebt Fragen, wie z. B. die Abschätzung des moralischen Werthes, bei deren Beantwortung Gefühle und Sympathien unsere besten Führer sind. Aber gerade in diesem Falle, wo die Mitwirkung des Gefühles wirklich von Nutzen ist, läßt Herr Mozley dieselbe nicht zu. Er verlangt geradezu Wunder als Zeugniß für den Charakter und will keinen andern Beweis für die vollkommene Güte Christi anerkennen. „Auch das makelloseste Leben und Verhalten kann nicht als Beweis von der vollkommenen Sündlosigkeit Christi angenommen werden,“ sagt er, „denn die Tugend beruht auf inneren Beweggründen und die Reinheit der inneren Beweggründe kann niemals durch äusserliche Handlungen bewiesen werden.“ Ein Wunder ist wahrlich doch auch eine äusserliche Handlung, und von ihm auf das innere Motiv zurückzuschliessen heisst unserer Logik mehr Zwang anthun, als bei unserer gewöhnlichen Art die Menschen zu beurtheilen der Fall ist. Zwischen der äussern Tugend und dem innern Leben besteht wenigstens moralische Verwandtschaft, aber zwischen dem inneren Leben und einem Wunder besteht gar kein Zusammenhang. Herr Mozley hat nicht denselben Maassstab für den moralischen Werth, wie der Apostel Johannes, der da sagt: „Wer Gerechtigkeit übet, der ist gerecht,“ noch sagt er mit Christus: „An ihren Früchten sollt Ihr sie erkennen; kann man auch Trauben von Dornen ernten, oder Feigen von den Disteln?“ Nein, er sagt mit einem Andern: „Wenn Du der Sohn Gottes bist, so mache, dass diese Steine zu Brod werden.“ Was mich betrifft, so

ziehe ich den Standpunkt Fichte's dem des Herrn Mozley vor. „Der Jesus des Apostel Johannes,“ sagt dieser grosse und gewaltige Denker, „kennt keinen andern Gott, als den wahren Gott, in dem wir Alle sind und leben, und gesegnet werden können, und ausser dem giebt es nur Tod und Vernichtung. Und er beruft sich, und zwar mit Recht, zur Unterstützung dieser Wahrheit nicht auf Verstandesgründe, sondern auf den innern Sinn für praktische Wahrheit im Menschen; indem man nicht einmal einen andern Beweis kennt, ausser diesem innern Zeugnisse, „So Jemand den Willen thut dess, der mich gesendet hat, so wird er wissen, ob meine Lehre von Gott kommt.“

Nehmen wir Herrn Mozley's Maasstab an, womit wir uns jetzt allein beschäftigen, so ist es klar, dass hierbei die Quantität des Wunderbaren für die Schätzung des moralischen Werthes ins Gewicht fällt. Hätte sich Christus z. B. darauf beschränkt, Wasser in Wein zu verwandeln, so hätte Er damit noch nicht die Thaten von Jannes und Jambres erreicht, denn es gehört weniger dazu, eine Flüssigkeit in eine andere, als einen todten Stab in eine lebendige Schlange zu verwandeln. Allein Jannes und Jambres waren nicht fromm, so wird uns gesagt. Wenn demnach Herrn Mozley's Anschauung richtig ist, so muss es einen Punkt geben, auf dessen einer Seite die Wunderkraft Frömmigkeit bedeutet, während sie auf der andern Seite dies nicht thut. Wie ist nun dieser Uebergangspunkt näher zu bestimmen? Er muss irgendwo zwischen den Zauberern und Moses liegen, denn innerhalb dieses Raumes geht die Wunderkraft vom Diabolischen zum Göttlichen über. Diesen Uebergangspunkt jedoch zu finden, und einzusehen, dass eine Kraft durch blosse quantitative Unterschiede ihrer äusseren Wirkungen plötzlich durchweg in ihr Gegentheil verwandelt werden

könne, das ist in der That sehr schwierig. Moses, so wird berichtet, brachte ein grosses Reptil, Jannes und Jambres nur ein kleines zu Stande. Mir wenigstens fehlt die geistige Fähigkeit, welche dazu gehört, um aus diesen Thatsachen die Frömmigkeit des Einen und die Schlechtigkeit der Anderen zu erkennen, und ich befinde mich in derselben Verlegenheit gegenüber der höchsten Aeusserungen von Wunderkraft, die uns berichtet werden. Seien wir ehrlich und redlich mit den Wundern; entweder sie beweisen Frömmigkeit in allen Fällen oder niemals. Wenn Herr Mozley die Heiligkeit Christi deshalb als über alles Andere hinausgehend ansieht, weil Christus Werke that, wie kein Anderer, so müsste Herr Mozley doch consequenter Weise die Werke derjenigen, welche in Jesu Namen Teufel austrieben, als Beweise von einer verhältnissmässigen Heiligkeit gelten lassen. Allein Leute dieser Art werden zum ewigen Feuer verdammt, das für den Teufel und seine Engel bereitet ist. Herrn Mozley's Eifer zu Gunsten der Wunder wird, fürchte ich, seine Religion aufzehren. Die Logik droht hier das Geistige zu ersticken. Ein wahrhaft religiöses Gemüth bedarf keiner Wunder zum Beweis für Christi Güte. Die Worte, welche Er zu Matthäus sprach beim Empfang des Zöllners, bedürfen keines Wunders, um Gehorsam zu erwecken. Es war nichts Uebernatürliches im Spiele, als die Häscher, die gesandt waren, Christus zu ergreifen, vor Ihm zurückwichen und niederfielen. Das Göttliche und Heilige seines Innern bedurfte keiner Wunder, um sogar seine Feinde mit Ehrfurcht zu erfüllen.

In Bezug auf die Mitwirkung des Wunderbaren bei Gründung einer Religion stellt Herr Mozley einen Vergleich zwischen dem christlichen und dem muhamedanischen Glauben auf und verhöhnt den letztern als „irrationell“,

weil die Wunder als Beweise seines göttlichen Ursprungs in dem Glaubensbekenntniss fehlen. Die Religion Muhamed's verbreitete sich jedoch in der Welt, trotz dieses Mangels, und sie beherrschte eine Zeit lang sogar eine grössere Völkerzahl als das Christenthum.

Der Einfluss und die Verbreitung des Christenthums werden jedoch durch Herrn Mozley als „ein immerwährender, ungeheurer und unberechenbarer, praktischer Erfolg“ der christlichen Wunder dargestellt, und er benutzt wirklich diesen Erfolg, um seinen Beweis für das Wunderbare damit zu verstärken. Sein logisches Vorgehen ist hierbei nicht ganz klar. Die Wissenschaft befolgt eine andere Methode; wenn eine Erscheinung sich darbietet, zu deren Entstehung mehrere Elemente beigetragen haben, pflegt man ein Element nach dem andern auszuscheiden, um auf diese Weise schliesslich die wirkliche Ursache aufzufinden. So ist z. B. Wärme mit einer Erscheinung verknüpft, wir scheiden die Wärme aus, allein die Erscheinung bleibt: also ist Wärme nicht die Ursache derselben. Oder aber Magnetismus ist mit einer Erscheinung verknüpft, wir scheiden den Magnetismus aus, allein die Erscheinung bleibt: also ist Magnetismus nicht die Ursache derselben. Demnach, wenn wir nach der Ursache, warum eine Religion sich verbreitet, fragen, ob dies den Wundern oder der geistigen Kraft von ihren Gründern zuzuschreiben ist, so scheiden wir die Wunder aus, und bleibt das Resultat unverändert, so schliessen wir hieraus, dass die Wunder nicht die wirkliche Ursache gewesen sind. Die Religion Muhamed's hat dieses wichtige Experiment für uns gemacht. Sie lebte und verbreitete sich ohne Wunder und es hiesse sich ebenso gut gegen den Geist der Wissenschaft als gegen den gesunden Menschenverstand auflehnen, wenn man trotz dem be-

haupten wollte, das Christenthum habe sich wegen seiner Wunder verbreitet.

Wir haben schon oben mit Nachdruck auf die Ungeheimtheit hingewiesen, die moralische Vortrefflichkeit eines Menschen durch seine Wunderkraft beweisen zu wollen; aber auch nach einer andern Richtung hin ist die Last des Gebäudes, welches Herr Mozley auf die Wunder stützt, zu gross als dass sie sie tragen könnten. Bleibt er seinem Princip getreu, so ist nicht gut abzusehen, wie er einen sicheren Schluss auf die göttliche Natur Christi aus seinen Wundern herleiten will. Er legt grossen Nachdruck auf das, was er „Schlüsse aus der Erfahrung“ nennt, und hat offenbar grosse Freude an der Zerstörung derselben. Er widerlegt diese Schlüsse, und bringt sie von Neuem vor, nur um das Vergnügen zu haben, ihnen immer und immer wieder den Todesstoss zu versetzen. Die Erfahrung, sagt er, kann sich nur mit der Vergangenheit befassen, und so wie wir versuchen, sie auch nur eines Haares Breite über den gegenwärtig erreichten Punkt hinaus zu brauchen, werden wir durch die Vernunft verurtheilt. Es will mir jedoch erscheinen, als ob Herr Mozley sich eben dieser Verurtheilung selbst aussetzte, wenn er aus den Wundern Christi auf eine göttliche und durchaus übermenschliche Kraft schliessen will. Denn welchen logischen Grund hat er für die Behauptung, dass die Wunder des Neuen Testaments die göttliche Kraft offenbaren? Könnten sie nicht die Wirkung einer erweiterten menschlichen Kraft sein? Ein Wunder ist „Etwas, was dem Menschen unmöglich ist“, so lautet seine Definition. Allein woher weiss er denn, dass die Wunder des Neuen Testaments für Menschen unmöglich sind? Er mag suchen so viel er will, er wird keinen andern Grund dafür finden als diesen, dass bis jetzt noch kein Mensch im Stande war, derartiges zu

leisten. Beweist denn die Thatsache, dass noch nie ein Mensch Todte erweckt hat, soviel, dass nie ein Mensch Todte erwecken wird? „Keineswegs,“ müsste Herr Mozley erwidern, „denn dies hiesse die Erfahrung über ihre gegenwärtige Grenze hinaus gebrauchen, und dies erkläre ich für unzulässig“. Es kann also ein Zeitpunkt kommen, wo der Mensch im Stande ist, Todte zu erwecken. Ist dies zugestanden, und ich sehe nicht ein, wie Herr Mozley dieses Zugeständniss vermeiden will, so hört damit die Nothwendigkeit auf, die Göttlichkeit Christi aus seinen Wundern herzuleiten. Höchstens könnte man sagen, dass Christus hierin der Menschheit der Zukunft voraus war; wie eine mächtige Woge zur Fluthzeit hoch oben am Strande eine Spur zurücklässt, welche nach und nach durch die allgemeine Oberfläche des Oceans erreicht wird. Wie wir auch die Sache wenden, wir werden keine andere Gewähr finden für den über alles wichtigen Schluss, dass Christi Wunder seine göttliche Kraft beweisen, als diejenige Begründung, welche Herr Mozley selbst als „einen Strick aus Sand“ bezeichnet, nämlich die Begründung aus der Erfahrung. Unser Autor wäre in derselben Lage, auch wenn er jedes einzelne Wunder, wovon das Neue Testament berichtet, mit eigenen Augen gesehen hätte. Allein er hat dieselben nicht gesehen, und das Dilemma ist darum noch grösser. Er nimmt diese Wunder auf ein Zeugniss hin an. Warum glaubt er diesem Zeugniss? Wie kann er wissen, ob dasselbe nicht auf einer Täuschung beruht; wie kann er sicher sein, dass es nicht sogar ein Betrug ist? Er wird antworten, die Schrift trage den Stempel der Wahrheit und der Nüchternheit an sich, und die Träger dieser Botschaft an die Menschheit hätten dieselbe in vielen Fällen mit ihrem Blute besiegelt. Zugegeben von

ganzem Herzen, aber was beweist dies Alles? Ist nicht Alles von der Thatsache abgeleitet, dass die Menschen, so wie wir sie kennen, ihr Leben nicht hergeben, um Etwas zu bezeugen, was sie für unwahr halten? Beruht nicht der ganze Werth vom Zeugniß der Apostel schliesslich auf unserer Erfahrung von der menschlichen Natur? Es ist klar, dass auch diejenigen, welche behaupteten, die Wunder gesehen zu haben, ihre Folgerung von dem Gesehenen nur auf den Schluss aus der Erfahrung gründeten, und dass auch Herr Mozley seinen Glauben an ihr Zeugniß auf denselben Schluss gründet. Die Schwäche seiner Beweisführung wird erhöht durch diese doppelte Anwendung eines Principes, welches er ausdrücklich für unvernünftig erklärt.

Sein Raisonement ist in der That zweischneidig; während er auf der einen Seite unser Vertrauen in die natürliche Ordnung zerstört, vernichtet er auf der andern die Grundlage, auf welche er selbst die christliche Religion zu stützen sucht.

Herr Mozley geht mit wenig Umständen über den Schluss aus der Erfahrung hinweg, obwohl er im Grunde selbst sich nur auf ihn stützt. Die Energie, womit er ihn umstürzt, ist sogar mit Verachtung gemischt. Wahrscheinlich hatte irgend ein früherer Schriftsteller zu viel Gewicht darauf gelegt und dadurch einen so gewaltsamen Angriff herausfordert. Da er findet, dass es deshalb schwierig ist, an Wunder zu glauben, weil dieselben gegen die Naturordnung verstossen, so macht er sich daran, die Gründe zu prüfen, die wir für den Glauben an diese Ordnung besitzen. Mit einer seltenen logischen Kraft und einem unerschütterlichen Vertrauen auf das eigene Raisonement verwirft er diesen Glauben und zwar in einer Weise, wohlberechnet diejenigen zu erschrecken, welche



wenn auch ohne genügende Untersuchung, doch die Ueberzeugung hegten, dass die Naturordnung unumstösslich sei.

Unser Glaube an die Naturordnung hat aber nach Herrn Mozley nur den Sinn, dass wir glauben, die Zukunft werde der Vergangenheit entsprechen. Er sagt, zu dieser Ueberzeugung sei auch nicht der leiseste rationale Grund vorhanden.

„Wir haben keinen Beweis dafür, fährt er fort, dass irgend eine Ursache in der Natur länger ausdauerte als ihre bestehenden und bekannten Wirkungen, und dass sie fortfahren werde in noch mehr und anderen Fällen als in den bereits vorhandenen zu wirken. Denken wir uns ein bestimmtes physikalisches Phänomen käme zum ersten Male vor. Nach diesem ersten Eintreffen würden wir kaum mehr als eine schwache Erwartung einer Wiederholung hegen. Wiederholte es sich aber doch, so wären wir noch immer weit davon entfernt, auf eine Wiederkehr zu rechnen, sondern sein Ausbleiben würde uns natürlich erscheinen. Träte jedoch die Erscheinung 100 Mal ein, so würden wir kein Bedenken haben, entfernte Personen zur Besichtigung des Phänomens einzuladen, und wenn es Jahrelang sich täglich ereignete, so wäre sein Vorkommen eine Gewissheit, sein Aufhören aber ein Wunder. Welchen Vernunftgrund können wir aber anführen für die Erwartung, dass irgend ein Theil der Naturordnung im nächsten Augenblicke noch derselbe sein werde, der er bisher war, mit andern Worten für den Glauben an die Gleichförmigkeit der Natur? Gewiss keinen einzigen. Man kann es nicht logisch beweisen, denn das Gegentheil von der Wiederholung eines natürlichen Vorganges ist kein Widerspruch. Man kann es nicht einmal wahrscheinlich machen, denn alle Wahr-

scheinlichkeitsschlüsse über den Lauf der Natur sind auf diese angenommene Gleichmässigkeit gegründet, und können deshalb nicht selbst die Grundlage davon sein. Man kann überhaupt keinen Grund für diesen Glauben geben. Er ist ganz grundlos. Er beruht auf keiner vernünftigen Grundlage und kann auf kein vernünftiges Princip zurückgeführt werden.“

„Alles hängt jedoch von diesem Glauben ab, sagt Herr Mozley weiter, jede Fürsorge, die wir der Zukunft gegenüber treffen, jede Vorsichtsmaassregel durch die wir uns zu schützen suchen, jede Vorausberechnung und jede Wahl der Mittel für einen Zweck, setzen diesen Glauben voraus, und doch hat er keinen nachweisbaren Grund für sich, ausser einer Speculation der Einbildungskraft. Er ist nöthig und für die Zwecke des Lebens überaus wichtig, aber er ist rein praktischer Natur und besitzt kein intellectuelles Wesen. Die eigentliche Wirksamkeit des „Principes der Induction“, fährt Herr Mozley fort, des Schlusses aus der Erfahrung, des Glaubens an die Naturordnung, — oder wie auch die Phrase lauten mag, womit wir diesen Instinct bezeichnen —, besteht darin, als praktische Grundlage für die Geschäfte des Lebens und das Treiben der menschlichen Gesellschaft zu dienen.“ Kurz gefasst ist also der Glauben an die Naturordnung ein allgemeiner, allein er ist „ein unverständiger Impuls, von welchem wir keine rationelle Rechenschaft geben können.“ Er ist unserem geistigen Wesen nur deshalb eingefügt, um uns zu veranlassen, die Felder zu pflügen, das Brennmaterial für den Winter zu beschaffen und auf diese Weise der Zukunft entgegen zu gehen; auf die vollkommen willkürliche Annahme hin, dass die Zukunft der Vergangenheit ähnlich sein werde.

„Schritt für Schritt,“ sagt Herr Mozley mit der Em-

phase eines Mannes, der sich seiner festen Stellung bewusst ist, „hat also die Philosophie die Verbindung zwischen dem Naturgesetze und der Vernunft gelöst und dadurch in demselben Verhältniss das Princip des Wunders begünstigt.“ Denn „da dieser Glaube keine Grundlage in der Vernunft hat, so verschwindet damit auch der Grund gegen die Wunder, als seien sie deshalb gegen die Vernunft, weil sie gegen das Naturgesetz verstossen“. Betrachten wir diesen Glaube in seiner wissenschaftlichen Anwendung, wo er einen imponirenden Namen erhält, und das „Princip der Induction“ genannt wird, so bleibt das Resultat auch hier dasselbe. „Das Princip der Induction ist weiter nichts als der unbewusste Instinct, angewendet auf eine wissenschaftlich festgestellte Thatsache. — Die Wissenschaft hat bis zur Thatsache hingeführt, dort aber bleibt sie stehen; und um diese Thatsache in ein Gesetz zu verwandeln kommt ein ganz unwissenschaftliches Princip zur Anwendung; demjenigen ähnlich, welches die gewöhnlichste Naturbeobachtung verallgemeinert.“

Der beredte Vertheidiger der Wunder geht ohne ein Wort über die Resultate der wissenschaftlichen Untersuchung hinweg, als ob sie unfähig wären, einen triftigen Beweis zu Gunsten der Methoden und Principien zu liefern, wodurch diese Resultate erreicht wurden. Hier wie zuvor verwirft er die Probe: „An ihren Früchten sollt Ihr sie erkennen.“ Vielleicht ist es am besten, wenn ich an einigen Beispielen die Art und Weise zeige, wie die Männer der Wissenschaft jenen unvernünftigen Impuls anwenden, den Herr Mozley ihnen zuschreibt; die Anschauung wird es dann klar machen, durch welche heimliche und trügerische Methode sie von der Region der Thatsachen zu der der Gesetze übergehen.

Es war schon vor dem sechszehnten Jahrhundert be-

kannt, dass wenn man eine offene Röhre ins Wasser taucht und einen luftdichten Stempel in derselben hinaufzieht, das Wasser dem Stempel folgt; diese Thatsache hatte zur Construction der gewöhnlichen Pumpe geführt. Die Wirkung wurde zu jener Zeit durch das Axiom „die Natur verabscheut einen leeren Raum“ erklärt. Man wusste damals nicht, dass es eine Grenze giebt, über welche das Wasser nicht hinaufsteigt, bis einst die Gärtner von Florenz das Wasser zu grosser Höhe emporheben wollten und alsdann fanden, dass die Wassersäule sich nicht über 32 Fuss erheben lasse. Alle Kunst der Brunnenmeister konnte hierbei nichts ausrichten. Die Thatsache ward Galilei vorgelegt, und er, verbittert durch die Welt, die seine Wissenschaft nicht freundlich behandelt hatte, soll ironisch geäussert haben, die Natur scheine einen leeren Raum nur bis zur Höhe von 32 Fuss zu verabscheuen. Allein Galilei löste das Räthsel nicht. Sein Schüler Torricelli grübelte darüber und dabei stiegen mancherlei Gedanken in seinem Geiste auf. Es fiel ihm ein, das Wasser könnte möglicherweise in der Röhre durch einen Druck hinaufgetrieben werden, der die äussere Wasserfläche treffe. Aber wo war unter den obwaltenden Umständen ein solcher Druck zu entdecken? Nach vielem Nachdenken kam ihm plötzlich der Gedanke, die Atmosphäre könne vielleicht diesen Druck ausüben, die unfühlbare Luft könne vielleicht Schwere besitzen und eine Wassersäule von 32 Fuss könne vielleicht die richtige Schwere haben, um den Druck der Atmosphäre im Gleichgewicht zu halten.

In diesem Process des Nachdenkens und in seinen Ergebnissen liegt Vieles, was unmöglich zu erklären ist. Wir steigen durch eine Art höherer Eingebung von der fleissigen und klugen Beobachtung der Thatsachen zu den

Principien auf, von denen diese abhängen. Der Verstand ist so zu sagen eine photographische Platte, welche allmählig gereinigt wird durch die Anstrengung, richtig zu denken, und welche erst in diesem gereinigten Zustande die Eindrücke vom Lichte der Wahrheit empfängt. Dieser Uebergang von den Thatsachen zu den Principien nennt man Induction und in ihrer höchsten Form ist sie Inspiration, allein um sicher zu sein muss das innere Bild mit der äusseren Thatsache nachweislich übereinstimmen. Um den Beweis oder Gegenbeweis der Induction zu liefern, müssen wir die Deduction und den Versuch anwenden.

Torricelli dachte folgendermaassen: Wenn eine Wassersäule von 32 Fuss Höhe dem Druck der Atmosphäre das Gleichgewicht hält, so muss eine kürzere Säule von einer schwereren Flüssigkeit dasselbe thun. Nun ist Quecksilber dreizehnmal schwerer als Wasser, also muss, falls meine Induction richtig ist, die Atmosphäre das Quecksilber nur 30 Zoll hoch heben. Hier ist also eine Deduction, welche augenblicklich dem Versuche unterworfen werden kann. Torricelli nahm eine Glasröhre, die ungefähr eine Elle lang an dem einen Ende geschlossen, an dem andern offen war. Er füllte dieselbe mit Quecksilber, schloss das offene Ende mit seinem Daumen, und stellte die umgestürzte Röhre in ein Gefäss mit Quecksilber. Man kann sich denken, mit welchen Gefühlen Torricelli seinen Daumen wegnahm, und welches Entzücken er empfand, als er sah, dass er mit seinen Gedanken eine Thatsache aufgefunden hatte, welche vorher noch keinem menschlichen Auge enthüllt worden war. Die Säule sank, allein auf der Höhe von 30 Zoll hörte sie auf zu sinken, und liess das Torricelli'sche Vacuum über sich stehen. Von dieser Stunde an war die Theorie der Pumpe festgestellt.

Der grosse Pascal folgte Torricelli mit einer weiteren Schlussfolgerung. Er dachte folgendermaassen: Wenn die Quecksilbersäule durch die Atmosphäre getragen wird, so muss die Säule um so tiefer fallen, je höher wir in der Luft emporsteigen, denn um so schwächer wird alsdann der über ihr befindliche Luftdruck sein. Er stieg mit einem Barometer auf den Puy du Dôme und fand, dass die Säule herabsank in dem Maasse, wie er hinaufstieg, und dass sie umgekehrt beim Herabgehen stieg.

Zwischen jener Zeit und unseren Tagen sind Millionen von Versuchen über diesen Gegenstand gemacht worden. Jede Dorfpumpe ist ein dazu geeigneter Apparat. Ueberdies haben Tausende von Pumpen den Dienst verweigert, allein beim Untersuchen des Thatbestandes war entweder die Quelle vertrocknet, oder die Pumpe musste dicht gemacht werden, oder es war ein anderer Mangel am Apparate zu Tage getreten und erklärte den Zufall. In allen derartigen Fällen erwies sich die Geschicklichkeit des Brunnenmachers als das richtige Hülfsmittel. Niemals hat der Druck der Atmosphäre aufgehört, und in Bezug auf die Hebung des Wassers ist Beständigkeit nachgewiesen, als die Regel der Natur. Dasselbe lässt sich in Bezug auf Pascal's Versuch sagen. Seine Erfahrung ist die allgemeine Erfahrung seit jener Zeit geblieben. Man hat Berge erklimmen und ist in Luftballons emporgestiegen, allein es ist noch niemals eine Abweichung von Pascal's Erfahrung vorgekommen. Gleicherweise wie die Pumpen sind auch schon manche Barometer in Unordnung gerathen, allein die Untersuchung hat in allen Fällen die Anomalie auf die Instrumente selbst zurückgeführt und niemals hat ein Aufhören der natürlichen Wirkungen, oder eine Einmischung des Schöpfers auf den Druck der Atmosphäre stattgefunden. Diese Verknüpfung

strenger Logik mit den bestätigenden Thatsachen nennt nun Herr Mozley einen „gedankenlosen Impuls“.

Lassen Sie uns nun in Kürze den Fall von Newton erörtern. Schon vor seiner Zeit hatte man sich mit dem Problem des Sonnensystems beschäftigt. Kepler hatte aus einer grossen Menge von Beobachtungen den allgemeinen Ausdruck für die planetarische Bewegung gefunden, welcher unter dem Namen der „Kepler'schen Gesetze“ bekannt ist. Man hatte wohl bemerkt, dass der Magnet das Eisen anzieht; aber durch eine jener blitzartigen Eingebungen, welche dem menschlichen Geiste das Grosse im Kleinen und das Allgemeine im Besondern offenbaren, kam Kepler darauf, dass die Kraft, mit welcher schwere Körper zur Erde fallen, wohl auch eine Anziehung sein könnte. Newton sann weiter über alle diese Dinge. Er besass die grosse Gabe sinnenden Nachdenkens in hohem Grade. Er konnte die dunkelste Frage so lange betrachten bis sie ihm ganz durchleuchtet erschien. Wie dieses Licht entsteht, das können wir nicht erklären, allein dass es entsteht, ist eine Thatsache. Ich darf wohl hier bemerken, dass die Alten unsere Gabe, über Thatsachen zu grübeln, nur unvollkommen besassen. Sie fanden es zu angenehm, ihrer Phantasie unbegrenzten Spielraum zu lassen, als dass sie viel Zeit damit verbracht hätten, sich zu sammeln und Thatsachen zu ergründen. Daher kommt es, dass Diejenigen, welche ihre Bildung aus dem classischen Alterthum schöpfen, geneigt sind, eine der grössten Kräfte der menschlichen Vernunft zu übersehen, wenn sie sich mit der „Vernunft des Menschen“ abgeben. Newton also ordnete langsam seine Gedanken, oder vielmehr sie stiegen wie eine Reihe von geistigen Geburten aus dem Chaos vor ihm auf, während er seinen Geist „anspannte.“ Er eignete sich die Idee der An-

ziehung an. Allein um diesen Begriff auf das Sonnensystem anzuwenden, war es nöthig die Grösse der Anziehung und das Gesetz von ihrer Veränderung mit der Entfernung zu kennen. Seine Begriffe gingen von den Wirkungen der Erde als Ganzes zu denen ihrer Bestandtheile über, deren Summe das Ganze bildet. Nachhaltiges Denken brachte nach und nach immer klarer die Eingebung zu Tage, dass jedes Theilchen Materie jedes andere Theilchen anzieht mit einer Kraft, welche im umgekehrten Verhältniss des Quadrats der Entfernung sich verändert. Dies ist Newton's berühmtes Gesetz des umgekehrten Quadrates. Hier haben wir die Blüthe und das Resultat seiner Induction; die nächste Frage war nun, wie dasselbe zu beweisen oder umzustossen sei. Newton's erster Schritt in dieser Richtung war, den mathematischen Beweis dafür zu liefern, dass wenn dieses Gesetz der Anziehung das richtige ist, wenn die Erde aus Theilchen zusammengesetzt ist, welche diesem Gesetze gehorchen, so ist die Wirkung einer Kugel von der Grösse der Erde auf einen ausserhalb befindlichen Körper dieselbe, welche ausgeübt würde, wenn die ganze Masse der Kugel auf einen Punkt in ihrer Mitte zusammengezogen würde. Praktisch gesprochen ist also der Mittelpunkt der Erde derjenige Punkt, von welchem aus die Entfernungen zu den Körpern, welche die Erde anzieht, gemessen werden müssen. Es war dies die erste Frucht seiner Deduction.

Newton kannte durch Versuche, welche schon vor seiner Zeit ausgeführt worden waren, die Stärke der Anziehung der Erde an ihrer Oberfläche, d. h. auf 4000 engl. Meilen Entfernung von ihrem Mittelpunkte. Sein Zweck war nun, die Anziehung auf grössere Entfernung zu messen, um auf diese Weise das Gesetz von ihrer Abnahme festzustellen. Allein wie sollte er einen Körper in genügender Entfernung finden? Er hatte keinen



Ballon, und selbst wenn er einen solchen gehabt hätte, so wusste er, dass die damit erreichbaren Höhen zu gering gewesen wären zur Lösung seiner Aufgabe. Was that er nun? Er richtete seine Gedanken auf den Mond, einen Körper, der 240,000 Meilen oder um 60 Halbmesser der Erde von ihrem Mittelpunkte entfernt ist. Er berechnete die Schwere des Mondes und fand, dass sie  $\frac{1}{3600}$  von dem betrug, was sie an der Oberfläche der Erde sein würde. Das war es, was er für seine Theorie brauchte. Ich will hier nicht von dem Stillstand reden, welcher in Newton's Arbeiten nach diesen ersten Berechnungen eintrat, oder von der Selbstverleugnung, womit er dieselben zurückhielt, weil sie nicht ganz mit den Beobachtungen stimmten welche ihm zur Verfügung standen. Newton's Handlungsweise war die normale für einen wissenschaftlichen Geist. Wäre dem nicht so, wären die Männer der Wissenschaft nicht gewohnt, Bestätigung ihrer Theorien zu verlangen, wären sie zufrieden mit dem Unvollkommenen, während das Vollkommene erreichbar ist, so wäre ihre Wissenschaft nicht gleich einer Festung von Demantstein, wie sie das jetzt ist, sondern gleich einer Lehmhütte, welche wenig geeignet wäre, die theologischen Stürme zu ertragen, denen sie von Zeit zu Zeit, sowie eben jetzt, ausgesetzt ist.

So sehen wir, dass Newton ebenso wie Torricelli zuerst die Thatsachen erwog, dieselben mit ausdauerndem Nachdenken aufzuklären suchte, und schliesslich das Wesen der Anziehungskraft erschaute. Aber nachdem er auf diese Weise nach Innen dem Principe nachgegangen war, musste er seine Schritte umkehren, das Princip nach Aussen wenden, und seine Richtigkeit durch die Uebereinstimmung mit der äusseren Natur rechtfertigen. Dies geschah dadurch, dass er die Anziehung der Erde auf den Mond bestimmte.

Und hier möchte ich im Vorübergehen auf einen Punkt aufmerksam machen, der alle Beachtung verdient. Kepler hatte seine Gesetze aus der Beobachtung hergeleitet. Soweit diese Beobachtungen reichten hatten die planetarischen Bewegungen nach diesen Gesetzen stattgefunden, und weder Kepler noch Newton hegten irgendwelchen Zweifel darüber, dass sie fortfahren würden, denselben Gesetzen zu gehorchen. Beide glaubten, dass diese Gesetze sich Jahrtausende hindurch am Himmelsgewölbe bewähren würden. Allein dies genügte noch nicht. Der wissenschaftliche Geist kann sich bei dem blossen Aufzeichnen der Folge in der Natur nicht beruhigen. Es drängt sich die weitere Frage unwiderstehlich auf, woher kommt diese Folge? Wodurch ist das Folgende an das Vorausgehende geknüpft? Der wirklich wissenschaftliche Verstand wird sich nicht beruhigen, ehe er zu den Kräften gelangt ist, wodurch die beobachtete Reihenfolge hervorgebracht wird. So war es bei Torricelli wie bei Newton, und so ist es noch und vorzugsweise bei den wirklich wissenschaftlichen Männern der Gegenwart. Der Gelehrte theilt mit den Unwissenden den Glauben, dass der Frühling auf den Winter, der Sommer auf den Frühling, der Herbst auf den Sommer und der Winter auf den Herbst folgen werde. Allein er weiss ausserdem, — und dieser Kenntniss bedarf er zu seiner geistigen Ruhe, — dass diese Reihenfolge nicht nur andauernd, sondern den Umständen nach nothwendig ist, dass die Schwerkraft, welche ausgeübt wird zwischen der Sonne und einer sich drehenden Kugel, deren Axe zur Fläche ihrer Bahn geneigt ist, die beobachtete Reihenfolge der Jahreszeiten hervorbringen muss. Erst wenn das Verhältniss zwischen den Kräften und den Naturerscheinungen festgesetzt ist, wird das Gesetz der

Vernunft mit dem Naturgesetze übereinstimmen, und erst dann kommt Frieden über den Geist des Forschers.

Die Erwartung einer Gleichheit in den Ablauf der Erscheinungen ist demnach nicht der Grund, worauf der Glaube an die natürliche Ordnung beim Naturforscher beruht. Wenn die Kraft eine andauernde ist, so sind die Erscheinungen nothwendig, ob sie nun etwas Vorausgegangenem ähnlich sind oder nicht. Wenn wir über die Ordnung in der Natur urtheilen wollen, so richtet sich unsere Untersuchung schliesslich auf die Beständigkeit der Kräfte. Von Galilei bis Newton, von Newton bis auf unsere Tage hat mancher eifrige Blick den Himmel durchforscht, und mancher klare Kopf über die Erscheinungen des Sonnensystemes nachgedacht. Dieselben Leute haben auch die Wirkung der Schwerkraft auf der Oberfläche der Erde beobachtet, darüber Versuche und Betrachtungen angestellt. Es hat sich keinerlei Anzeichen gefunden, dass die Wirkung des Gesetzes jemals auch nur für einen Augenblick aufgehoben gewesen wäre. Nichts bekundet, dass der Lauf der Natur jemals durch spontane Einwirkungen gestört worden wäre, oder dass es jemals einen Zustand der Dinge gegeben hätte, welchen man nicht strenge folgerichtig auf den vorausgegangenen Zustand zurückführen könnte. Bei der gegebenen Vertheilung von Materie und den wirkenden Kräften zur Zeit Galilei's konnte der Sachverständige das, was heutzutage geschieht, voraussehen. Wir berechnen Sonnenfinsternisse, ehe sie eintreffen, und finden die Berechnung auf die Secunde genau. Wir bestimmen das Datum von denjenigen, welche in der ersten geschichtlichen Zeit eintraten, und finden, dass unsere Berechnungen und die Geschichte übereinstimmen. Immer und immer wieder hat man Unregelmässigkeiten und Störungen an den Planeten wahr-

genommen, allein man hat sie stets auf Folgerungen eben dieser Gesetze zurückgeführt; niemals aber wurde dadurch eine Unbeständigkeit der Naturgesetze bewiesen. Anstatt die Störungen im Laufe des Uranus auf eine Einmischung des Schöpfers in das Gesetz der Schwerkraft zurückzuführen, stellte der Astronom sich die Frage: Wie kann diese Störung hervorgebracht sein in Uebereinstimmung mit jenem Gesetze? Geleitet durch ein Princip vermochte er den Punkt im Raume festzusetzen, von wo aus die beobachtete Störung ausgehen musste, falls eine Masse von Stoff auf jenem Punkte sich befand. Wir kennen das Resultat. Der praktische Astronom wandte sein Fernrohr nach der Region, welche der theoretische Astronom bereits mit dem Geiste durchforscht hatte, und der Planet Neptun ward an der vorher bestimmten Stelle gefunden. Man wird zugestehen, dass dies ein ganz achtungswerthes Ergebniss ist für einen Impuls, der „auf keinem vernünftigen Boden steht und der auf kein vernünftiges Princip zurückgeführt werden kann“; der ferner keinen „intellektuellen Charakter“ besitzt, welchen die Philosophie vom „Boden der Vernunft“ ausgerottet und in jenes grosse „irrationelle Gebiet“ versetzt hat, welches Herr Mozley zu diesem Zwecke in der bisher undurchforschten Wildniss des menschlichen Geistes gefunden hat.

Der wirkliche Zweck der Induction oder des Glaubens an die Gesetzmässigkeit der Natur besteht nach Herrn Mozley darin: „als praktische Grundlage für die Geschäfte des Lebens und für das Treiben der menschlichen Gesellschaft zu dienen.“ Aber, möchte man fragen, was hat der Planet Neptun, die Streifen des Jupiter oder die Helligkeit um die Pole des Mars mit der menschlichen Gesellschaft zu schaffen? Was geht es die menschliche Gesellschaft an, dass die Sonnenatmosphäre Natrium oder

dass der Nebel des Orion Wasserstoffgas enthalten? Und doch sind neunzehn Zwanzigstel der Kräfte, welche im Dienste des „rein praktischen“ Principes der Induction arbeiten, auf die Erforschung solcher unpraktischer Dinge verwendet worden. Welches praktische Interesse hätte die menschliche Gesellschaft daran, dass die Sonnenflecke eine zehnjährige Periode haben und dass man an einem Magneten, wenn man ihn ein halbes Jahrhundert lang fleissig beobachtet, kleine Bewegungen wahrnimmt, die gleichzeitig mit dem Erscheinen und Verschwinden der Sonnenflecken stattfinden? Und doch würde Edward Sabine ohne Zweifel ein Leben voll geistiger Arbeit für vollkommen belohnt halten, wenn es ihm am Schlusse desselben vergönnt wäre, die Ursache dieser unendlich kleinen Bewegungen zu entdecken.

Die Methode der Induction findet ihre Begründung in der menschlichen Wissbegierde, und diese entsteht ihrerseits im Menschen durch seine Stellung inmitten der ihn umgebenden Erscheinungen, welche er mittelst seines Verstandes auf Gesetzmässigkeit zurückzuführen vermag. Das materielle Weltall bildet das Gegenbild zum Geiste, und ohne das Studium der Gesetze dieses Weltalls wäre die Vernunft niemals zu den höheren Formen des Selbstbewusstseins erwacht. Es ist das Nicht Ich, durch welches das Ich mit Selbstunterscheidungskraft begabt wird. Wir halten es für eine Uebung der Vernunft, den Sinn eines Universum zu erforschen, zu dem wir in dieser Beziehung stehen. Und die Arbeit, welche wir vollbracht haben, ist der richtige Commentar für die Methode, welche dabei angewendet wurde. Ehe man diese Methoden anwendete streifte die zügellose Phantasie durch die Natur und setzte die Erdichtungen abergläubischer Furcht an Stelle des Gesetzes. Jahrtausende lang

hatten Hexerei, Zauberei, Wunder, besondere Fügungen und die „distinctive Vernunft“, um Herrn Mozley's Ausdruck zu gebrauchen, die Welt im alleinigen Besitze; es kam aber weniger als Nichts dabei heraus. Ich sage weniger als Nichts, weil man Diejenigen, die vielleicht auch daraus etwas zu machen gewusst hätten, an ihren Bestrebungen verhinderte. Daher kommt es, dass der Fortschritt in der Naturerkenntniss, welcher während eines einzigen Menschenalters in unserer Zeit des „unverständigen Impulses“ gemacht worden ist, geradezu unendlich genannt werden kann im Vergleiche mit den vorausgehenden Zeitaltern.

Vor wenigen Jahrhunderten hatten die Anhänger von Zauberei und Wunder die ganze Strenge von Herrn Mozley's heutiger Logik auf ihrer Seite, und sie thaten für ihre Zeit, was Herr Mozley für die unsere gethan zu haben sich rühmt, sie reinigten das Feld vom Glauben an die Gesetzmässigkeit der Natur und erklärten Zauberei und Wunder für Dinge, welche auf gewöhnliches Zeugniss hin beurtheilt werden könnten. Das „Princip der Wunder“ hatte freies Spiel unter diesem Schutze, den Erfolg aber kennen wir. In Ermangelung der unerschütterlichen Grundlage von naturwissenschaftlichen Kenntnissen, welche heutzutage auch Laien in England besitzen, liessen sich in früheren Zeiten hervorragende Rechtsgelehrte und andere gebildete Leute zu Thaten hinreissen, deren blosser Erzählung uns heutzutage das Blut in den Adern erstarren macht. Es standen ihnen alle Regeln der juristischen Beweisführung und die ganze Kunst des Kreuz- und Querverhöres zu Gebote, und doch gingen sie systematisch in die Irre und begingen wahre Todsünden gegen die Menschlichkeit. Und weshalb? Weil die Natur einem Zeugenverhör nicht unterworfen werden

kann, sie dieselbe nicht auf andere Weise zu befragen verstanden, von dem „stummen Zeugniß“ der Natur aber Nichts wussten. Ueberall, wo es sich um menschliche Verhältnisse handelte, war das Urtheil jener Richter völlig zuverlässig; lag der Fall aber zwischen dem Menschen und der Natur, so waren sie die blinden Führer von Blinden\*).

Herr Mozley giebt zu, dass es für die Sache der Wunder nicht von Nutzen ist, wenn sie von Unwissenden oder Abergläubischen angenommen wird, „denn es ist nicht schwierig, Solche zu befriedigen, welche nicht untersuchen“. Hingegen betrachtet er es als einen „grossen Erfolg“, dass sie unter den „Gebildeten“ Annahme gefunden habe. Was versteht er unter „Gebildeten“? Sind es etwa Leute, gleich jenen Rechtsgelehrten, Geistlichen und Staatsmännern, deren Erziehung oder „Bildung“ nicht vermochte, sie vor den entsetzlichen eben erwähnten Irrthümern zu bewahren? Oder ist sein Maasstab noch niedriger? die grosse Masse der „Gebildeten“ des Herrn Mozley hat gewiss keinerlei juristische Bildung erhalten, muss demnach vollkommen waffenlos sein gegenüber von Täuschungen, wovor jene juristische Bildung nicht zu schützen vermochte. Aehnlich wie die grosse Mehrzahl unserer heutigen Geistlichen waren jene Männer damals in der Literatur der Griechen, Römer

---

\*) Im Jahre 1664 wurden zwei Frauen zum Tode durch den Strang verurtheilt, und ihr Richter, Sir Matthew Hale, ergriff diese Gelegenheit um zu erklären, dass Hexerei unzweifelhaft vorkäme; denn „Erstens bezeuge es die Schrift, zweitens habe die Weisheit aller Nationen Gesetze dagegen erlassen, ein hinlänglicher Beweis dafür, dass alle Nationen an derartige Verbrechen glaubten“. Sir Thomas Browne, ein berühmter Arzt und Schriftsteller, der als Zeuge aufgerufen wurde, schwor, „er habe die Ueberzeugung, die betreffenden Personen seien behext.“

und Israeliten bewandert; in Bezug auf Naturwissenschaften aber, worauf es hier allein ankäme, waren sie „edle Wilde“ und weiter nichts. Was die Wunder betrifft, so müssen wir zuerst das Gewicht des Negativen kennen, ehe wir dem Positiven irgend welchen Werth zuschreiben; wir müssen den Protest der Natur verstehen lernen, ehe wir es versuchen, die menschlichen Behauptungen daran zu messen. Wir brauchen nur unsere Augen zu öffnen um zu sehen, was ehrenhafte und kluge Männer und Frauen im christlichen 19. Jahrhundert und im 52. Grade nördlicher Breite in Bezug auf Zeugenaussagen zu leisten vermögen. Und derartige Erfahrungen sollten wir berücksichtigen, wenn wir das Zeugniß von Leuten beurtheilen, welche sich eines sonnigeren Klimas und einer reicheren Phantasie erfreuten, und welche keine Ahnung hatten von den Schranken, die die Entdeckungen der Physik der Menschheit auferlegt haben.

Nachdem ich nun Herrn Mozley's Ansichten der Prüfung unterworfen habe, welche sie Seitens des Naturforschers herausfordern, kann ich dieses Buch nicht aus der Hand legen, ohne meine Bewunderung und Hochachtung für das grosse Talent, das es bekundet, auszusprechen. Dass Herr Mozley seinen Zweck nicht erreichte — ich, wenigstens, betrachte ihn als gescheitert —, liegt meiner Ansicht nach daran, dass er die Verhältnisse des materiellen Universums ausschliesslich mit Logik und Phantasie behandeln wollte, ohne die Beobachtung und den Versuch zu Hülfe zu nehmen, ein Schicksal welches alle derartigen auch noch so geschickten Unternehmungen erwartet. Was aber den Styl betrifft, so unterschreibe ich gern eine Charakterisirung desselben, welche die Times am Schlusse einer sehr gelungenen und günstigen Beurtheilung dieses Werkes giebt: „Das Buch zeichnet



sich durchweg durch die ernsteste und strengste Ueberzeugung aus, ohne dass ein einziges hartes oder gereiztes Wort über Andersdenkende darin vorkäme. Diese Milde stammt aber nicht etwa daher, dass der Autor kein Gefühl für die Wichtigkeit der Entscheidung hätte, sondern aus wohlwogener und festbewahrter Selbstbeherrschung und aus dem Alles überragenden sittlichen Gefühle, dass derartige Themata mit unpartheiischer Ruhe behandelt werden müssen.“

---

\*) Herr Mozley hat mir die Ehre angethan, eine Antwort auf meine Beweisführung über die Quantität des Wunderbaren im siebenten Bande der „Contemporary Review“ zu veröffentlichen. J. T. 1871.

Siehe die Zusätze am Ende des Buches.

IV.

---

M A T E R I E   U N D   K R A F T .

---

Ein Vortrag für die Arbeiter von Dundee, 5. September 1867.

---

Doch rufen von drüben  
Die Stimmen der Geister,  
Die Stimmen der Meister:  
Versäumt nicht zu üben  
Die Kräfte des Guten.

Hier winden sich Kronen  
In ewiger Stille,  
Die sollen mit Fülle  
Die Thätigen lohnen!  
Wir heissen Euch hoffen.

**Goethe.**

#### IV.

### Materie und Kraft.

---

Es ist Sitte, dass die Professoren der königl. Bergwerkschule in London alljährlich einen Cursus von Abendvorlesungen für Arbeiter halten. Jeder Cursus wird zuvor bekannt gemacht, und zu einer bestimmten Stunde versammeln sich die Arbeiter, um die Eintrittskarten dafür zu lösen. Der Hörsaal fasst 600 Personen, und sind die Eintrittskarten zu demselben eben so schnell vergriffen, als sie den sich Meldenden nur eingehändigt werden können. So begierig sind die Arbeiter von London, diese Vorlesungen zu besuchen, dass die Zahl derjenigen, die keine Karten mehr bekommen, immer bedeutend grösser ist als die der Glücklicheren, welche Einlass finden. In der That zweifle ich nicht, dass, wenn der Saal 2000 Plätze anstatt der 600 enthielte, alle seine Bänke bei diesen Gelegenheiten besetzt sein würden. Ferner sei erwähnt, dass die Vorträge dem Arbeiter bei seinen alltäglichen Beschäftigungen nur selten direkten Nutzen gewähren, und dass die erworbenen Kenntnisse niemals von ihm zum Gelderwerb angewendet werden können. Nur der

Wunsch nach Kenntnissen an und für sich, ohne Hinblick auf deren praktische Verwerthung, beseelt diese Leute. Sie wünschen mehr zu wissen von der wunderbaren Welt, in der sie leben, und ihr Geist begehrt ebenso naturgemäss nach diesen Kenntnissen, als ihr Körper nach Speise und Trank; und um dieses geistige Bedürfniss zu befriedigen, besuchen sie die Vorlesungen in der Bergwerkschule.

Ich habe in London ausserdem noch die Ehre, Vorträge vor einem anderen Zuhörerkreise zu halten, welcher theilweise aus der Aristokratie der Geburt und Stellung besteht, während der vorige ganz aus der Aristokratie der Arbeit zusammengesetzt ist. In Betreff der Aufmerksamkeit und Rücksicht für den Vortragenden, hat keiner dieser Kreise etwas von dem andern zu lernen; keiner kann eine Ueberlegenheit über den andern beanspruchen. Die Arbeiter, welche der Bergwerkschule zuströmen, sind jedoch auch nicht als der Mittelschlag ihrer Klasse zu betrachten, sondern es sind wohl die hervorragenden Leute aus derselben, die Aristokratie der Arbeit, wie ich sie soeben genannt habe.

Immerhin beweist ihr Verhalten, dass die wesentlichen Eigenschaften eines Gentleman nicht auf eine Klasse beschränkt sind, und sie haben oft in meinem Geiste den Wunsch hervorgerufen, dass die Gentlemen aller Klassen, sowohl Arbeiter als Lords, in irgend welcher Weise herausgefunden, und von der grossen Masse der Bevölkerung geschieden werden könnten, um sich gegenseitig besser kennen zu lernen. Als ich vor einigen Monaten von dem Vorstande der British Association aufgefordert wurde, einen Abendvortrag für die Arbeiter von Dundee zu halten, kamen mir natürlicher Weise meine unter den Londoner Arbeitern gesammelten Erfahrungen in den Sinn, und obgleich mit anderen Pflichten überhäuft,

konnte ich es doch nicht über mich bringen, diesen Auftrag abzulehnen. Bisher hatten die Abendverhandlungen der Association nur in Gegenwart der Mitglieder stattgefunden. Aber nach der Versammlung von Nottingham, wo unser vormaliger Präsident, Herr Grove, und mein berühmter Freund, Professor Huxley, den Arbeitern auf ihren Wunsch Vorträge gehalten hatten, entstand der Gedanke, mit allen künftigen Versammlungen der British Association einen Vortrag für die Arbeiter der betreffenden Stadt zu verbinden. Ein Beschluss in diesem Sinne wurde der Commission für Vorschläge zugesandt, ward von dieser unterstützt, der Ausschuss der British Association genehmigte die Entscheidung der Commission, und hier bin ich, um ihren gemeinsamen Wünschen nach meinem besten Vermögen nachzukommen.

Sei es nun die Folge einer allmähigen Entwicklung oder die einer ursprünglichen Begabung, die dem Menschen bei seiner Erschaffung zu Theil wurde, wir sehen ihn vor uns, versehen mit einem Geiste, der begierig ist, die Ursachen der Dinge zu wissen, und umgeben von Gegenständen, die ihn zu Fragen veranlassen und den Wunsch nach Erklärung in ihm erregen. Es wird von einem jungen Prinzen auf einer Insel des stillen Oceans erzählt, dass er, als er sich zum ersten Mal in einem Spiegel sah, um denselben herumlief, um zu sehen, wer dahinter stehe. Und so ist es im Allgemeinen mit dem menschlichen Verstande in Bezug auf die Erscheinungen der äusseren Welt. Er wünscht dahinter zu kommen und ihre Ursachen und ihren Zusammenhang kennen zu lernen. Was ist die Sonne, was ist die Erde, was würden wir sehen, wenn wir an den Rand der Erde kämen und darüber hinunterschauten? Was ist die Bedeutung des Donners, des Blitzes, des Hagels, des Regens,

Sturms und Schnees? Solche Fragen kamen auch wohl den ersten Menschen in den Sinn, und nach und nach fand man, dass dieser Drang nach Wissen uns nicht umsonst eingepflanzt sei. Nach vielen Versuchen wurde es klar, dass die Fähigkeiten des Menschen so zu sagen das Gegenbild zu den Thatsachen in der Natur seien und dass innerhalb gewisser Grenzen das Geheimniss des Weltalls dem menschlichen Verstande offen stehe. Man fand, dass der menschliche Geist die Macht besitze, weit über die Grenzen seiner fünf Sinne hinauszudringen; dass die Vorgänge zwischen den Dingen in der sichtbaren Welt von ungesehenen Dingen abhängen, kurz, dass es ausser den Erscheinungen, die für unsere Sinne wahrnehmbar sind, Gesetze, Principien und Processe giebt, die unsere Sinne nicht afficiren, die aber mit dem Geiste, und zwar nur mit ihm, wahrgenommen werden können.

Es giebt zwei Dinge, welche so zu sagen den Stoff zu allem wissenschaftlichen Denken liefern, und die ganze Thätigkeit des wissenschaftlichen Verstandes ist auf die Verbindung und Aussonderung dieser beiden Begriffe, Stoff und Kraft, beschränkt. Newton, erzählt man, sah einen Apfel fallen. Für den gewöhnlichen Verstand bot dieser Vorfall nichts Wunderbares und verursachte keine Frage. Nicht so bei Newton. Er beobachtete die Thatsache; aber eine Seite seiner grossen wissenschaftlichen Natur blieb unbefriedigt durch die blossе Beobachtung. Er suchte nach dem Princip, welches die Thatsache beherrschte. Diese Anekdote mag wahr sein oder nicht, sie zeigt aber, wie ganz alltägliche Vorgänge in der Natur, welche den meisten Menschen als etwas Selbstverständliches klar und einfach vorkommen, dem wissenschaftlichen Manne oft am räthselhaftesten erscheinen. Zu dem Begriff der Materie des Apfels fügte Newton noch den Begriff der

Kraft hinzu, wodurch der Apfel bewegt wurde. Das Fallen des Apfels war die Folge einer gegenseitigen Anziehung zwischen ihm und der Erde. Newton wandte den Begriff dieser Kraft auf Sonnen, Planeten und Monde an und bewies, dass alle Bewegungen dieser Körper die nothwendigen Folgen dieser Anziehungskraft seien.

Newton hatte, wie Sie wissen, einen grossen Vorgänger Namens Johann Kepler der, ein wahrer Arbeiter, die astronomischen Beobachtungen seines Lehrers Tycho Brahe durchrechnete und so herausfand, dass die Planeten sich in der uns jetzt wohlbekannten Weise bewegen. Was die Thatsachen anbelangt, wusste Kepler eben so viel über die Bewegungen der Planeten wie Newton. In der That lehrte Kepler diesem und der Welt im Allgemeinen die auf die Planeten bezüglichen Thatsachen; allein das war nicht genug. Die Frage entstand: Warum muss die Sache so sein? Das war die grosse Frage für Newton und die Lösung derselben war es, die seinen Namen und Ruhm unsterblich gemacht hat. Er bewies, dass die Bewegungen der Planeten so stattfinden müssten, wie sie der Beobachtung nach wirklich stattfanden, weil jedes Massentheilchen im Sonnensystem jedes andere Theilchen mit einer Kraft anzieht, die im Verhältniss der umgekehrten Quadrate der Entfernungen sich ändert. Er zeigte, dass der Mond gegen die Erde, und die Planeten gegen die Sonne fallen, durch die Wirkung derselben Kraft, die den Apfel vom Baume fallen machte. Diese Alles durchdringende Kraft, durch welche das Weltall zusammengelöthet ist, deren Verständniss zu Newton's intellectuellem Frieden nothwendig war, ist die Gravitation. Jede Kraft kann zuletzt auf einen Druck oder Zug in einer geraden Linie zurückgeführt werden, aber ihre Aeusserungen sind so mannigfach und bisweilen so verwickelt,



dass ihre ursprünglichen Bestandtheile gar nicht mehr zu erkennen sind. Diese ihre verschiedenen Aeusserungen haben verschiedene Namen erhalten. Hier z. B. ist ein Magnet frei aufgehängt. Ich bringe das Ende eines zweiten Magneten an das eine Ende desselben: Anziehung ist die Folge. Ich drehe einen der Magneten um: Abstossung erfolgt. Diese Art von Kraft heisst magnetische Kraft. Bei der Schwerkraft haben wir einfache Anziehung, beim Magnetismus finden wir immer Anziehung und Abstossung neben einander, daher ist der Magnetismus eine doppel-sinnige oder, wie man gewöhnlich sagt, eine polare Kraft. Ich halte ein Stück gewöhnlichen Eisens an den Magnet, das Eisen wird selbst vorübergehend zum Magneten und besitzt jetzt die Kraft, anderes Eisen anzuziehen. Und hänge ich mehrere Stücke gleichzeitig daran, so wird nicht bloss der Magnet auf diese, sondern sie werden auch gegenseitig auf einander einwirken.

Dies führt mich zu einem Versuch, der Ihnen einen Begriff davon geben wird, wie sich Körper unter der Einwirkung einer polaren Kraft anordnen. Unterhalb dieser Glasplatte befindet sich ein kleiner Magnet und durch einen optischen Apparat, der mit einer sehr stark leuchtenden Lampe versehen ist, wird nun ein vergrössertes Bild des Magneten auf den Schirm vor Ihnen geworfen. Ich streue Eisenfeilspähne auf das Glas. Sie bemerken jetzt schon eine bestimmte Gruppierung der Eisentheilchen, ihre freie Bewegung ist jedoch durch die Reibung gehindert. Ich klopfe daher auf das Glas, mache dadurch die Theilchen frei, und während ich klopfe, ordnen sie sich in diese schönen Curven. Dieser Versuch soll Ihnen klar machen, dass aus der Wirkung einer polaren Kraft eine bestimmte Anordnung der Theilchen oder eine Art beginnender Structur hervorgehen kann. Wir werden in der Folge

noch viele wunderbare Beispiele derselben ordnenden Wirkung kennen lernen, wenn wir auf die Krystallisationskraft zu sprechen kommen.

Die magnetische Kraft hat hier auf Massentheile eingewirkt, die dem Auge sichtbar sind. Aber es giebt, wie schon erwähnt, zahlreiche Vorgänge in der Natur, die dem körperlichen Auge ganz entgehen und die wir uns mit dem geistigen Auge vorstellen müssen. Die chemischen Prozesse sind Beispiele davon. Langes Nachdenken und vielfaches Experimentiren mit den Stoffen, welche unsere Welt bilden, führten die Naturforscher zu dem Schlusse, dass alle Materie aus Atomen besteht, aus welchen, einzeln oder in Verbindungen, die ganze sichtbare Welt aufgebaut ist.

Die Luft z. B. die wir athmen, ist hauptsächlich eine Mischung der Atome von zwei verschiedenen Substanzen, dem Sauerstoff und dem Stickstoff. Das Wasser, das wir trinken, ist ebenfalls aus zwei Substanzen zusammengesetzt, nämlich aus Sauerstoff und Wasserstoff. Allein es unterscheidet sich von der Luft dadurch, dass die beiden Stoffe nicht mechanisch gemischt, sondern chemisch verbunden sind. In der That üben die Atome des Sauerstoffs und des Wasserstoffs eine ungeheure Anziehungskraft auf einander aus, so dass sie, in hinreichende Nähe gebracht, mit einer beinahe unglaublichen Kraft zusammenstürzen, um eine chemische Verbindung zu bilden. Aber so gross die Kraft ist, mit der sich diese Atome an einander schliessen, wir haben die Mittel, sie wieder von einander zu reissen, und die Art und Weise, wie dies geschieht, möge nun unsere Aufmerksamkeit auf einige Augenblicke in Anspruch nehmen.

In ein Gefäss voll angesäuerten Wassers tauche ich diese beiden Metallstreifen, deren einer aus Zink, der

andere aus Platina besteht; dieselben dürfen sich innerhalb der Flüssigkeit nicht berühren. Ich verbinde nun die beiden oberen Enden der Streifen durch ein Stück Kupferdraht. Der Draht bleibt scheinbar unverändert, aber in Wirklichkeit ist er es nicht. Er ist nun der Canal für Etwas, das wir in Ermangelung eines besseren Namens einen elektrischen Strom nennen, eine Kraft, welche durch den in dem Gefäss vorgehenden chemischen Process erzeugt und unterhalten wird. Worin die innere Veränderung des Drahtes besteht, das wissen wir nicht; aber wir wissen, dass eine Veränderung stattgefunden hat durch die äusseren Wirkungen, die der Draht hervorbringt. Erlauben Sie mir, Ihnen eine oder zwei derselben zu zeigen. Und hier ist es gerathen, mit einer grösseren Kraft zu arbeiten, als man sie von einem einzigen Paar Metallstreifen und einem einzelnen Gefäss mit gesäuertem Wasser erhalten kann. Sie sehen hier eine Reihe von 10 solchen Gefässen, jedes mit seinen beiden Metallen, und ich wünsche die vereinte Kraft aller zehn zu erhalten. Diese Einrichtung nennt man eine Volta'sche Batterie. Ich nehme ein Stück Kupferdraht in die Hand und tauche es in diese Eisenspähne; sie wollen nicht daran hängen bleiben, der Draht hat keinen Einfluss auf die Spähne. Ich benutze nun denselben Draht, um die beiden Enden der Batterie mit einander zu verbinden, und wiederhole denselben Versuch. Jetzt sammeln sich die Eisentheilchen um den Draht und bleiben daran hängen. Dies ist eine der Wirkungen des elektrischen Stromes, der nun durch den Draht geht. Ich unterbreche den Strom, und sogleich fallen die Spähne ab; die Anziehungskraft dauert nur so lange, als der Draht die beiden Enden der Batterie verbindet.

Hier ist ein Stück ähnlichen Drahts, der mit Seide

überspannen ist, um die Berührung seiner verschiedenen Theile zu verhindern. Er ist in Form einer Rolle aufgewickelt, und übt im Augenblicke keinerlei Einwirkung auf diese eisernen Nägel aus; aber nun schalte ich die Rolle in den Draht ein, der die Enden der Volta'schen Batterie verbindet. Es ist keine sichtbare Veränderung in der Drahtrolle vor sich gegangen, aber sie ist nicht mehr das, was sie war. Durch die Anziehungskraft, mit der sie plötzlich versehen ist, zieht sie den Inhalt dieses Nagelkastens an sich. Ich winde einen überspannenen Kupferdraht um dieses gewöhnliche Schüreisen. Jetzt ist das Eisen ohne Einfluss auf die Nägel; aber wenn wir mit dem darum geschlungenen Drahte die beiden Enden der Batterie verbinden, so wird das Schüreisen sofort in einen starken Magneten verwandelt.

Hier sind ferner zwei flache Spiralen einander gegenüber aufgehängt. Sie sind etwa 6 Zoll von einander entfernt. Drehe ich diesen Griff nach einer gewissen Richtung, so geht ein Strom durch beide Spiralen. Sobald dies geschieht, stürzen sie in Folge ihrer gegenseitigen Anziehung plötzlich auf einander. Drehe ich den Griff nach der entgegengesetzten Richtung, so wird die Richtung des Stromes in der einen Spirale „umgekehrt“, wie man den Vorgang nennt, und jetzt fliegen dieselben aus einander, da sie sich nun gegenseitig abstossen. Alle diese Wirkungen rühren von der Kraft her, die wir einen elektrischen Strom nennen, und die wir uns als durch den Draht fließend vorstellen, sobald der Volta'sche Kreis geschlossen ist.

Ich habe gesagt, dass keine sichtbare Veränderung im Draht eintritt, wenn der Strom hindurchgeht. Aber es findet noch eine andere Veränderung statt ausser der, welche Sie gesehen haben. Fassen Sie diese Spiralen an

und Sie werden finden, dass sie warm sind. Lassen Sie mich diese Wärme so steigern, dass sie Ihnen sichtbar wird. Vorn auf dem Tisch befindet sich ein dünner 6 Fuss langer Platinadraht. Leite ich einen Strom aus einer Batterie von 50 Paar Metallplatten hindurch, so wird der Draht, wie Sie sehen, lebhaft rothglühend. Ich verkürze den Draht; nun geht mehr Elektrizität hindurch und das Licht wird intensiver. Jetzt ist es hellgelb, und nun wird es blendend weiss. Das Licht ist so stark, dass der Draht, obgleich er kaum dicker ist als ein Bürstenhaar, den auf den nächsten Bänken Sitzenden etwa so dick wie ein Federkiel und für die Entfernteren so dick wie ein Finger zu sein scheint. Diese Wirkung, die wir Irradiation nennen, wird immer durch ein sehr starkes Licht hervorgebracht. Es ist dies derselbe elektrische Strom, der uns bei einem unserer ersten Versuche das starke Licht lieferte. Die Lampe, die wir benutzten, ist mit Kohlen spitzen versehen, und wenn der elektrische Strom zwischen denselben durchgeht, erhalten wir ein Licht, das beinahe so hell ist wie das der Sonne.

Kehren wir nun zu der Stelle zurück, wo wir den elektrischen Strom zuerst anwendeten — nämlich zu der Stelle, wo von dem Auseinanderreissen der zusammengeschlossenen Atome einer chemischen Verbindung die Rede war. Das Mittel, wodurch wir diese Trennung bewirken, ist auch der elektrische Strom, und ich hoffe, Ihnen Allen seine Wirkung sichtbar zu machen. In diese kleine Zelle, die Wasser enthält, sind zwei dünne Drähte eingetaucht. Durch ein Sonnenmikroskop und das intensive Licht unserer elektrischen Lampe wird ein vergrössertes Bild der Zelle auf den Schirm vor Ihnen geworfen. Sie sehen deutlich die Bilder der Drähte. Und jetzt sende ich aus einer zweiten kleinen Batterie, die

auf diesem Tische steht einen elektrischen Strom von einem Drahte zum anderen. Gasblasen steigen sogleich von jedem derselben auf, und dieses sind die beiden Gase, aus denen das Wasser zusammengesetzt ist. Der Sauerstoff wird immer an dem einen, der Wasserstoff am anderen Drahte frei. Die beiden Gase können einzeln aufgefangen werden, und in der That ist es auch mittels dieser Flaschen geschehen. Bringt man ein brennendes Licht an die eine derselben, so entzündet sich das Gas und giebt sich dadurch als Wasserstoff zu erkennen ein Stück glimmender Holzkohle dagegen, in die andere Flasche gesteckt, geräth darin sofort in die feurigste Gluth und beweist dadurch, dass Sauerstoff in der Flasche enthalten ist. Auf meiner Hand befindet sich eine Seifenblase, in welcher die beiden Gase genau in dem Verhältniss gemischt sind wie im Wasser. Bringe ich ein Licht an die Blase, so hört man einen lauten Knall. Die Gase haben sich mit diesem Knall auf einander gestürzt, ohne jedoch meine Hand zu beschädigen, und wie sie dem Wasser entnommen waren, so ist auch Wasser wieder das Resultat ihrer Vereinigung.

Ich wünsche, dass Sie Alle mit grösstmöglicher Klarheit sehen, was hier stattgefunden hat. Sie müssen erstens festhalten, dass bei Bildung von Wasser das Gewichtsverhältniss des Sauerstoffs und des Wasserstoffs 8 : 1 ist. Acht Unzen Sauerstoff z. B. verbunden mit einer Unze Wasserstoff geben 9 Unzen Wasser. Vergleichen wir aber die Volumina anstatt der Gewichte, so kommen auf zwei Volumina Wasserstoff eines von Sauerstoff, um Wasser zu bilden. Und zwar drücken diese Volumina, und nicht die Gewichte, das Verhältniss aus, in welchem sich die Atome des Wasserstoffs mit denen des Sauerstoffs verbinden. Bei der Verbindung setzen

sich zwei Atome Wasserstoff und ein Atom Sauerstoff zu dem zusammen, was man ein Wassermolekel nennt. Ein jedes dieser Molekel ist eine Verbindung von 3 Atomen, von denen zwei aus Wasserstoff und eines aus Sauerstoff bestehen.

Eine Folge des Zusammenstürzens der Atome ist die Entwicklung von Wärme. Was ist diese Wärme? Wie haben wir sie uns vorzustellen? Ich will versuchen, Ihnen eine möglichst deutliche Antwort auf diese Frage zu ertheilen. Hier sind zwei Elfenbeinkugeln mit zwei kurzen Fäden an demselben Unterstützungspunkte aufgehängt. Ich entferne sie von einander und lasse sie alsdann los. Sie stossen zusammen, prallen jedoch in Folge ihrer Elasticität sogleich wieder von einander ab und ein scharfes klapperndes Geräusch folgt auf ihren Zusammenstoss. Dieser Versuch wird es Ihnen möglich machen, sich ein Paar auf einander prallender Atome vorzustellen. Wir haben zuerst eine Bewegung des einen Atoms gegen das andere — eine Translationsbewegung, wie sie gewöhnlich genannt wird. Wenn aber die Atome sich hinreichend nahe gekommen sind, so erfolgt ein elastischer Rückstoss, die Translationsbewegung hört auf und wird in eine Vibrationsbewegung verwandelt. Dieser letzteren geben wir den Namen Wärme. Man muss also drei Dinge im Gedächtniss behalten: erstens, die Atome selbst; zweitens, die Kraft, mit der sie sich gegenseitig anziehen, und drittens, die aus der Wirkung dieser Kraft hervorgehende Bewegung. Diese Bewegung muss man sich zuerst als Translations-, dann als Vibrationsbewegung vorstellen, und erst wenn die Bewegung die Stufe des Vibrirens erreicht hat, nennen wir sie Wärme, und diese Bewegung bringt die Empfindung der Wärme hervor, wenn sie den Nerven mitgetheilt wird.

Es würde unnütz sein, eine noch mehr ins Einzelne gehende Beschreibung dieser molekularen Bewegung zu versuchen. Nachdem die Atome in diesen Zustand der Erschütterung gebracht sind, müssen sehr verwickelte Bewegungen aus ihrem beständigen Zusammenstoss hervorgehen. Es muss ein wildes Durcheinanderwirbeln unter den Molekeln entstehen. Einige Zeit nach der Vereinigung ist die Bewegung so heftig, dass sie die Molekeln verhindert, sich zusammen zu gesellen. Das Wasser befindet sich einige Zeit im Zustande des Dampfes. Aber wenn der Dampf sich abkühlt, oder mit anderen Worten, wenn seine Bewegung aufhört, vereinigen sich die Wassermolekeln und bilden eine Flüssigkeit. Und nun kommen wir zu einer neuen und wunderbaren Aeusserung der Kraft. Wer das Wasser nur in seinem flüssigen oder dampfförmigen Zustande gesehen hat, würde niemals das Vorhandensein der Kräfte voraussetzen, von denen jetzt die Rede sein wird. Denn so lange die Substanz entweder in flüssigem oder dampfförmigem Zustande bleibt, ist das Spiel dieser Kräfte durchaus verdeckt und verborgen. Aber wenn die Wärme sich allmählig verzieht, bereiten sich die Molekeln, da nun das Hinderniss zu ihrer Vereinigung beseitigt ist, zu neuen Anordnungen und Verbindungen vor. Wie die Eisentheilchen bei unserem Versuche mit dem Magneten, so erhalten die Wassermolekeln anziehende und abstossende Pole, und ordnen sich nun diesen Anziehungen und Abstossungen entsprechend. Auf diese Weise bilden sich feste Krystalle von Wasser, welche wir im gewöhnlichen Leben Eis nennen. Für die Wissenschaft sind diese Eiskrystalle ebenso werthvoll wie der Diamant, ebenso fein gebildet und zart gebaut. Wo keine äusseren Störungen dazwischen kommen, findet keine Unregelmässigkeit in diesem krystallinischen Baue



statt. Durch ihre eigene constructive Kraft setzen sich die Molekeln zusammen mit einer Regelmässigkeit, die weit grösser ist, als sie die menschliche Hand erreichen könnte. Wir übersehen nur zu häufig das Wunderbare, wenn es alltäglich wird. Denken Sie sich die Ziegel und die Steine unserer Stadt mit der Kraft versehen, sich von der Stelle zu bewegen. Stellen Sie sich vor, dieselben zögen sich theilweise an, theilweise stiessen sie sich ab und ordneten sich in Folge dieser Anziehungen und Abstossungen schliesslich zu Strassen und Häusern zusammen. Wäre dies nicht wunderbar? Kaum weniger wunderbar ist jedoch das Spiel der Kräfte, durch welche die Wassermolekeln sich in Krystallplatten formen, wie wir sie in jedem Winter unsere Teiche und Seen bedecken sehen.

Wenn ich Ihnen den fortschreitenden Aufbau dieser molekularen Architektur zeigen könnte, so würde deren Schönheit Sie erfreuen und mit Bewunderung erfüllen. Den umgekehrten Vorgang kann ich Ihnen jedoch wirklich zeigen. Ich will die Molekeln eines Stückes Eis vor Ihren Augen trennen und aus der Art der Trennung können Sie sich einigermaassen die Art der Vereinigung ableiten. Sendet man einen Strahl von unserer elektrischen Lampe durch eine Glasplatte, so wird ein Theil desselben darin aufgehalten und das Glas dadurch erwärmt. Senden wir den Strahl durch eine Eisplatte, so wird ebenso ein Theil desselben absorbirt, aber anstatt das Eis zu erwärmen, bringt die aufgefangene Wärme das Eis innerlich zum Schmelzen. Ich möchte Ihre Aufmerksamkeit gerade auf diese zarte geräuschlose Wirkung des Strahles richten. Ein vergrössertes Bild der Eisplatte wird auf den Schirm hier geworfen: das Licht des Strahles geht frei durch das Eis, ohne es zu schmelzen, und setzt es in den Stand, ein Bild davon zu entwerfen. Die Wärme

des Strahles dagegen wird grösstentheils vom Eise aufgefangen und macht sich nun an das Werk, dasselbe innerlich zu verflüssigen. Bemerken Sie die Sterne, die sich auf der weissen Oberfläche bilden und sich um so mehr ausbreiten, je länger die Wirkung des Strahles anhält. Diese Sterne sind flüssig gewordenes Eis, und jeder derselben hat sechs Strahlen, wie Sie sehen. Allmählig werden sie sechsblättrigen Blüten immer ähnlicher. Unter der Einwirkung der Wärme fallen die Molekeln des Eises in der Art aus einander, dass sie jene schönen Formen zurücklassen. Wir haben hier den Vorgang der Krystallisation umgekehrt. Auf solche Weise und in vollkommener Uebereinstimmung mit diesem sechseckigen Typus nimmt jedes Eismolekel auf unseren Teichen und Seen während des Winterfrostes seinen Platz ein. Um das Wort eines amerikanischen Dichters zu gebrauchen, „die Atome bewegen sich in Melodie“, gleichsam nach der Musik des Gesetzes, welches also den gewöhnlichsten Stoff in der Natur zu einem Wunder von Schönheit macht.

Die Aufgabe der Wissenschaft ist nicht etwa, wie man zuweilen glaubt, das Weltall seiner Wunder und Geheimnisse zu entkleiden, sondern, wie im vorliegenden Falle, an gewöhnlichen Vorgängen das Wunderbare und Geheimnisvolle nachzuweisen. Jene Gebilde, gleich Farrenkräutern, welche an kalten Wintermorgen unsere Fenster zu bedecken pflegen, sind eine weitere Erläuterung derselben Kraft. Hauchen Sie auf eine solche Scheibe, ehe das Zimmer geheizt ist und verwandeln Sie dadurch die feste krystallinische Schicht wieder in Flüssigkeit, und alsdann beobachten Sie die darauf folgenden Erscheinungen. Wenn Sie sich eines gewöhnlichen Vergrößerungsglases bedienen, werden Sie es besser sehen. Nachdem Sie aufgehört haben zu hauchen, scheint die

Masse, die nun der Wirkung ihrer eigenen Kraft überlassen ist, für einen Augenblick lebendig zu werden. Bewegungslinien laufen durch dieselbe, Molekel schliesst sich an Molekel, bis endlich die ganze Schicht aus dem Zustande der Flüssigkeit, durch den der Bewegung, in ihre schliessliche krystallinische Ruhe übergeht.

Ich kann Ihnen etwas Aehnliches zeigen. Ueber ein Stück vollkommen reinen Glases giesse ich ein wenig Wasser, in dem ein Krystall aufgelöst ist. Eine Schicht dieser Lösung haftet an dem Glase, und diese Schicht werde ich nun vor Ihren Augen zum Krystallisiren bringen. Vermittels eines Mikroskopes und einer Lampe wird ein Bild der Glasplatte auf den Schirm geworfen. Der Strahl der Lampe beleuchtet nicht nur das Glas, sondern erwärmt es auch; es erfolgt Verdampfung und in einem bestimmten Momente, wenn die Lösung übersättigt ist, schiessen glänzende Krystallzweige über den Schirm hin. Eine Wandfläche von beinahe 12 Quadratfuss wird nun mit jenen schönen Formen bedeckt. Mit einer anderen Lösung erhalten wir krystallinische Nadeln, die rechts und links federartig mit anderen Nadeln besetzt sind. Von mehreren getrennten Kronen in der Mitte des Gesichtsfeldes schiessen die Nadeln mit zauberhafter Geschwindigkeit nach allen Richtungen weit hinaus. Die Erscheinungen, welche die Wasserschicht auf der Fensterscheibe an einem Wintermorgen zeigt, kommen den soeben gesehenen an Schönheit völlig gleich. In jener formlosen Lösung, wie in jedem Tropfen Wasser, liegt die wunderbare Structurfähigkeit verborgen, und bedarf nur der Beseitigung widerstrebender Kräfte, um in Thätigkeit zu treten.

Unser nächster Versuch über Krystallisation wird Ihnen vielleicht noch erstaunlicher vorkommen als das

soeben Gesehene. Die klare Flüssigkeit, die ich Ihnen hier vorhalte, ist eine Lösung von salpetersaurem Silber — einer Verbindung von Silber und Salpetersäure. Leitet man einen elektrischen Strom durch diese Flüssigkeit, so wird das Silber von der Säure geschieden, wie der Wasserstoff vom Sauerstoff bei einem unserer früheren Versuche, und ich bitte Sie, zu beachten, wie sich das Metall beim allmäligen Freiwerden seiner Molekeln verhält. Das Bild des Gefässes und der beiden Drähte, welche in die Flüssigkeit getaucht sind, erscheinen nun deutlich auf dem Schirme. Wir wollen den Strom schliessen und ihn durch die Flüssigkeit gehen lassen. Aus einem der Drähte beginnt sogleich ein schöner Silberbaum zu sprossen. Aeste von Metall wachsen aus und schattiges Laub belastet die Zweige. Sie sehen hier ein Wachstum, offenbar ebenso wunderbar wie das irgend einer Pflanze, in einer Minute vor Ihren Augen zu Stande kommen. Nehmen Sie an Stelle des salpetersauren Silbers essigsäures Blei, welches aus Essigsäure und Blei zusammengesetzt ist, so sondert der elektrische Strom das Blei von der Säure, und Sie sehen das Metall sich langsam zu schönen Farrenkräutern verzweigen, deren Blätter, wenn sie zu schwer werden, vom Stiele abbrechen und auf den Boden des Gefässes fallen.

Diese Versuche zeigen, dass der gewöhnliche Stoff unserer Erde — „roher Stoff“, wie ihn Dr. Young zu nennen beliebt — beim freien Spiel der Kräfte seiner Atome und Molekeln sich zu Formen gestalten kann, welche mit den schönsten der Pflanzenwelt wetteifern. Und was ist die Pflanzenwelt selbst anders als das Ergebniss eines höchst verwickelten Spieles solcher Molekularkräfte? Hier, wie überall in der Natur, wo Materie sich bewegt, ist eine Kraft vorhanden, welche sie bewegt; und wenn

eine gewisse vegetabilische oder mineralische Structur entsteht, so geschieht auch dies durch die Thätigkeit der Kräfte die zwischen den Atomen und Molekeln wirken. Jene Atome und Molekeln gleichen kleinen Magneten mit Polen, welche sich gegenseitig anziehen und abstossen. Die sich anziehenden Pole vereinigen sich, die abstossenden kehren sich von einander ab, und vegetabilische sowohl als mineralische Formen sind der endliche Ausdruck dieser verwickelten molekularen Bewegung.

Bei der Bildung unserer Blei- und Silberbäume bedurften wir eines Mittels, um die Metalle von den Säuren, mit denen sie verbunden waren, zu trennen. Ein ähnliches Mittel ist in der Pflanzenwelt nöthig. Der feste Stoff, woraus unsere Blei- und Silberbäume gebildet wurden, war am Anfang in einer durchsichtigen Flüssigkeit verborgen; der feste Stoff, woraus unsere Waldungen und Forste bestehen, ist auch grösstentheils in einem durchsichtigen Gase verborgen, welches in kleinen Quantitäten mit der Luft unserer Atmosphäre vermischt ist. Dieses Gas entsteht aus der Verbindung von Kohlenstoff und Sauerstoff und heisst kohlen-saures Gas. Zwei Atome Sauerstoff und ein Atom Kohlenstoff verbinden sich zu einem Molekel kohlen-sauren Gases, welches, wie ich gesagt habe, das Material ist, aus welchem Holz- und Pflanzen-gewebe hauptsächlich entnommen sind.

Die Kohlensäure der Luft wird einem einigermaßen ähnlichen Prozesse unterworfen, wie ihn der elektrische Strom an unseren Blei- und Silberlösungen ausübte und dadurch wird ihre Kohle befreit und als Holzfaser abgesetzt. Mit dem Wasserdampfe der Luft verhält es sich ähnlich; der Wasserstoff wird vom Sauerstoff befreit, und setzt sich in Verbindung mit dem Kohlenstoff nach und

nach in den Geweben des Baumes ab. Der Sauerstoff verliert sich in beiden Fällen in der Atmosphäre. Aber was ist es, das den Kohlenstoff und Wasserstoff aus den Ketten des Sauerstoffes losreißt? Was vertritt in der Natur die Stelle, welche der elektrische Strom bei unseren Versuchen einnimmt? Die Strahlen der Sonne. Die Blätter der Pflanzen saugen sowohl die Kohlensäure als den Wasserdampf der Luft auf. Diese Blätter entsprechen den Gefässen, in welchen die Zersetzung durch den elektrischen Strom stattfand. In den Blättern zersetzen die Sonnenstrahlen sowohl die Kohlensäure als das Wasser und lassen den Sauerstoff beider in die Luft entweichen, während sie dem Kohlenstoff und dem Wasserstoff erlauben, ihrer eigenen Neigung zu folgen. Und gerade wie die molekulare Anziehung beim Silber und Blei ihren Ausdruck in der Bildung jener schönen verzweigten Formen fand, welche wir bei unseren Experimenten gesehen haben, so äussert sich auch die Anziehung der Molekeln des freigeordneten Kohlenstoffes und Wasserstoffes in dem Bau von Gräsern, Pflanzen und Bäumen.

In dem Sturze eines Wasserfalles und dem Rauschen des Windes haben wir Beispiele von mechanischer Kraft; in den chemischen Verbindungen und in der Bildung von Krystallen und Pflanzen Beispiele von molekularer Kraft. Aber bevor ich weiter gehe, möchte ich Ihnen den gegenwärtigen Zustand der Oberfläche unserer Erde in ihrer Beziehung auf Kraft im Allgemeinen klar machen. Sie wissen bereits, wie die Atome von Sauerstoff und Wasserstoff zusammenstürzen, um Wasser zu bilden. Ich hielt es nicht für nöthig, aus einander zu setzen, mit welcher mächtigen mechanischen Kraft sich ihr Vereinigungsprocess vollzieht, nur beiläufig will ich bemerken, dass der Zusammenstoss von 1 Pfund Wasserstoff und 8 Pfund Sauer-

stoff um 9 Pfund Wasserdampf zu bilden mächtiger ist, als der Stoss eines Gewichtes von 1000 Tonnen, welches von einer Höhe von 20 Fuss auf die Erde herab fällt. Damit nun aber die Atome des Sauerstoffs und des Wasserstoffs durch ihre gegenseitige Anziehung eine Geschwindigkeit erlangen können, wie sie dieser enormen mechanischen Wirkung entspricht, muss ein gewisser Abstand zwischen ihren einzelnen Theilchen vorhanden sein. Nur indem sie diesen durchlaufen, können sie eine solche Geschwindigkeit annehmen.

Die Vorstellung, dass die Atome bei ihrer Anziehung von einem Zwischenraume getrennt sind, ist von der höchsten Wichtigkeit für unsere Auffassung des Weltensystems. Denn die Welt kann in zwei Classen von Stoffen getheilt werden, oder vielmehr die Materie der Welt kann unter zwei bestimmte Rubriken gebracht werden. Die erste begreift die Atome und Molekeln, die bereits zusammengestürzt sind und so ihrer gegenseitigen Anziehung genügt haben, die zweite begreift die Atome und Molekeln, die noch nicht zusammengestürzt und deren gegenseitige Anziehungen also noch nicht befriedigt sind. Wir sind aber, um mit Hülfe der Materialien der Erdrinde Triebkraft für die Arbeit von Maschinen oder überhaupt für die Leistung von mechanischer Arbeit zu gewinnen, durchaus nur auf diejenigen Atome und Molekeln angewiesen, deren Anziehungen noch nicht befriedigt sind. Diese Anziehung kann Bewegung hervorbringen, weil ein genügender Zwischenraum zwischen den sich anziehenden Atomen liegt, und gerade diese molekulare Bewegung ist es, die wir in unseren Maschinen nutzbar machen. So können wir durch den Act der Verbindung zwischen Sauerstoff und Wasserstoff Arbeit gewinnen; sind diese aber einmal verbunden und hat die zu ihrer Verbindung nöthige Be-

wegung sich erschöpft, so lässt sich keine weitere Arbeit aus der gegenseitigen Anziehung von Sauerstoff und Wasserstoff gewinnen. Als dynamische Hilfsmittel sind sie todt. Prüfen wir nun die Materialien, woraus die Erdrinde zusammengesetzt ist, so finden wir sie zum grössten Theil aus Stoffen bestehend, deren Atome bereits chemische Verbindungen geschlossen haben, und deren gegenseitige Anziehung befriedigt ist. Granit z. B. ist eines der verbreitetsten Gesteine, und Granit besteht zum grossen Theil aus Kiesel, Sauerstoff, Kalium, Calcium und Aluminium, sämmtlich Substanzen, deren Atome schon lange chemische Verbindungen geschlossen haben und demnach todt sind. Ebenso verbreitet ist der Kalkstein. Dieser besteht aus Kohlenstoff, Sauerstoff und dem Metalle Calcium. Aber auch die Atome dieser Substanzen schlossen vor Zeiten chemische Verbindungen und sind nun todt. In dieser Weise könnten wir alle Stoffe der Erdrinde durchnehmen und uns überzeugen, dass, obwohl sie in früheren Zeitaltern Quellen der Kraft gewesen sind, lange ehe irgend ein Wesen auf der Erde erschien, welches diese Kraft zu benutzen verstand, sie doch jetzt aufgehört haben es zu sein. Lassen Sie uns hier einen Augenblick innehalten, um die in der Welt so verbreitete Meinung, als ob Alles nur zum Nutzen des Menschen erschaffen sei, zu besprechen. Meiner Meinung nach kann nur ein übertriebener Begriff von der eigenen Wichtigkeit im System der Natur zu einer derartigen Ansicht führen. Blumen blühten schon, ehe die Menschen sie sahen, und die Menge der Kraft, die verschwendet wurde, ehe der Mensch sie benutzen konnte, ist ganz unermesslich, verglichen mit der, die für ihn zur Verwendung übrig geblieben ist. Eine gesunde Anschauung in Bezug auf diesen Gegenstand



hat der Dichter, welcher bei der Frage, woher die Alpenrose komme, zur Antwort gab:

Warum du da seist, o Rival der Rose,  
 Das hab ich nie gefragt und nie gewusst,  
 Ich pflegt' in meiner Einsamkeit zu denken:  
 Die Macht, die mich herbrachte, bracht' auch Dich.  
 Emerson.

Es sind noch einige Ausnahmen in diesem Zustande der fertigen Verbindungen, worin die Theilchen der Erdrinde sich grösstentheils befinden, übrig geblieben. Dieselben sind für uns von der höchsten Wichtigkeit, wenn sie auch im Vergleich mit dem ganzen Vorrath, dessen Ueberbleibsel sie sind, nur äusserst unbedeutend erscheinen. Für uns sind sie die Hauptquellen bewegender Kraft. Die weitaus wichtigsten darunter sind unsere Kohlenlager; welche hauptsächlich aus Kohlenstoff, der noch keine chemische Verbindung mit Sauerstoff geschlossen hat, bestehen. Noch ist ein Zwischenraum zwischen den Atomen des Kohlenstoffs und denen des Sauerstoffs, welcher der gegenseitigen Anziehung ihrer Atome Spielraum giebt, um sie in Bewegung zu setzen; unsere Aufgabe beschränkt sich darauf, die aus dieser Anziehung entstehende Bewegung zu benutzen. Sind aber Kohlenstoff und Sauerstoff einmal zusammengestürzt, um Kohlensäure zu bilden, so sind ihre gegenseitigen Anziehungskräfte befriedigt, und, so lange dieser Zustand dauert, sind sie als dynamische Agentien todt. Ein Pfund Kohle bringt bei seiner Verbindung mit Sauerstoff eine Wärmemenge hervor, die, mechanisch verwendet, ein Gewicht von 100 Pfund zu einer Höhe von 4 deutschen Meilen über der Erdoberfläche heben würde. Umgekehrt würde ein Gewicht von 100 Pfund von einer Höhe von 4 deutschen Meilen auf die Erde fallend ebenso eine Wärmemenge erzeugen,

die der Verbrennung von einem Pfund Kohle entspräche. Ueberall, wo Wärme Arbeit leistet, verschwindet Wärme. Die Flinte, welche eine Kugel abschießt, wird weniger erhitzt als eine andere, welche Platzpatronen schießt. Die Wärmemenge, die dem Kessel einer arbeitenden Dampfmaschine zugeführt wird, ist grösser als die, welche bei der Wiederverdichtung des Dampfes, nachdem er die Arbeit geleistet hat, erlangt werden kann; und der Betrag an Arbeitsleistung entspricht genau dem Betrage der fehlenden Wärme.

Wir schaffen jährlich ungefähr 100 Millionen Tonnen Kohlen aus unseren Gruben. Der Betrag an mechanischer Kraft, den diese Quantität Kohle repräsentirt, gränzt an das Fabelhafte. Jedes Pfund Kohle, wenn es im Laufe einer Minute verbrannt wird, würde eine Arbeit von 300 Pferdekraften geben. Wenn 120 Millionen Pferde Tag und Nacht mit ungeschwächter Kraft ein Jahr lang arbeiteten, so würden ihre vereinten Kräfte einen solchen Betrag an Arbeit leisten, dass sie der Wärme, welche wir aus der jährlichen Ausbeute unserer Kohlenlager gewinnen können, gerade äquivalent wäre! Ebenso sind auch unsere Wälder und Forsten Quellen mechanischer Kraft; weil auch sie die Fähigkeit besitzen, sich mit dem atmosphärischen Sauerstoff zu verbinden und weil die molekulare Bewegung, die im Verbindungsprocess hervorgebracht wird, mechanisch verwendet werden kann. Gehen wir nun von der todtten Materie auf die lebendige über, so finden wir, dass die besprochene Quelle bewegender Kraft auch die Quelle aller Muskelkraft ist. Ein Pferd kann Arbeit verrichten, ebenso ein Mensch, allein diese Arbeit ist im Grunde die molekulare Arbeit der Elemente seiner Nahrung und des Sauerstoffs der Luft. Wir athmen dieses Lebensgas ein und bringen es in hinreichende Nähe

zu dem Kohlenstoff und dem Wasserstoff der Nahrung. Ihrer gegenseitigen Anziehung gehorchend verbinden sie sich, und ihre Bewegung gegen einander wird von dem wunderbaren Mechanismus des Körpers derartig benutzt, dass sie in Muskelkraft verwandelt wird.

Durch alle diese Thatsachen zeigt sich ein Grundgedanke, eine Wurzel, aus der sie sämmtlich entspringen. Es ist der alte Satz: Aus Nichts wird Nichts. Weder in der organischen noch in der unorganischen Welt entsteht eine Kraft ohne den Verbrauch einer andern Kraft; weder in der Pflanze noch im Thiere wird Kraft oder Bewegung neu erschaffen. Bäume wachsen allerdings, ebenso wie Menschen und Pferde, und somit wird der Erde fort-dauernd neue Kraft zugeführt. Deren Quelle jedoch ist, wie ich schon sagte, die Sonne. Denn sie ist es, die den Kohlenstoff vom Sauerstoff der Kohlensäure scheidet und ihnen die Möglichkeit giebt, sich neu zu verbinden. Es bleibt sich gleich, ob sie sich in dem Feuer unter einem Dampfkessel oder im thierischen Körper verbinden, ihre Kraft hat denselben Ursprung. In diesem Sinne sind wir Alle „Seelen aus Feuer und Kinder der Sonne“. Und doch müssen wir, wie Helmholtz bemerkt, damit zufrieden sein, unsere himmlische Abstammung mit den niedrigsten lebenden Wesen gemein zu haben. Der Frosch, die Kröte und jene abschreckenden Geschöpfe, der Affe und der Gorilla, ziehen ihre Kraft aus derselben Quelle wie der Mensch.

Möglicherweise sind unter den hier Anwesenden ganz achtungswerthe Leute, welche vor meinen Behauptungen zurückschrecken; vielleicht erschreckt sie daran die offenbare Hinneigung zu dem, was man Materialismus nennt, ein Wort, welches für manche Menschen etwas sehr Schreckliches ausdrückt. Es sollte nur bekannt und zugestanden sein, dass der Physiker, als solcher, reiner

Materialist sein muss. Seine Forschungen beschäftigen sich mit Materie und Kraft, und nur damit. Die Vorgänge, die er zu erforschen hat, sind nothwendige und nicht willkürliche Vorgänge: nämlich die Verwandlung, nicht aber die Erschaffung von Materie und Kraft. Und wie mannigfache Formen Materie und Kraft auch annehmen, in der organischen wie in der unorganischen Welt, in den Kohlenlagern und Wäldern der Erde wie im Gehirn und in den Muskeln der Menschen, der Physiker wird von seinem Recht, sie zu untersuchen, Gebrauch machen. Es ist völlig vergebliche Mühe, zu versuchen, der Forschung über die wirklichen und möglichen Wirkungen von Materie und Kraft eine Grenze zu ziehen. Verlassen Sie sich darauf, wenn ein Chemiker durch die Mischung der richtigen Materialien in einer Retorte oder in einem Schmelztiegel ein Kind zusammensetzen könnte, so würde er es thun. Es giebt auch kein Gesetz der Moral oder der Physik, welches ihm dieses verbieten könnte; seine Forschungen in dieser Richtung sind nur durch seine eigenen Fähigkeiten und durch die Gesetze der Materie und Kraft beschränkt. Ohne Zweifel giebt es Leute, welche in diesem Augenblicke Versuche anstellen über die Möglichkeit, das, was wir „Leben“ nennen aus unorganischen Materialien herzustellen. Lassen wir sie ihre Studien in Frieden betreiben. Nur durch solche Proben werden sie die Grenzen ihrer Macht kennen lernen.

Allein während ich auf diese Weise der freien Forschung das weiteste Feld einräume, während ich als Mann der Wissenschaft mit natürlichem Stolz auf wissenschaftliche Errungenschaften blicke, während ich zugleich die Wissenschaft für den mächtigsten Hebel aller Geistes- cultur und für den wirksamsten Helfer in den materiellen Bedürfnissen der Menschen halte, muss ich doch zwei-

felnd den Kopf schütteln, wenn Sie mich fragen, ob die Wissenschaft das Problem des Universums gelöst hat oder ob sie es vielleicht in unserer Zeit noch lösen wird. Sie erinnern sich vielleicht jener Frage des ersten Napoleon bei Gelegenheit der Expedition nach Egypten, als die Gelehrten, welche daran Theil genommen hatten, in seiner Gegenwart über den Ursprung des Universum sprachen, und das Problem zu ihrer augenscheinlichen Befriedigung lösten. Er blickte zum Sternenhimmel hinauf und sagte: „Sehr gut, meine Herren. Wer aber machte dies Alles“? Jene Frage ist noch immer unbeantwortet und die Wissenschaft versucht es auch gar nicht, sie zu beantworten. Soweit ich die Sache übersehen kann, besitzt auch der menschliche Verstand die Eigenschaften nicht, welche zu der Lösung dieses Problems gehören würden; es übersteigt unsere Kräfte vollkommen. Der menschliche Geist lässt sich mit einem musikalischen Instrumente vergleichen, das eine gewisse Reihe von Tönen umfasst, jenseits welcher nach beiden Seiten hin eine Unendlichkeit des Schweigens liegt. Die Erscheinungen von Materie und Kraft liegen noch innerhalb unseres geistigen Gebiets und so weit dieses sich erstreckt, wollen wir jedenfalls unsere Forschungen treiben. Darüber und darunter und nach allen Seiten jedoch liegt ungelöst das eigentliche grosse Geheimniss des Universum und bleibt für unsere Geisteskräfte auch unlösbar. Fassen Sie nun dieses Geheimniss auf, wie Sie wollen — damit habe ich nichts zu thun. Aber sehen Sie wohl zu, dass Ihre Vorstellung keine unwürdige sei. Knüpfen Sie daran Ihre höchsten und heiligsten Gedanken, allein maassen Sie sich nicht an, mehr darüber wissen zu wollen, als dem Menschen zu wissen gegeben ist. Hüten Sie sich vor Allem davor, in den Erscheinungen dieser materiellen Welt den Ausdruck von göttlichem Wohl-

gefallen oder Missfallen sehen zu wollen. Zweifeln Sie an den Worten derer, die aus dem Sturz des Thurmes von Siloam den Zorn des Herrn gegen die Erschlagenen erkennen wollen. Zweifeln Sie auch an Denen die in Cholera, Rinderpest und schlechten Ernten Zeichen des göttlichen Zornes sehen. Zweifeln Sie an jenen geistlichen Hirten, die in Schottland kürzlich den unglaublichen Grundsatz aufgestellt haben, die Entwerthung der Eisenbahnactien sei eine Folge des Eisenbahnfahrens am Sonntage. Geben Sie es nicht zu, dass man Ihnen das System der Natur verkleinere und zurechtmache mit unwissenden Hypothesen. Wohl mochte der grösste der lebenden Schotten, jener Held des Geistes, der ebenso ein Held des Schlachtfeldes hätte sein können, jene strenge redliche Seele, vor der sich jede ähnlich geartete Natur unseres Insellandes stets als Schuldner fühlen wird, wohl mochte unser edler alter Carlyle, wenn er aus den unermesslichen Gefilden des Denkens in diese höchste der Fragen blickte, einem solchen Dolmetscher der göttlichen Wege mit Verachtung antworten:

Wohl war weise und gross des Universums Erbauer,  
 Er schuf alle die Seelen, Systeme, Planeten, Atome.  
 Nach einem Plane erschuf er die Welten und die Aeonen,  
 Und dieser wäre — o Himmel — die neununddreissig Artikel?

---

V.

---

ANSPRACHE

AN DIE

STUDIURENDEN VON UNIVERSITY COLLEGE

IN

L O N D O N.

---

(Bei der Preisvertheilung in der Faculty of Arts,  
Studienjahr 1868 — 1869.)

---

Selbstachtung, Selbsterkenntniss, Selbstbeherrschung  
Die geben unumschränkte Macht dem Leben.  
Doch nicht nach Macht zu streben (solche Macht  
Stellt sich von selbst ein), sondern frei zu leben  
Nach selbst eignem Gesetz und sonder Furcht,  
Das Rechte thun, weil es das Rechte ist  
Ist Weisheit, und der Folgen nicht zu achten.

**Tennyson.**



## V.

### Ansprache an die Studirenden.

---

Die moderne Philosophie hat sich sowohl früher als neuerdings damit beschäftigt, eine das Wesen des Menschen betreffende Vorstellung zur Klarheit zu bringen: die Vorstellung nämlich von der allmäligen Entwicklung desselben innerhalb der Jahrhunderte. Der Mensch ist kein Geschöpf von gestern; er ist aber auch nicht vor 6000 Jahren entstanden; so viel glaube ich sagen zu können, ohne dieser Ansprache einen irgend wie herausfordernden Charakter zu verleihen. Wie der Mensch entstanden ist, ob aus Stein und Erde, ob aus dunstigem Gas, ob aus dem Sonnenfeuer — das weiss ich nicht. Wäre sein Ursprung ein derartiger, so wäre der Vorgang dieser Umbildung für uns ebenso unerforschlich, als derjenige, von dem die grossartige Legende berichtet: „Und Gott der Herr machte den Menschen aus einem Erdenkloss, und Er blies ihm ein den lebendigen Odem in seine Nase. Und also ward der Mensch eine lebendige Seele.“ So dunkel nun auch des Menschen Ursprung sein mag, sein Wachsthum ist nicht zu leugnen. Bald hier bald da ist

eine kleine Veränderung eingetreten im Laufe der Jahrtausende, und so hat er sich allmählig umgebildet aus dem, was er war, zu dem, was er ist. Man hat schon den Satz ausgesprochen: der Geist des Kindes sei wie ein Blatt weissen Papiere, auf das wir mittelst der Erziehung beliebige Zeichen schreiben können. Allein diese Behauptung bedarf der Einschränkung und Berichtigung. Wenn wir in der Physik eine äussere Kraft auf einen Körper einwirken lassen, in der Absicht, seine Textur zu verändern, und das Resultat vorhersagen wollen, so müssen wir vor Allem wissen, ob die äussere Kraft mit den inneren Kräften des Körpers zusammen wirkt, oder ob sie diesen entgegen arbeitet. Setzt man nun den neugeborenen Menschen den Einflüssen der Erziehung aus, so muss man seine inneren Kräfte auch mit in Anschlag bringen. Er kommt zu uns mit einer Mitgabe von ererbten Fähigkeiten und Neigungen, welche von einer unbestimmten Vergangenheit an eine unbestimmte Zukunft abgesendet werden; er macht seine Reise von der einen zu der andern durch die Erziehung der Gegenwart hindurch. Das Ziel dieser Erziehung ist, oder sollte sein, seinen Fähigkeiten die beste Verwendung anzuweisen, seine Neigungen in eine weise Bahn zu lenken, und durch solche Anleitung seinen Geist mit den Kenntnissen auszustatten, die dazu beitragen können, sein Leben nützlich, schön und edel zu machen.

Auf welche Weise aber lässt sich am besten ein solches Erziehungsresultat erreichen, solche Kenntnisse einflüssen? Zwei Methoden kämpfen um den Vorrang und verlangen unsere Beachtung; die eine ist wohl organisirt und ausgerüstet, da die Arbeit von Jahrhunderten darauf verwendet wurde, um sie zu ihrem gegenwärtigen Zustand von Vollkommenheit zu bringen; die andere ist noch mehr oder weniger chaotisch, klärt sich jedoch von Tag zu Tag

und giebt Zeichen von gewaltiger Kraft, sowohl als Quelle von Kenntnissen wie als Mittel zur Erziehung. Es sind dies die philologische und die naturwissenschaftliche Methode. Ich wünschte, sie stünden sich nicht eifersüchtig gegenüber: nur Bigotterie oder Kurzsichtigkeit bewirken diesen Gegensatz; denn sicherlich wäre es möglich, beiden gleich freien Spielraum zu gewähren. Obschon kaum berechtigt, über diesen Gegenstand eine Meinung auszusprechen, bin ich doch der festen Ueberzeugung, dass das gründliche Erlernen einer Sprache eine geistige Schulung ersten Ranges ist. Für mich war die englische Grammatik das wichtigste Unterrichtsmittel, wenn ich nicht die Discussionen über die Verdienste von Katholicismus und Protestantismus etwa ausnehmen soll. Es war für meinen jungen Kopf eine vortreffliche Schule und auch eine Quelle von unablässiger Freude, in die verwickelten und umgestellten Sätze des „Verlorenen Paradieses“ einzudringen, die Verbindungen des Zeitwortes mit seinem oft entfernten Subjecte, des Relativs mit seinem weit ab liegenden Substantiv, des Objectes mit dem transitiven Verbum, oder der Präposition mit dem von ihr regierten Nomen oder Pronomen aufzusuchen, in das Studium der Veränderungen von Zeit und Modus einzudringen, und die Umkehrungen vorzunehmen, die angestellt werden mussten, um die richtige Construction eines Satzes herauszubringen. Wie glücklich war ich, wenn ich im Stande war, bei irgend einem grossen Schriftsteller Fehler nachzuweisen und ihn so in die Enge zu treiben, dass es keinen Ausweg mehr für ihn gab. Während ich rede, fallen mir etliche von den Sätzen wieder ein, die mich als Knabe beschäftigten, z. B.: „Er, der Ohren hat zu hören, lass ihn hören.“ Hier schwebt das Wort „Er“ in der Luft ohne Verbum, auf das es sich stützt. Ich

spreche hier von der englischen Sprache, weil das Englische von wirklichem Nutzen für mich war; von anderen Sprachen kann ich nicht reden; ihr Einfluss auf mich war kaum merklich. Ich kenne jedoch den Werth des Englischen zu gut, um nicht der Letzte zu sein, die hohe disciplinirende Kraft des richtigen Studiums der alten Sprachen zu leugnen oder auch nur anzuzweifeln. Dieses Studium empfiehlt sich ausserdem durch Vorzüge, welche bereits vorübergehend erwähnt wurden. Durch lange fortgesetzten Gebrauch ist es organisirt und systematisch geregelt worden; als Mittel zur Erziehung der Jugend durch einige der tüchtigsten Geister unseres Landes gehandhabt, hat es in den Leistungen unserer hervorragendsten Männer wirkliche Resultate aufzuweisen.

Welche Mittel besitzen nun die Naturwissenschaften, um auch nur im Entferntesten mit diesem System wetteifern zu können? Ich kann nicht besser antworten, als abermals mit Worten jener grossartigen alten Schöpfungsgeschichte. Die Schrift sagt, indem sie von der Welt und Allem, was darinnen ist, vom Himmel und den Sternen daran, spricht: „Und Gott sah an Alles, was Er gemacht hatte, und siehe da, es war sehr gut.“ Die Wissenschaft aber bietet dem Menschen die Gesammtheit der so angeführten Dinge zum Studium dar. Es giebt ein viel gepriesenes und von Theologen oft citirtes Argument, welches das Universum mit einer Uhr vergleicht. Lassen Sie uns einmal diesen Vergleich praktisch weiter ausführen. Denken Sie sich einen Uhrmacher, der sein Werk vollendet hat und so zufrieden mit dieser Arbeit ist, dass er sie „sehr gut“ nennt. Was wird er damit sagen wollen? Wie werden Sie diese Worte verstehen? Sie werden begreifen, dass er weder von dem Zifferblatt, noch von dem gravirten Deckel daran sprechen will, sondern

vielmehr von den Rädern und Zapfen, den Federn und Steinen des innern Werkes, kurz, von den Eigenschaften und Kräften, welche die Uhr dazu bringen, ihre Aufgabe als Zeitmesser pünktlich zu verrichten. Jemand, der sich bei der Beurtheilung einer Uhr mit der Betrachtung der Aussenseite begnügte, würde damit seine vollkommene Unkenntniss sofort zu erkennen geben. Ich will heute und an dieser Stelle keinen harten Ausspruch thun, allein ich fürchte, dass gar Viele von denen, die gar laut sind im Preise der Werke Gottes, eben diese Werke nur in äusserlicher und oberflächlicher Weise kennen. Die Wissenschaft aber enthüllt ehrfurchtsvoll das innere Werk des Universum, und sie empfiehlt das Studium desselben als ein Unterrichtsmittel, welches der bereitwilligsten Aufnahme würdig wäre.

Das Endziel der Physik ist, die Materie durch Analyse in ihre letzten Theile und Bestandtheile aufzulösen, sie zu ihren einfachsten Kraftäusserungen zu zwingen und dann synthetisch aus diesen Elementen die Welt, wie sie dasteht, zu construiren. Wir sind noch weit von der schliesslichen Lösung des Problems entfernt, und wenn die Lösung kommt, so wird sie mehr in geistiger Einsicht als in factischer Beobachtung bestehen. Obgleich wir nun von dieser vollkommenen geistigen Bemeisterung der Natur noch ferne sind, so haben wir doch weite Regionen davon bereits erobert, und haben das innere Walten und das Spiel ihrer Kräfte kennen gelernt. Wir leben auf einem Ball schwerer Masse, der 8000 engl. Meilen im Durchmesser hat und mit einer Atmosphäre von unbekannter Höhe umhüllt ist. Dieser Ball war einst geschmolzen, dann erstarrte er und wurde endlich durch Wasser äusserlich modellirt. Er besteht aus Substanzen, welche verschiedene Eigenschaften und Wirkungsweisen

zeigen, Eigenschaften, die von unmittelbarem Einfluss auf die Erhaltung der menschlichen Gesundheit und auf ihre Wiederherstellung nach Krankheiten sind, und auf welchen noch überdies das ganze Feld der Industrie beruht. Dem menschlichen Geiste werden dadurch Aufgaben der verschiedensten Art gestellt; manche derselben sind für den Verstand eines Kindes erfassbar, andere aber nehmen die höchsten Geisteskräfte des Naturforschers in Anspruch. Die von uns bewohnte Kugel dreht sich um ihre Achse und bewegt sich durch den Raum. Sie ist nur Eine aus einer grossen Anzahl Anderer, die dasselbe thun. Sie wird erleuchtet durch eine Sonne, welche zwar 20 Millionen Meilen entfernt ist, sich trotzdem in unser Arbeitszimmer bringen und da einer Prüfung unterwerfen lässt. Die Erde hat ihre Winde und Wolken, ihren Regen und Reif, sie hat Licht, Wärme, Schall, Elektrizität und Magnetismus. Sie hat auch ihre Reihe von zahllosen Thieren und Pflanzen. Es ist geradezu staunenswerth, bis zu welcher Ausdehnung der menschliche Geist diese Dinge beherrschen gelernt und die Logik klar gelegt hat, die sich durch dieselben hinzieht. Hätten wir nur die Thatsachen ohne logische Verbindung, so könnte die Wissenschaft als Erziehungsmittel den Vergleich mit der Sprache nicht aushalten. Allein Gesetz durchdringt die ganze Masse der Erscheinungen. Die Thatsachen fassen auf Principien, und der Werth der Physik als Erziehungsmittel besteht gerade darin, dass der Verstand (sowohl in inductiver als in deductiver Weise) den Faden des Gesetzes verfolgt, wie ihn die Erscheinungen hervortreten lassen. Dieselbe Art der Schulung, wie sie in dem Studium der Sprache liegt, ist ebenso und in noch höhern Grade aus dem Studium der Physik zu gewinnen. Ich halte es sogar für möglich, das Studium eines Theiles der Physik so abzugrenzen und

anzuordnen, dass die Geistesanstrengung, die man braucht, um sie in sich aufzunehmen, auch der Art nach fast dieselbe würde, wie sie zum Zergliedern einer Sprache gehört.

Ich habe mich bisher auf die rein intellectuelle Seite der Frage beschränkt. Der Mensch ist aber nicht Verstand allein. Wäre dies der Fall, so könnten meiner Ansicht nach die exacten Wissenschaften allein die passende Nahrung für ihn abgeben. Aber er hat nicht nur Gedanken, sondern auch Gefühle, er ist ebenso empfänglich für das Erhabene und das Schöne, wie für das Wahre. Ich glaube, dass bei einem vollkommen entwickelten Menschen sogar die Verstandesarbeit bewusst oder unbewusst durch verborgene Strömungen des Gefühlslebens beeinflusst wird. Ich halte es für unmöglich, den Verstand vom sittlichen Gefühle und dem Gemüthe in der Natur des Menschen zu trennen. Der Mensch beobachtet sich und er wird, wenn ich mich nicht sehr täusche, finden, dass in neun Fällen unter zehn moralische oder unmoralische Motive bei ihm die Triebkräfte sind, welche seinen Verstand in Bewegung setzen. Ich kann Ihnen meinen eigenen Lebensgang als Beispiel anführen. Die Werke zweier Männer, welche weder von dem Geiste der heutigen Wissenschaft durchdrungen, noch mit demselben einverstanden sind, haben die Veranlassung gegeben, dass ich heute an dieser Stelle stehe. Es sind die Werke des Engländers Carlyle und des Amerikaners Emerson. Dankbar muss ich mich daran erinnern, dass Carlyle während dreier langer, kalter, deutscher Winter mich jeden Morgen um 5 Uhr in mein kaltes Bad trieb, auch wenn dieses mit Eis bedeckt war. Nicht sklavisch, sondern frohen Muthes begann ich die Arbeit jedes Tages mit dem entschlossenen Vorsatze, vor keiner Schwierigkeit zurück-

zuschrecken, auch wenn ich meines Sieges darüber nicht sicher war. Nimmer würde ich die analytische Geometrie und die Differentialrechnung überwunden haben, wäre es nicht um dieser Männer willen geschehen. Nimmer würde ich ohne sie ein Naturforscher geworden sein und würde also auch heute nicht vor Ihnen stehen. Sie lehrten mich, was ich zu thun habe, und dies in einer Weise, die mich veranlasste, es wirklich zu thun, und alle meine spätere geistige Arbeit ist auf diese rein sittliche Ursache zurückzuführen. Neben Carlyle und Emerson muss ich noch Fichte nennen, den grössten Vertreter des reinen Idealismus. Diese drei ganz anderen Richtungen zugewendeten Männer machten mich zum experimentirenden Naturforscher. Sie riefen mir zu: Handle! Ich hörte auf den Ruf und nahm mir nur die Freiheit, selbst zu bestimmen, nach welcher Richtung hin meine Arbeit sich wenden sollte.

So möchte auch ich jetzt rufen „Handelt!“; aber der Kraftaufwand in der Arbeit muss von Euch selbst kommen. Ich kann wohl den Gewehrhahn aufziehen, wenn aber das Gewehr nicht geladen ist, bleibt das ohne Erfolg. Wir sind in der geistigen Welt eben so wenig Schöpfer wie in der physischen. Wir können wohl Hindernisse wegräumen und schlummernde Fähigkeiten wecken; aber wir können die Natur des Menschen nicht plötzlich verändern. Die Wiedergeburt selbst setzt eine frühere Existenz des neuen Charakters voraus, so dass dieser nicht neu geschaffen, sondern nur ans Licht gebracht zu werden braucht. Sie können durch keine auch noch so angestregte Missionsarbeit den Wilden plötzlich zum civilisirten Christen umwandeln. Der Fortschritt des Menschen bedarf der Jahrhunderte, er ist nicht das Werk einer Stunde oder eines Tages. Obwohl wir unzwei-



felhaft durch unsere Organisation gebunden sind, kann doch Niemand wissen, welche Möglichkeiten im menschlichen Geiste liegen, die nur befreit werden müssen, um in Wirkung zu treten. Erlauben Sie mir ein Gleichniss. Es giebt in der Mineralwelt gewisse Krystalle, gewisse Formen des Flusspaths, zum Beispiel, die Jahrhunderte in der dunkeln Erde gelegen haben und die nichtsdestoweniger eine Leuchtkraft in sich verschlossen tragen. Bei ihnen ist die innere Kraft nie zur Wirkung gekommen. Das Licht ist, so zu sagen, durch einen molekularen Riegel zurückgehalten. Wenn diese Krystalle erwärmt werden, wird der Riegel zurückgezogen und augenblicklich beginnt Licht auszuströmen. Ich weiss nicht, wie Viele unter Ihnen dem Flusspathkrystall ähnlich sein mögen. Vielleicht sind Sie Alle in diesem Zustande und warten nur darauf, dass das richtige Mittel angewendet, das rechte Wort gesprochen werde, welches den Riegel wegschiebt, das schlummernde Licht in Ihrem Innern zum Bewusstsein erweckt und es auch für Andere zur Quelle des Lichtes macht.

Der Kreis der menschlichen Natur ist aber nicht geschlossen, wenn man das Gefühls- und Gemüthsleben davon ausschliesst. Die Lilien auf dem Felde haben eine Bedeutung für uns, die weit über ihre botanische hinausgeht, wir fühlen ein gewisses Aufleuchten in unserm Innern bei dem Ausspruche: „Salomon in all seiner Herrlichkeit war nicht gekleidet, wie von ihnen eine.“ Auch hat der Ton der Dorfglocken, der gedämpft aus dem Thale zum Reisenden hinauf schallt, noch einen andern Werth als seinen akustischen, und die untergehende Sonne, wenn sie den Alpenschnee mit rosiger Gluth übergiesst, einen andern Werth als den optischen. Für Immanuel Kant hatte, wie Sie wissen, der Sternenhimmel noch eine

andere Bedeutung, als seine astronomische. Rings um das Gebiet des Verstandes zieht sich der Horizont des Gemüthslebens, dem wir unsere besten Regungen entnehmen. Ich halte es für sehr wünschenswerth, uns den Ausblick auf diesen Horizont frei zu erhalten und uns weder von Priestern noch von Philosophen einen Vorhang darüber ziehen zu lassen. Und hier treten in der That die todten Sprachen, welche bei einem Wettkampfe des reinen Verstandes sicherlich von den exacten Wissenschaften geschlagen würden, in ihr unanfechtbares Recht. Sie ergänzen das Werk der Wissenschaft, indem sie die ästhetischen Fähigkeiten ausbilden und verfeinern, und müssen deshalb Jedem lieb und werth sein, der die menschliche Bildung möglichst vollendet zu sehen wünscht. Es muss ja ein Grund vorhanden sein für den Zauber, welchen diese Sprachen so lange auf die grössten und edelsten Geister ausgeübt haben und den sie wahrscheinlich auf Naturen von griechischer oder römischer Geistesart bis zum Ende aller Zeiten ausüben werden.

Mit dem Gemüthsleben ist jedoch eine sehr auffallende Gefahr verknüpft, in welche die ernstesten Geister heutzutage verfallen, nämlich die Gefahr, das Urtheil zu übereilen, im Bestreben, den Gefühlen Befriedigung zu gewähren. Wir werden verwirrt durch theologische und philosophische Systeme, die uns in der Jugend gelehrt wurden und die in uns einen Hunger und Durst nach einem Wissen erregen, welches vielleicht nicht erreichbar ist. Es giebt Zeiten, in denen man sich sein Urtheil vorbehalten sollte, weil die Thatsachen noch fehlen, worauf eine Entscheidung gegründet werden kann. Diese Geistesdisciplin, das Urtheil aufzuschieben, ist in den exacten Wissenschaften zur Regel geworden, im übrigen Leben wird sie leider weniger befolgt als gut ist.

Vor einiger Zeit ging ich z. B. durch Regent Street mit einem sehr begabten und gebildeten Manne, und besprach mit ihm verschiedene theologische Fragen. Ich konnte seine Ansichten über den Ursprung und die Bestimmung des Universum nicht theilen, war jedoch nicht vorbereitet, meinerseits eine bestimmt gefasste Meinung darüber auszusprechen. Er wandte sich endlich zu mir und sagte: „Sie haben doch jedenfalls eine Theorie über das Universum?“ Dass ich auf irgend eine Weise dieses Geheimniss der Geheimnisse gelöst haben müsste, das schien meinem Freunde ganz selbstverständlich. „Ich habe nicht einmal eine Theorie des Magnetismus,“ war meine Antwort. Wir sollten warten lernen und innehalten, ehe wir endgültig solche Auslegungen über die Wege Gottes annehmen, welche uns zwar den geistigen Frieden bieten, jedoch um den bescheidenen Preis alles geistigen Lebens.

Nur die besten Männer eines Volkes sollten Lehrer sein, und auch sie sollten heutzutage mehr Selbstvertrauen lernen. Mehr und mehr müssen sie lernen, ohne äussere Hülfe auszukommen, mit Ausnahme solcher Hülfe, wie sie aus der Betrachtung des Universums sich ergibt, wobei vielleicht der Verstand Nichts ausrichtet, jedenfalls aber das Herz erhoben wird. Sie müssen lernen, das Geheimniss des Universums zu fühlen, ohne ihm eine starre, gleichviel ob eine persönliche oder andere Form geben zu wollen. Durch die gesunde Frische ihres eigenen Lebens und ihrer Reden müssten sie Leben in Anderen erwecken. Die Stellung der Wissenschaft ist bereits gesichert, aber auch der Dichter wird in der Welt der Zukunft eine grosse Rolle spielen. Ihm bleibt es auf lange Zeit hinaus überlassen, solche Gestade wieder zu befruchten, welche die Ebbe der theologischen Fluth trocken gelegt hat. Von einem Dichter, welcher seine Sendung

richtig versteht, haben wir ein Recht, die Erhöhung und Erleuchtung des Lebens zu erwarten, deren so Viele von uns bedürfen. Er muss für uns der Dolmetscher jener Macht werden, die als:

„Jehovah, Zeus oder Herr“

bis jetzt das Menschenherz erfüllt und gestärkt hat.

Lassen Sie mich zum Schlusse noch eine praktische Bemerkung hinzufügen: Sorgen Sie für Ihre Gesundheit. Gar Mancher, der mit einiger Aufmerksamkeit auf diesen Punkt das höchste Ziel erreicht haben würde, der grosse Entdeckungen gemacht, Dichtungen verfasst, Armeen befehligt oder Staaten gelenkt haben könnte, ist wegen unkluger Vernachlässigung seiner Gesundheit zu Nichts gelangt. Denken Sie sich Hercules als Ruderer in einem morschen Boote: Was kann er darin ausrichten? Gerade die Kraft seiner Ruderschläge wird den Untergang seines Fahrzeuges beschleunigen. Also achten Sie auf die Planken Ihres Schiffes und vermeiden Sie Alles, was dieselben verfaulen und verrotten machen kann. Dies können Sie jedoch nicht durch einzelne planlose, abgerissene Willensanstrengungen erreichen, sondern nur durch die Ausbildung von festen Gewohnheiten. Der Wille hat ohne Zweifel manchmal seine Kraft zu bewahren, um eine besondere Versuchung zu überwinden. Allein die Ausbildung von guten Lebensgewohnheiten trägt wesentlich zu Ihrer dauernden Sicherheit bei. Durch sie wird die Gefahr beim Angriffe zu erliegen vermindert und die Hoffnung auf Wiederherstellung vermehrt.

---

VI.

---

DER

WISSENSCHAFTLICHE MATERIALISMUS,

SEIN ZIEL UND SEINE GRENZE.

---

Eröffnungsrede

gehalten in der mathematisch physikalischen Section der  
Brittischen Naturforscherversammlung zu Norwich  
am 19. August 1868.

---

Als ich fortfuhr, fand ich, dass mein Philosoph den Geist und jedes andere ordnende Princip gänzlich fallen liess, und zu Luft und Aether und Wasser und anderen Excentricitäten seine Zuflucht nahm. Ich möchte ihn vergleichen mit Jemandem, der damit anfang, im Allgemeinen zu behaupten, dass der Geist die Ursache der Handlungen des Socrates sei, der dann aber, wenn er nun meine einzelnen Handlungen insbesondere erklären wollte, dazu überging, zu zeigen, dass ich hier sitze, weil mein Körper aus Knochen und Muskeln gemacht ist; und die Knochen, würde er sagen, sind hart und haben Bänder zwischen sich, und die Muskeln sind elastisch und bedecken die Knochen, die ihrerseits wieder eine Decke von Fleisch und Haut haben, in der sie stecken; und da die Knochen in ihren Gelenken gehoben werden durch die Zusammenziehung oder Erschlaffung der Muskeln, so kann ich meine Glieder beugen und so geschieht es, dass ich mich hier mit gekrümmtem Körper sitzend befinde. Das ungefähr würde er sagen, und eine ähnliche Erklärung würde er dafür haben, dass ich mit Euch spreche, was er dem Schall und der Luft zuschreiben würde, und dem Gehör, und er würde unzählbare andere Ursachen ähnlicher Art anführen, ohne je auf die wahre Ursache zu kommen, welches die ist, dass die Athener es passend fanden, mich zu verurtheilen, und ich es dem entsprechend für gut und recht gefunden habe, hier zu bleiben und mich meinem Urtheilsspruch zu fügen; denn ich bin geneigt zu denken, dass wenn diese meine Knochen und Muskeln hätten nach Megara oder Bœotien gehen wollen, beim Aegyptischen Hunde, sie würden es gethan haben, wenn sie nur durch ihre eigene Meinung geleitet worden wären, was das beste sei, und ich nicht als das bessere und edlere Theil gewählt hätte, statt auszureissen und wegzugehen, mich der Strafe zu fügen, die der Staat verhängt.

**Plato.**

## VI.

### Der Wissenschaftliche Materialismus, sein Ziel und seine Grenze.

---

Fichte spricht sich in seinen Vorlesungen „über den Beruf des Gelehrten“ für eine Bildung aus, die nicht einseitig, sondern allseitig sein soll. Der Geist des Gelehrten soll sich nach ihm sphärisch, nicht aber ausschliesslich nach einer Richtung hin erweitern. Fichte verlangt aber, dass der Gelehrte sich jedenfalls nach einer Richtung hin wende, nämlich zur Natur, dass er ein Schöpfer neuen Wissens werde, und auf diese Weise durch eigene Arbeiten die grosse Schuld abtrage, welche er den Arbeiten Anderer dankt. Nur diese machten es ihm möglich, die Kenntnisse, die er aus eigenen Untersuchungen schöpft, zu vervollständigen, und seine Bildung zu einer abgerundeten, anstatt zu einer einseitigen werden zu lassen.

Was die Naturwissenschaften betrifft, so ist Fichte's Idee bis zu einem gewissen Grade durch die Zusammensetzung und die Arbeiten unserer heutigen Versammlung verwirklicht. Wir haben hier eine Körperschaft, welche sich

mit dem Studium der Naturwissenschaften, wenn auch auf verschiedene Weise, beschäftigt. Während ein Jeder von uns Interesse hat an allen Zweigen der Wissenschaft und seine Bildung vervollständigt durch die Kenntnisse, die er aus ihnen allen schöpft, so wählt sich doch der Einzelne den seinen besonderen Fähigkeiten angemessenen Gegenstand; eine Linie, entlang welcher er das Licht seiner besondern Geistesrichtung in die Dunkelheit, womit alles Wissen umgeben ist, scheinen lassen kann. So beschäftigt sich der Geologe mit den Felsen, der Physiologe mit den Bedingungen und Erscheinungen des Lebens, der Astronom mit den Bewegungen und Massen der Himmelskörper, der Mathematiker mit den Verhältnissen von Raum und Zahl, der Chemiker verfolgt seine Atome, während der Physiker sein eigenes grosses Feld in den optischen, thermischen, akustischen, elektrischen und anderen Erscheinungen hat. Die britische Naturforscherversammlung erfasst also die physische Natur von allen Seiten, treibt das Wissen centrifugal nach aussen — und die Summe ihrer Arbeit könnte dem entsprechen, was Fichte die Sphäre der Naturkenntniss nennt. Man hat es nöthig gefunden, diese Sphäre bei unseren Zusammenkünften in ihre Bestandtheile aufzulösen, welche in unseren verschiedenen Sectionen eine concrete Gestalt annehmen.

Wir befinden uns hier in der mathematisch-physikalischen Section. Mathematik und Physik sind es längst gewöhnt, sich zu verbinden. Denn gleichviel, wie fein auch ein natürlicher Vorgang sei, ob wir im Bereich der Sinne beobachten oder ihn im Bereiche der Einbildungskraft verfolgen, er wird sich schliesslich doch auf mechanische Gesetze zurückführen lassen. Allein, sind die mechanischen Data erst angenommen oder gegeben, so wird die Mathematik als Deductionsmittel allmächtig.



Die Herrschaft der Geometrie über die Beziehungen des Raumes, die weitreichende Macht, welche durch die Organisation des Denkens mittelst der algebraischen Symbole gewonnen wird, sind nothwendig, um physikalische Entdeckungen zu machen und alsdann die vollen Früchte einer jeden Entdeckung einzuholen. In der That wäre unsere Kenntniss der physikalischen Wissenschaften ohne offene oder versteckte Anwendung der Mathematik höchst mangelhafter Natur.

Neben der mathematischen haben wir die experimentelle Methode. Von einem Ausgangspunkte, den ihm seine eigenen oder fremde Untersuchungen gewähren, schreitet der Forscher vorwärts mittelst einer Vereinigung von geistiger Erfindung und deren Prüfung an den That-sachen. Er sinnt über sein Wissen nach und versucht neue Bahnen zu brechen; er sucht zu rathen, und legt seiner Phantasie doch Zügel an; er bildet Hypothesen und bestätigt oder vernichtet sie wieder durch Versuche.

Dieses Rathen und Annehmen sind keineswegs Sprünge ins Dunkle, denn das einmal gewonnene Wissen sendet einen schwachen Lichtstrahl auch über die eigenen Grenzen hinaus. Es giebt keine noch so beschränkte Entdeckung, welche nicht Licht in ein anderes Gebiet brächte. Die Fähigkeit in der schattenhaften Region, welche wirkliches Wissen umgiebt, Neues auszuspähen, hängt nicht, wie Manche glauben, von der Methode, sondern von dem Genie des Forschers ab. Aber auch das hochbegabteste Genie bedarf der Controle und Berichtigung. Die tiefsten Denker wissen es am besten, dass die Wege der Natur nicht immer ihre Wege sind, und dass auch die hellsten Gedankenblitze unvollständig sind, bis sie ein Gegenstück in der Welt der Thatsachen gefunden haben. Der Beruf des wahren Experimentators kann demnach als

eine fortgesetzte Uebung geistiger Einsicht und unaufhörliche Prüfung und Verwirklichung dieser Einsicht aufgefasst werden. Seine Versuche bilden gleichsam einen Körper, dessen Seele die geistigen Anschauungen des Denkers sind.

Theils durch mathematische, theils auch durch experimentelle Forschungen hat die Physik in den letzten Jahren eine wichtige Stellung in der Welt eingenommen. Sie ist bestimmt, sowohl vom materiellen als vom geistigen Gesichtspunkte aus grosse Veränderungen hervorzurufen, grosse sociale Verbesserungen und grosse Umwälzungen in den populären Begriffen von dem Ursprunge, dem Gesetze und der Führung der natürlichen Dinge herbeizuführen. Durch die Wissenschaft werden Wunder in der physischen Welt verrichtet, während die Philosophie ihre alten metaphysischen Pfade verlässt und anderen Wegen folgt, welche ihr durch wissenschaftliche Forschungen geöffnet oder wenigstens gezeigt werden. Dies wird noch mehr der Fall sein, wenn die philosophischen Schriftsteller tiefer von den naturwissenschaftlichen Methoden durchdrungen sein und mehr von den Thatsachen und weittragenden Theorien wissen werden, welche die Naturforscher errungen und ausgesonnen haben.

Wenn Sie eine Uhr ansehen, bemerken Sie den Stunden- und den Minutenzeiger, und vielleicht noch einen dritten Zeiger, der sich über die abgetheilte Scheibe hinbewegt. Warum bewegen sich diese Zeiger? und warum sind die Verhältnisse zwischen ihren Bewegungen gerade so, wie wir sie beobachten? Diese Fragen können nicht beantwortet werden, ohne dass wir die Uhr öffnen, ihre verschiedenen Theile kennen lernen und die gegenseitigen Beziehungen derselben feststellen. Ist dies geschehen, so finden wir, dass die beobachtete Bewegung der Zeiger mit

Nothwendigkeit aus dem innern Mechanismus der Uhr folgt, wenn die Kraft der Feder auf diesen einwirkt.

Die Bewegung der Zeiger kann eine künstliche Erscheinung genannt werden, allein bei den Naturerscheinungen verhält es sich ähnlich. Auch diese haben ihren innern Mechanismus und ihren Vorrath von Kraft, um den Mechanismus in Bewegung zu setzen. Es ist das Endziel der Physik, diesen Mechanismus kennen zu lernen, diesen Vorrath zu entdecken und zu zeigen, dass aus der vereinigten Wirkung beider die Erscheinungen, deren Grund sie bilden, nothwendig hervorgehen müssen. Ich habe geglaubt, dass ein Versuch, Ihnen eine, wenn auch kurze und skizzenhafte Schilderung zu geben von der Art und Weise, in welcher wissenschaftliche Denker dieses Problem ansehen, bei der heutigen Veranlassung nicht uninteressant sein würde; um so mehr, als ich dabei Gelegenheit haben werde, etwas über die Richtung und die Grenzen der modernen Wissenschaft zu sagen, und das Gebiet abzugrenzen, welches die Naturforscher als das ihre beanspruchen und auf welchem es nur Zeitverlust wäre, sich ihrem Fortschritt zu widersetzen; ich wünschte wo möglich die Grenze zu bestimmen zwischen diesem und jenem andern Gebiete, an welches sich die Fragen und das Sehnen der menschlichen Vernunft vergeblich richten.

Allein hier werden Sie Nachsicht üben müssen. Es war meines Wissens der Amerikaner Emerson, welcher sagte, dass es beinahe unmöglich ist, eine Wahrheit entschieden auszusprechen, ohne anscheinende Ungerechtigkeit gegen irgend eine andere Wahrheit. Die Wahrheit ist oft zweiseitig, gleich einem Magnet mit zwei Polen, und gar manche der Differenzen, welche den denkenden Theil der Menschheit entzweien, sind zurückzuführen auf

die Ausschliesslichkeit, womit Parteimänner die eine Hälfte jener Zweiheit betonen, und die andere Hälfte gänzlich vergessen. Der richtige Weg scheint der, beide Seiten gleich stark zu betonen und einer jeden ihren vollen Antheil bei der Bildung der schliesslichen Ueberzeugung zu lassen. Allein nicht nur Geduld ist erforderlich, um ruhig abzuwarten, bis eine Frage nach beiden Seiten hin festgestellt ist, sondern ausserdem noch der Entschluss, weder der Entrüstung Raum zu geben, falls eine Hälfte der Antwort unseren Ueberzeugungen entgegen laufen, noch sich ungebührliche Selbstüberhebung zu gestatten, falls die andere Hälfte mit unseren Ansichten übereinstimmen sollte. Wir müssen den Entschluss fassen, ruhig das Ganze abzuwarten, ehe wir unser Urtheil für oder wider aussprechen.

Nachdem dies vorausgeschickt und, wie ich hoffe, eingeräumt ist, lassen Sie uns nun an unsere Aufgabe gehen. Frühere Schriftsteller haben behauptet, die Pyramiden Aegyptens seien Werke der Natur, und Alexander von Humboldt schrieb in seiner Jugend einen gelehrten Aufsatz, um diese Annahme zu widerlegen. Wir sehen die Pyramiden jetzt als Werke von Menschenhänden an, die wahrscheinlich mit Hülfe von Maschinen entstanden sind, von denen wir jetzt keine Kunde mehr haben. Wir denken uns die Massen von Arbeitern, wie sie angefeuert durch den Willen, die Geschicklichkeit und möglicherweise auch die Poitsche des Architekten, sich abmühten, die grossen Steinmassen zu heben und dieselben an ihren Platz zu bringen. Die Steinblöcke wurden in diesem Falle durch eine ihnen fremde Kraft gehoben und die Form der Pyramide drückte den Gedanken ihres menschlichen Erbauers aus.

Lassen Sie uns von diesem Beispiele einer aufbauen-

den Kraft zu einer andern hiervon verschiedenen übergehen. Wenn eine Lösung von Kochsalz langsam verdunstet, so schwindet das Wasser, welches das in Lösung befindliche Salz enthält, allein das Salz selbst bleibt zurück. Bei einem gewissen Grade der Concentration angelangt, kann das Salz die flüssige Form nicht mehr länger bewahren; seine Theilchen oder Molekel, wie man sie nennt, fangen an sich als feste Körper abzusetzen, so klein, dass sie durch kein Mikroskop wahrzunehmen sind. Das Festwerden schreitet mit der andauernden Verdunstung fort, und wir erhalten schliesslich durch das Zusammenschliessen unzähliger Molekel eine wahrnehmbare krystallinische Masse von bestimmter Form. Welches ist diese Form? Zuweilen erscheint sie wie eine Nachahmung der Aegyptischen Architektur. Wir sehen kleine Pyramiden, Terrasse über Terrasse, von Salz aufgebaut, von der Basis bis zur Spitze, eine Reihe von Stufen, ähnlich denen der Aegyptischen Pyramiden, auf welche der Reisende von seinem Führer heraufgezogen wird. Der menschliche Geist fragt sich ebensowohl beim Anblick dieser Salzkristalle, als bei dem der Aegyptischen Pyramiden, woher diese Erscheinungen kommen und wie sie entstanden sind. Wie wurden nun diese Salzpyramiden erbaut? Durch die Analogie geleitet, könnten Sie vielleicht annehmen, dass eine unsichtbare Bevölkerung sich in den Molekeln des Salzes befinde und durch einen unsichtbaren Herrn gezwungen und geleitet werde, um die Atomblöcke an ihre Stelle zu bringen. Dies ist jedoch nicht die wissenschaftliche Vorstellung, und ich bezweifle, dass Ihr gesunder Sinn sich dieselbe als wahrscheinlich gefallen lassen würde. Die wissenschaftliche Vorstellung ist, dass die Molekel auf einander einwirken, ohne die Dazwischenkunft von

Sklavenarbeit; dass sie sich gegenseitig an gewissen Punkten oder Polen, und nach gewissen bestimmten Richtungen hin anziehen oder abstossen, und dass die pyramidale Form das Ergebniss dieses Spieles von Anziehung und Abstossung ist. Während also die Steinblöcke Egyptens durch eine äussere Macht geordnet wurden, sind diese Salzblöcke von selbst geordnet und durch ihre gegenseitig ausgeübten Kräfte in ihre Stellen gefügt.

Ich wählte gewöhnliches Salz als Beispiel, weil es uns Allen bekannt ist; allein jede andere krystallinische Substanz würde unserem Zweck ebenso genügen. Ueberall in der unorganischen Natur haben wir in der That diese „gestaltende Macht“, wie Fichte sie nennen würde; diese Kräfte der Molekularstructur, die bereit sind, zu wirken und die Urbestandtheilchen der Materie in bestimmte Formen zu bringen. Das Eis unseres Winters und unserer Polarkreise ist ebenso gut ihre Arbeit, wie der Quarz, der Feldspath und der Glimmer in unseren Felsen. Unsere Kreidelager sind grösstentheils aus kleinen Muscheln zusammengesetzt, die auch das Resultat einer structurbildenden Kraft sind, aber die Muschel als Ganzes ist durch einen noch weiter zurückliegenden und feineren Bildungsact aufgebaut. Diese Muscheln sind aus feinen Kalkspathkrystallen zusammengesetzt, und um diese Krystalle zu bilden, hatte die gestaltende Kraft mit den ungreifbaren Molekeln des kohlsauren Kalkes zu thun. Dieses Streben der Materie, sich zu organisiren und zu gestalten und bestimmte Formen unter dem Einflusse bestimmter Kraftwirkungen anzunehmen, ist, wie ich gesagt habe, überall vorhanden. Es besteht in dem Erdboden unter unseren Füßen, im Wasser, welches wir trinken, in der Luft, die wir einathmen. Innewohnendes Leben äussert

sich so zu sagen durch Alles, was wir unorganische Natur nennen.

Die Formen der Mineralien, welche aus diesem Spiel der Polarkräfte entstehen, sind sehr verschieden und nach mehr oder weniger verwickelten Gesetzen gebaut. Die Naturforscher bedienen sich aller erdenklichen Mittel, um ihre molekulare Architektur zu ergründen. Zu diesen Untersuchungen nehmen sie nach der Reihe Licht, Wärme, Magnetismus, Elektrizität und Schall zu Hülfe. Polarisirtes Licht ist hierzu hauptsächlich nützlich und wirkungsreich. Ein Strahl solchen Lichtes, den man in die Molekeln eines Krystalles fallen lässt, wird von diesen beeinflusst, und an der Wirkung kann man mit mehr oder weniger Klarheit erkennen, in welcher Art und Weise diese Molekeln angeordnet sind. Auf solche Weise wird zum Beispiel schlagend dargethan, dass ein Unterschied zwischen der innern Structur von Steinsalz und der des krystallisirten Zuckers oder Candiszuckers besteht. Diese Wirkungen zeigen sich manchmal durch Farbenercheinungen von grosser Schönheit, indem das Spiel der Molekurlarkräfte zuweilen einige Bestandtheile des weissen Lichtes aufhebt, um andere dafür mit erhöhter Intensität zurückzulassen.

Und nun lassen Sie uns von dem, was wir ein todtcs Mineral zu nennen gewöhnt sind, zu einem lebendigen Weizenkorn übergehen. Wenn dieses mittelst polarisirten Lichtes untersucht wird, kann man ähnliche Farbenercheinungen wie bei den Krystallen wahrnehmen. Wie kommt das? Weil die Architektur des Kornes der Architektur der Krystalle ähnlich ist. Auch in dem Korne sind die Molekel in bestimmte Stellung gebracht und ihrer Anordnung zufolge wirken sie auf das Licht. Und was hat die Molekel des Kornes zusammengebaut?

Ich habe bereits gesagt, dass Sie, wenn Sie wollten, in Bezug auf den krystallinischen Aufbau eine äussere Kraft annehmen könnten, welche die Atome und Molekel zusammenfügt. Dieselbe Ansicht stände Ihnen auch jetzt frei. Allein wenn Sie die Vorstellung eines von aussen einwirkenden Baumeisters bei den Krystallen verworfen haben, so müssen Sie das meines Erachtens hier ebenso thun und statt dessen annehmen, dass die Molekel des Kornes durch die Kräfte, mit denen sie auf einander wirken, sich selbst anordnen. Es wäre eine schwache Philosophie, welche eine äussere Machteinwirkung in dem einen Falle annehmen und in dem andern verwerfen wollte.

Anstatt nun aber feine Schnitte aus unserm Korne zu machen und sie der Wirkung des polarisirten Lichtes auszusetzen, legen wir es in die Erde und setzen es einem gewissen Wärmegrade aus. Mit anderen Worten, wir lassen die Molekeln und die sie umgebende Erde in jenen Zustand innerer Bewegung verharren, den wir Wärme nennen. Unter diesen Umständen werden das Korn und die es umgebenden Substanzen auf einander einwirken und ein bestimmter molekularer Aufbau wird das Ergebniss sein. Eine Knospe bildet sich; diese Knospe erreicht die Oberfläche und ist hier den Sonnenstrahlen ausgesetzt, die ihrerseits auch als eine Art von schwingender Bewegung angesehen werden können. Und ebenso wie die Bewegung der gewöhnlichen Wärme, womit das Korn und die es umgebenden Substanzen zuerst versehen wurden, das Korn und jene Substanzen fähig machte, ihre Anziehungen und Abstossungen auszuüben, und sich auf diese Weise in bestimmte Formen zu vereinigen, so wird jetzt die grüne Knospe durch die eigenthümliche Bewegung der Sonnenstrahlen in den Stand gesetzt, die Kohlen-



säure und den Wasserdunst der Luft in sich aufzunehmen. Die Knospe eignet sich diejenigen Bestandtheile beider Substanzen an, für welche sie eine Wahlverwandtschaft besitzt und gestattet den andern Elementen, frei zu werden. Auf diese Weise schreitet der Aufbau weiter. In der Wurzel wie im Halme sind Kräfte thätig; die Materie der Erde und die Materie der Luft werden von der Wurzel und dem Halme angezogen, und die Pflanze nimmt an Grösse zu. Wir sehen nach einander die Knospe, den Halm, die Aehre und das volle Korn in der Aehre. Der Kreislauf der molekularen Wirkung schliesst damit ab, dass ähnliche Körner erzeugt werden, wie dasjenige, womit der Process begann.

In diesem Vorgang ist aber Nichts, was sich dem Verständniss oder der Vorstellungskraft unseres menschlichen Geistes entzöge. Ein Verstand, der dem unseren der Art nach ähnlich, nur von weiterem Umfange wäre, würde im Stande sein, den ganzen Vorgang von Anfang bis zu Ende zu verfolgen. Er würde einsehen, wie jedes Molekel durch die besonderen Anziehungen und Abstosungen, die zwischen ihm und andern Molekeln stattfinden, an seine Stelle gebracht wird, und der ganze Process seiner Vollendung würde für ihn nur ein Beispiel von der Wirkung der molekularen Kräfte sein. Wenn das Korn und seine Umgebung gegeben sind, so würde dieser erweiterte menschliche Verstand a priori jeden Schritt in dem Wachsthum berechnen und durch Anwendung rein mechanischer Principien beweisen können, dass der Kreis dieser Vorgänge so endigen muss, wie wir ihn wirklich endigen sehen, nämlich mit der Wiedererzeugung derselben Formen, womit er begann. Dieselbe Nothwendigkeit, welche den Gang der Planeten in ihrem Umlauf um die Sonne beherrscht, findet hier statt.

Sie werden bemerken, dass ich meine Wahrheiten schroff ausspreche, wie wir es uns von Anfang an vornahmen. Allein ich muss noch weiter gehen und aussprechen, dass für die Wissenschaft der thierische Körper ebenso gut das Product von Molekularkräften ist, als der Halm und die Aehre des Weizens, oder als der Krystall vom Salz oder vom Zucker. Viele Theile des Körpers sind offenbar Mechanismen. Nehmen Sie zum Beispiel das menschliche Herz, mit seinem Klappensystem, oder nehmen Sie den ausgezeichneten Mechanismus des Auges oder der Hand. Die thierische Wärme ist überdies von derselben Art, wie die Feuerwärme, und wird durch dieselben chemischen Vorgänge erzeugt. Auch die thierische Bewegung ist direct auf die Nahrung des Thieres zurückzuführen, gerade wie die Bewegung der Trevethy'schen Gehmaschine auf das Brennmaterial in ihrem Heerde. Der thierische Körper erschafft keine Materie und erschafft keine Kraft. Wer von Ihnen kann durch Kraft der Gedanken seiner Grösse eine Elle zu setzen? Alles, was wir über die Pflanze gesagt haben, können wir über das Thier nochmals aussprechen. Jedes Theilchen, das zur Bildung eines Muskels, Nerven oder Knochens beiträgt, ist durch Molekularkräfte an seine Stelle gesetzt worden. Und falls wir für diese Dinge nicht das Gesetz leugnen und an seiner Statt das Element der willkürlichen Laune einführen wollen, so müssen wir zu dem Schlusse kommen, dass sich die Lage eines Molekels im Körper mathematisch bestimmen liesse, wenn zuvor die Beziehungen des Molekels zu seiner Umgebung gegeben wären. Unsere Schwierigkeit liegt nicht in der Qualität des Problems, sondern in seiner Verwicklung; und diese Schwierigkeit könnte gelöst werden durch die einfache Erweiterung der Fähigkeiten, die

wir jetzt besitzen. Vorausgesetzt, diese Erweiterung bestände, und die nöthigen Data über die Molekel wären gegeben, so könnte man das Hühnchen eben so streng logisch aus dem Ei ableiten, wie die Existenz des Neptun aus den Störungen des Uranus, oder die konische Refraction des Lichtes aus der Wellentheorie hergeleitet wurden.

Sie sehen, ich bemäntle Nichts, sondern spreche nur Ueberzeugungen unumwunden aus, welche viele wissenschaftliche Denker mehr oder weniger bestimmt hegen. Die Bildung eines Krystalles, einer Pflanze oder eines Thieres ist in ihren Augen ein rein mechanisches Problem, welches von den Problemen der gewöhnlichen Mechanik nur durch die Kleinheit der Massen und das Verwickelte der Vorgänge abweicht. Hier haben Sie die eine Hälfte unserer zweiseitigen Wahrheit, lassen Sie uns nun die andere betrachten. Verbunden mit diesem wunderbaren Mechanismus des thierischen Körpers haben wir Erscheinungen, die nicht weniger sicher sind als die physikalischen, allein wir können keine nothwendige Verbindung zwischen ihnen und dem Mechanismus erblicken. Ein Mensch kann z. B. sagen: Ich fühle, ich denke, ich liebe; aber wie kann das Bewusstsein sich in dieses Problem einmischen? Das menschliche Gehirn gilt dafür, das Organ der Gedanken und Gefühle zu sein. Wenn wir uns verletzen, empfindet es das Hirn; wenn wir nachdenken, ist es das Gehirn, welches denkt; wenn unsere Leidenschaften oder Neigungen erregt werden, geschieht es mit Hülfe des Gehirnes. Versuchen wir, dies noch genauer zu fassen. Es giebt wohl kaum einen wahrhaft wissenschaftlichen Denker, welcher sich mit dem Gegenstande beschäftigt und nicht die Wahrscheinlichkeit der Hypothese zugegeben hätte, dass für jedes Factum des Be-

wusstseins, sei es nun im Bereich des Denkens, Fühlens, oder der Empfindung, eine bestimmte molekulare Bewegung oder Structur im Gehirne hergestellt wird, oder der leugnen wollte, dass die Wirkung auf das Bewusstsein dieselbe bleibt, wenn jene Bewegung oder Structur durch innere statt durch äussere Ursachen herbeigeführt wird. Man lasse zum Beispiel irgend einen Nerv durch krankhafte Vorgänge genau in denselben Zustand der Bewegung gerathen, in welchen ihn die Berührung mit einem erhitzten Körper versetzen würde, sicherlich wird sich der Nerv als heiss zur Wahrnehmung bringen, und der Geist wird die subjective Einwirkung genau so annehmen, als ob sie objectiv wäre. Die Netzhaut kann durch bloss mechanische Mittel erregt werden. Ein Schlag auf das Auge verursacht einen Lichtblitz und der blosser Druck auf den Augapfel erregt einen sternartigen Lichtschein, den Newton mit den Augen auf dem Schweife des Pfaues vergleicht. Durch Krankheiten werden Visionen und Träume hervorgebracht; allein in allen diesen Fällen würden wir, falls wir die betreffenden Organe untersuchen könnten, aus wissenschaftlichen Gründen erwarten müssen, sie genau in demjenigen molekularen Zustande zu finden, welchen die wirklichen Gegenstände, wenn sie da wären, hervorbringen würden.

Da nun das Verhältniss des physikalischen Zustandes zum Bewusstsein ein unveränderliches ist, so würde daraus folgen, dass man von einem gegebenen Zustande des Gehirns auf die entsprechenden Gedanken oder Gefühle oder bei gegebenen Gefühlen oder Gedanken auf den entsprechenden Gehirnzustand schliessen könnte. Aber was würde dieser Schluss bedeuten? Er wäre weniger als eine logische Schlussfolgerung denn als empirische Association zu betrachten. Sie können mir erwidern, dass viele

Schlüsse in der Wissenschaft von dieser Art sind; so z. B. die Annahme, dass ein elektrischer Strom von gegebener Richtung die Magnetnadel in gegebener Weise ablenken werde; allein der Fall ist insofern verschieden, als der Uebergang vom Strome zur Nadel denkbar ist, wenn er auch nicht demonstrirt werden kann, und dass wir keinen Zweifel hegen über die schliessliche mechanische Lösung des Problems. Allein der Uebergang von der Mechanik des Gehirns zu der entsprechenden Thatsache des Bewusstseins ist undenkbar. Zugegeben, dass ein bestimmter Gedanke und ein bestimmter molekularer Vorgang gleichzeitig im Gehirne stattfinden, so besitzen wir doch nicht das geistige Organ, und anscheinend auch nicht einmal die Anlage zu einem solchen, welches uns befähigte, durch irgend einen Denkprocess vom Einen zum Andern überzugehen. Sie treten zusammen auf, allein wir wissen nicht warum. Wäre unsere Seele und unsere Sinne so entwickelt, gekräftigt und erleuchtet, dass wir die Molekeln des Gehirns selbst sehen und fühlen könnten; wären wir fähig, allen ihren Bewegungen, ihrer Gruppierung und ihren elektrischen Entladungen, falls es solche hierbei giebt, zu folgen; und wären wir auf das Genaueste bekannt mit dem entsprechenden Zustand von Gedanken und Gefühlen, so wären wir doch so weit entfernt als je von der Lösung des Räthsels: „Wie sind diese physikalischen Vorgänge mit den Thatsachen des Bewusstseins verknüpft?“ Der Abgrund zwischen beiden Erscheinungsarten wäre geistig noch immer unüberschreitbar. Verbinden wir z. B. das Bewusstsein der Liebe mit einer nach rechts laufenden Spiralbewegung der Gehirnmolekeln und das Bewusstsein des Hasses mit einer nach links laufenden Spiralbewegung. Wir wüssten alsdann, dass die Bewegung nach einer Seite geht, wenn wir lieben, und

nach der andern, wenn wir hassen, aber das „Warum?“ wäre so wenig beantwortet, als zuvor.

Damit, dass wir zugeben, dass das Wachsthum des Körpers mechanisch ist, und dass die Denkkraft, so wie wir sie besitzen, ihr Correlat in der Mechanik des Gehirns hat, haben wir meines Bedünkens die Stellung des wissenschaftlichen „Materialisten“ dargethan, so weit dieselbe eine haltbare ist. Ich glaube, dass der Materialist diese Stellung schliesslich gegen alle Angriffe aufrecht halten kann; allein ich glaube nicht, dass er unter den gegenwärtigen Bedingungen des menschlichen Geistes darüber hinaus gehen kann. Er ist meiner Ansicht nach nicht berechtigt, zu sagen, dass seine molekularen Anordnungen und seine molekularen Bewegungen Alles erklären. Sie erklären in der That gar Nichts. Er kann weiter nichts thun, als das Nebeneinanderhergehen von zwei Classen der Erscheinungen zu behaupten, über deren wirklichen Zusammenhang er absolut Nichts weiss. Das Problem vom Zusammenhang des Körpers mit der Seele ist ebenso unlösbar in seiner heutigen Form als es in vorwissenschaftlichen Zeiten war. Man weiss, dass Phosphor ein Bestandtheil des menschlichen Gehirnes ist, und ein deutscher Schriftsteller hat dies etwas paradox mit den Worten ausgedrückt: „Ohne Phosphor kein Gedanke.“ Das mag nun der Fall sein oder auch nicht, aber sogar wenn es so wäre, so würde diese Kenntniss unser Dunkel nicht erhellen. Auf beiden Seiten der Zone, die hier dem Materialisten gezogen ist, bleibt er gleich hülflos. Fragt man ihn, woher diese „Materie“ kommt, welche wir soeben besprochen haben, wer oder was dieselbe in Molekel theilte, wer oder was diese Molekel zwingt, sich in organische Formen zu ordnen, so hat er keine Antwort. Die Wissenschaft ist stumm auf solche Fragen.

Aber wenn der Materialist ohne Antwort und die Wissenschaft stumm ist, wer hat dann eine Lösung bereit? Wem ist diese Macht des Herrn offenbart worden? Beugen wir unsere Häupter, Alle die wir da sind, Priester und Naturforscher, und gestehen wir unsere Unwissenheit.

Vielleicht löst sich das Geheimniss in irgend einer künftigen Zeit. Die Dinge dieser Welt sind in stetem Fortschritte begriffen. Es ist ein grosser Schritt vom Iguanodon und seinen Zeitgenossen bis zum Präsidenten und den Mitgliedern dieser Versammlung. Ob wir nun die Verbesserung vom wissenschaftlichen oder vom theologischen Standpunkte aus betrachten, sie als das Resultat fortschreitender Entwicklung, oder als Resultat wiederholter Acte einer schöpferischen Kraft ansehen, keine Ansicht erlaubt uns anzunehmen, dass die gegenwärtigen Fähigkeiten des Menschen die Reihe abschliessen, und dass der Vervollkommnungsprocess mit ihm zu Ende ist. Es kann demnach eine Zeit geben, da jene überwissenschaftliche Region, die uns jetzt verschlossen ist, sich irdischen wenn auch vielleicht nicht menschlichen Untersuchungen enthüllen wird.

Zwei Drittel der Sonnenstrahlen bleiben dem menschlichen Auge unsichtbar. Die Strahlen sind vorhanden, allein uns fehlt das Sehorgan, um sie in Lichtempfindung zu übersetzen. Aus jener dunkeln und geheimnissvollen Region, die uns jetzt umgiebt, gehen möglicherweise auch Strahlen aus, welche nur der nöthigen Geisteswerkzeuge bedürfen, um sich in ein Wissen zu verwandeln, das unser Wissen ebenso sehr übertreffen würde, als dieses dem Wissen der schwerfälligen Reptilien, welche einst unsern Planeten beherrschten, überlegen ist. Unterdessen ist auch das Geheimniss nicht ohne seinen Nutzen. Es kann sogar eine gewisse Macht auf den menschlichen Geist ausüben,

obwohl diese Macht mehr auf dem Gefühl als auf dem Wissen beruht. Es kann, soll und wird jedoch hoffentlich dazu dienen, das Streben nach Einsicht zu stärken und zu befestigen und den Menschen aus jener Kleinlichkeit zu erretten, worin er nur zu leicht im Kampf um das Dasein oder um den Vorrang im Leben versinkt.

---

### **Betrachtungen auf dem Matterhorn.**

27. Juli 1868.

Der Anblick des Berges von seinen obersten Spitzen aus gesehen betäubte mich, so zerstört und verwüstet war er durch die Zeit. Von Unten aus hatte er stets den Eindruck wilder Grösse hervorgebracht; hier Oben war nur unaufhaltsamer Verfall. Allein dieser Begriff des Verfalles schloss den Rückblick auf jene Periode in sich, wo das Matterhorn noch in der vollen Kraft seiner Bergeschöne gestanden hatte. Die Gedanken wanderten unwillkürlich zurück zu den fernen Uranfängen des Berges; hielten dort jedoch nicht inne, sondern gingen noch weiter durch geschmolzene Welten zu jenem nebelhaften Zustand zurück, den die Naturforscher nicht mit Unrecht als die wahrscheinliche Quelle aller materiellen Dinge betrachten. Ich versuchte es, mir jene Urwolke vorzustellen, welche die Voraussage alles dessen enthielt, was seitdem geschehen ist; ich suchte mir dieselbe als den Sitz aller der Kräfte zu denken, deren Wirkungen seitdem Sonnen- und Sternensysteme geformt haben mit Allem, was sie in sich entwickelten. Enthielt jener gestaltlose Nebel auch die Wehmuth im Keime, mit der ich heute das Matterhorn betrachte? Kehrete der Gedanke,



der darauf zurückführte, nur einfach zu seiner ursprünglichen Heimath wieder? In diesem Fall thäten wir besser daran, unsere Definitionen von Kraft und Stoff zu verändern; denn, wenn Leben und Denken die Blüthe von Kraft und Stoff sind, so muss jede Definition, welche des Lebens und Denkens nicht erwähnt, ungenügend wo nicht unwahr sein. Sind derartige Fragen überhaupt berechtigt? Warum nicht? Wenn das schliessliche Ziel des Menschen noch nicht erreicht, wenn seine Entwicklung noch nicht zum Stillstand gekommen ist, wer kann sagen, ob solches Sehnen und solche Fragen nicht nothwendig sind zur Eröffnung feinerer Anschauung, zum Knospen und Entfalten erhabenerer Kräfte? Betrachte ich Himmel und Erde, meinen eigenen Körper, die Stärke und Schwäche meiner Seele, sogar diese meine Grübeleien, und frage ich mich: giebt es kein Wesen oder Ding im Weltall, das mehr von diesen Dingen wüsste, als ich; was erhalte ich zur Antwort? Angenommen, unsere theologischen Begriffe von Schöpfung, Verdammniss und Erlösung seien zerstört, und die Wärme der Verneinung, die sie erregen (welche als bewegende Kraft der Wärme der Behauptung gleichkommt), sei zugleich damit zerstört; würde der unabgelenkte menschliche Geist alsdann zum Meridian der absoluten Neutralität in Bezug auf diese überphysikalischen Fragen zurückkehren? Ist ein solcher Standpunkt einer von dauerndem Gleichgewicht?

Die Bahnen für derartige Gedanken waren bereits vorhanden; so kam es, dass diese Fragen ohne Antworten mein Bewusstsein erfüllten während der zehn Minuten, welche ich auf der verwitterten Spitze des Matterhornes verbrachte.

VII.

---

ÜBER DEN

WISSENSCHAFTLICHEN NUTZEN

DER

EINBILDUNGSKRAFT.

---

Ein Vortrag

gehalten vor der Britischen Naturforscherversammlung  
in Liverpool den 16. September 1870.

---

Willst den Wundersang Du hören?  
Als die Erde neu geboren  
Schwillt er hoch zum Himmel auf.  
Hörst Du, Weiser, was er singt?  
Offenem Ohr berichtet er  
Ersten Ursprung aller Dinge;  
Endloser Urzeit langsam Streben,  
Vom Sternenstaub, der Sterne Wandern,  
Von Weltenkugeln, Raum und Zeit,  
Von alter Fluthen Niederschlägen,  
Von Form und Anziehung der Stoffe,  
Von Polen, Kräften, Wärme, Feuchte  
Die ruhelose Wandelung,  
Sie löset auf, was fest erscheint,  
Schmilzt, was da ist, in leeren Schein  
Und feste Existenz in Traum.

**Emerson.**

„Was wär ein Gott, der nur von aussen stiesse  
Im Kreis das All am Finger laufen liesse!  
Ihm ziemt's, die Welt im Innern zu bewegen,  
Natur in Sach', Sach' in Natur zu hegen.“

**Goethe.**

## VII.

# Ueber den wissenschaftlichen Nutzen der Einbildungskraft.

---

Vor meiner Abreise nach der Schweiz hatte ich im Laufe dieses Sommers viel über Licht und Wärme, Magnetismus und Elektrizität, organische Keime, Atome, Cometen und über das Blau des Himmels nachgedacht. Während der Gebirgsreise versuchte ich es, eine Verbindung zwischen dem einen und dem andern dieser Gedanken herzustellen und es gelang mir schliesslich, eine Art Zusammenhang zwischen dem Denken und dem Lichte zu finden. Nun entstand der Wunsch in mir, den verborgenen Vorgängen des Denkvermögens nachzugehen, und Sie in den Stand zu setzen, dies mit mir zu thun. Gern hätte ich Sie hinter den Vorhang der Sinne geführt und Ihnen den versteckten Mechanismus des Sehvermögens gezeigt. Meines Erachtens muss der Lehrer der Wissenschaft sich jede erdenkliche Mühe geben, um es seinen Zuhörern zu ermöglichen, Theilnehmer seiner Gedanken zu werden. Er muss zunächst seinen Geist von aller Unbestimmtheit und Unklarheit befreien und die bestimmt

geformten Gedanken in eine Sprache kleiden, welche keinen Zweifel über seine Meinung aufkommen und seine etwaigen Irrthümer klar hervortreten lässt. Mit einer auf diese Weise ausgeführten wissenschaftlichen Auseinandersetzung lässt sich meiner Ansicht nach Vieles erreichen. Auch vor einer Versammlung, wie der heutigen, ist bis zu einem gewissen Grade es möglich, die verhüllten Vorgänge in der Natur anschaulich zu machen und zwar nicht den Fachgenossen allein, sondern allen Denen, welche genug Energie, Beharrlichkeit und Fähigkeit besitzen, um das nöthige Interesse für die Vorgänge in der Wissenschaft zu fassen. Es wird Zeit und Arbeit erfordern, ehe wir dieses Resultat erreichen, allein die Wissenschaft zieht den Vortheil aus der so geschaffenen allgemeinen Theilnahme.

Wie sollen nun diese verborgenen Dinge enthüllt werden? Wie können wir zum Beispiel die physikalische Grundlage des Lichtes erfassen, das doch, wie das Leben selbst, ganz ausserhalb des Gebietes unserer Sinne liegt? Die Philosophen mögen zwar Recht haben mit der Behauptung, dass wir uns von der Erfahrung nicht loszulösen vermögen; doch können wir jedenfalls an der Hand derselben einen weiten Weg zurücklegen. Auch können wir unsere Erfahrungen vergrössern, verkleinern, begrenzen und zusammenfassen, so dass sie zu ganz neuen Zwecken brauchbar werden. Um die Dunkelheit zu erhellen, welche die Welt der Sinne umgiebt, haben wir die Gabe der Einbildungskraft empfangen. Es giebt freilich auch Conservative auf dem Felde der Wissenschaft, welche die Phantasie als eine Eigenschaft betrachten, die eher gefürchtet und gemieden als benützt werden müsse. Diese Conservativen hatten wohl die Wirkung der Phantasie nur an schwachen Geistern beobachtet und sind durch die unglücklichen Folgen, die hieran erwachsen, übermässig abge-

schreckt worden. Man könnte jedoch mit demselben Rechte einen geborstenen Dampfkessel als Argument gegen die Benutzung der Dampfkraft anführen. Im Gegentheile, die Einbildungskraft wird zum mächtigsten Hilfsmittel des Physikers, wenn er durch geduldig gesammelte Kenntnisse ihr Nahrung zuführt und sie durch die mitarbeitende Vernunft beschränkt und leitet. Es war ein Sprung der Phantasie, als Newton von einem fallenden Apfel in Gedanken zu einem fallenden Monde übergang. Bei Faraday ging das Spiel dieser Fähigkeit allen seinen Versuchen voraus, und ihre Bedeutung ist sehr nachdrücklich auch von Brodie hervorgehoben worden. Wenn Sir William Thomson den Versuch macht, die ursprünglichen Theile der Materie zwischen die Spitzen seines Zirkels zu bringen und eine Millimeter-Scala daran zu legen, so wird er hierbei mächtig durch die Einbildungskraft unterstützt. In Vielem, was in letzter Zeit über Protoplasma und Leben gesagt worden ist, haben wir Schösslinge der Phantasie, die durch bekannte Analogien in der Wissenschaft geleitet und beschränkt sind. Ohne diese Kraft wäre unsere Kenntniss der Natur in der That eine tabellarische Zusammenstellung von Gleichzeitigkeit und Folge der Ereignisse. Wir würden nach wie vor an die Folge von Tag und Nacht, von Sommer und Winter glauben, allein die Seele der Kraft wäre aus unserm Universum verschwunden; alle causalen Verbindungen würden aufhören und mit ihnen jene Wissenschaft, welche jetzt die Theile der Natur zu einem organischen Ganzen verbindet.

Ich möchte durch etliche einfache Beispiele zeigen, welchen Gebrauch die Naturforscher bereits von der Einbildungskraft gemacht haben, und späterhin andeuten, welchen ferneren Gebrauch sie wohl in Zukunft noch davon machen werden. Lassen Sie uns mit den ersten

kunstlosen Erfahrungen beginnen. Beobachten Sie das Auffallen schwerer Regentropfen auf einen ruhigen Teich. Jeder Tropfen wird beim Auffallen auf das Wasser zu einem Bewegungsmittelpunkte, von dem eine Reihe von ringförmigen Wellen sich nach Aussen verbreitet. Schwerkraft und Trägheit sind die Ursachen dieser Wellenbewegung, und ein ganz roher Versuch zeigt, dass ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit nicht einen Fuss in der Secunde beträgt. Ein in das Wasser getauchter Körper wird eine Reihenfolge von leichten mechanischen Stößen erleiden, wenn die kleinen Wellen ihn nach einander erreichen. Allein es entsteht und verbreitet sich zu gleicher Zeit eine feinere Art der Bewegung. Wenn man Kopf und Ohren in das Wasser taucht, wie bei einem Versuche Franklins, so wird der Anprall des Tropfens sich dem Gehörnerven mittheilen: man hört das Ticken des Tropfens. Dieser tönende Impuls verbreitet sich aber nicht mit der Geschwindigkeit von einem Fuss in der Secunde, sondern mit der von 4700 Fuss in der Secunde. In diesem Falle besteht die treibende Kraft nicht in der Schwere, sondern in der Elasticität des Wassers. Jedes flüssige Theilchen, das gegen seine Nachbarn geschoben wird, giebt seine Bewegung mit grosser Geschwindigkeit ab, und der Anstoss verbreitet sich als eine kurze Erschütterung. Der grosse Widerstand des Wassers gegen Zusammenpressung, wie ihn der berühmte Florentiner Versuch zeigt, giebt uns einen Maassstab für die bedeutende elastische Kraft, und ihr ist es zuzuschreiben, dass die Fortleitung eines Tonstosses durch Wasser mit so grosser Schnelligkeit erfolgt.

Allein wie Sie wissen, ist das Wasser zur Fortleitung eines Tones nicht nöthig, sondern weit öfter ist die Luft die Trägerin des Schalles. Wenn die Luft jenen Grad von

Dichtigkeit und Elasticität angenommen hat, welcher der Temperatur von gefrierendem Wasser entspricht, so beträgt die Geschwindigkeit des Schalles darin 1090 Fuss in der Secunde, somit beinahe genau das Viertel der Geschwindigkeit im Wasser. Der Grund davon ist, dass, obwohl das grössere Gewicht des Wassers die Geschwindigkeit der Bewegung zu vermindern trachtet, doch die gewaltige elastische Kraft der Flüssigkeit diesen Nachtheil bei Weitem überwiegt. Mittelst verschiedener Einrichtungen können wir die Schwingungen der Luft zwingen, sich uns zu offenbaren; wir kennen die Länge und die Schnelligkeit der Tonwellen; auch beherrschen wir vollkommen die verschiedenen Methoden, wodurch die Luft in Schwingung versetzt werden kann. Wir kennen die Erscheinungen und Gesetze von schwingenden Stäben, Orgelpfeifen, Saiten, Membranen, Platten und Glocken. Wir können einen Ton durch einen andern aufheben. Wir wissen die physikalische Bedeutung von Musik und Geräusch, von Consonanz und Dissonanz. Kurz, in Bezug auf den Schall haben wir einen sehr klaren Begriff von dem äusseren physikalischen Vorgange, welcher unserem Sinneseindruck entspricht.

Bei den Erscheinungen des Schalles entfernen wir uns nur eine kurze Strecke von den geradezu wahrnehmbaren Erfahrungsthatfachen. Dennoch wird die Einbildungskraft schon hierbei etwas in Anspruch genommen. Das leibliche Auge kann z. B. die Verdichtungen und Verdünnungen der Tonwellen nicht wahrnehmen. Wir construiren dieselben in Gedanken und glauben so fest an ihre Existenz wie an die der Luft. Nun aber müssen wir unsere Erfahrung in eine neue Region hinüberleiten, wo selbst ein neuer Gebrauch von ihr gemacht werden wird. Nachdem wir die Ursache und den Mechanismus



des Schalles kennen gelernt haben, wünschen wir die Ursachen und den Mechanismus des Lichtes zu erforschen. Wir wünschen unsere Forschungen vom Gehörnerven auf den Sehnerven zu übertragen. Im menschlichen Verstande liegt eine Kraft der Erweiterung, fast möchte ich sagen eine Fähigkeit des Erschaffens, welche durch das einfache Nachdenken über eine Thatsache zum Vorschein kommt. In dem uns vorliegendem Falle äusserte sie sich dadurch, dass sie den Mechanismus des Schalles in passend veränderter Form in den Weltraum verpflanzte, um das Licht zu erklären. Wir wissen genau, wovon die Geschwindigkeit des Schalles abhängt. Wenn wir die Dichtigkeit eines Medium verringern, seine Elasticität jedoch constant erhalten, so erhöhen wir die Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Ebenso erhöhen wir dieselbe dadurch, dass wir bei gleich bleibender Dichtigkeit die Elasticität vermehren. Eine geringe Dichtigkeit bei starker Elasticität ist demnach nöthig für eine rasche Fortpflanzung der Bewegung. Vom Lichte aber wissen wir, dass es sich mit der erstaunlichen Geschwindigkeit von 40,000 (deutschen) Meilen in der Secunde bewegt. Wie ist eine solche Geschwindigkeit zu erreichen? Dadurch, dass man den Weltraum kühn mit einem Medium von der erforderlichen Dichtigkeit und Elasticität ausstattet.

Nehmen wir also ein derartiges Medium als Ausgangspunkt an und statten wir es mit den übrigen dazu nothwendigen Eigenschaften aus; behandeln wir es streng nach mechanischen Gesetzen, gehen wir von der Welt der Einbildung zu der der Sinne über und sehen wir zu, ob das schliessliche Resultat dieser Folgerung nicht eben jene Erscheinung des Lichtes ist, welche die gewöhnliche Erfahrung und geschickte Versuche uns zeigen. Führt uns nun diese Grundvorstellung in allen vielfältigen, auch

den fernliegenden und verwickeltesten Abänderungen dieser Erscheinungen stets gerade vor die Wahrheit; findet sich nirgends ein Widerspruch gegen unsere Schlüsse in der äussern Natur, sondern nur Uebereinstimmung und Bestätigung nach allen Seiten; bringt sie im Gegentheile Erscheinungen zu Tage, wie die konische Refraction und andere, welche kein Auge gesehen und kein Mensch vorher geahnt hatte; so muss eine derartige Vorstellung doch mehr sein, als die blosser Erdichtung der wissenschaftlichen Phantasie.

Jene zusammengesetzte und schöpferische Einheit, in welcher Vernunft und Einbildungskraft verbunden sind, führt uns meines Erachtens durch die Bildung dieser Grundvorstellung in eine Welt ein, die nicht weniger Realität besitzt als die Welt der Sinne, ja für welche die Welt der Sinne geradezu Ursache und Rechtfertigung ist.

Fern sei mir jedoch der Wunsch, Sie unveränderlich an diese oder irgend eine andere theoretische Vorstellung zu binden. Trotz unsers Glaubens an die Theorie eines lichtleitenden Aethers wird es gut sein, dieselbe plastisch und veränderungsfähig zu erhalten. Ausserdem können Sie mir einwenden, die vorkommenden Erscheinungen seien wohl derart, als ob das Medium vorhanden wäre, doch fehle bis jetzt der absolute Beweis für dessen Vorhandensein. Fern sei es von mir, diesen Behauptungen die gebührende Berechtigung abzustreiten. Nur wollen wir uns bemühen, aus analogen Fällen eine richtige Schätzung ihres Gewichtes in uns zu bilden. So glauben Sie zum Beispiel, dass Sie hier von vernünftigen Wesen Ihrer eigenen Art umgeben sind, und sind wohl von dieser Thatsache so fest als irgend möglich überzeugt. Welchen Grund haben Sie aber für diese Ueberzeugung? Keinen andern, als dass Ihre Nebenmenschen sich be-

tragen, als ob sie vernünftig wären; die Hypothese — denn mehr ist es nicht — erklärt also die Thatsachen. Und weiter, als besonderes Beispiel: Sie glauben, dass unser Präsident ein vernünftiges Wesen ist. Warum? Es giebt keine bekannte Methode, durch welche die intellektuelle Congruenz des Einen mit dem Andern so nachgewiesen werden könnte, dass der gleiche Besitz der Vernunft unzweifelhaft wäre. Wenn Sie demnach unsern Präsidenten für vernünftig halten, so ist es, weil er sich benimmt, als ob er vernünftig wäre, Sie können in diesem Falle wie beim Aether nicht weiter als zum „als ob“ gelangen. Ich würde mich sogar nicht wundern, wenn bei genauer Vergleichung der Thatsachen, auf welchen beide Schlüsse beruhen, Manche von den hier Anwesenden zur Ueberzeugung kämen, dass der Aether noch im Vortheil sei.

Dieses Weltmedium oder der Lichtäther, wie man ihn nennt, ist der Träger der Wellenbewegung, nicht aber ihr Ursprung. Er empfängt und führt die Bewegung weiter, aber er erzeugt sie nicht. Woher entnimmt er die Bewegungen, welche er weiter führt? In den meisten Fällen von leuchtenden Körpern. Unter dieser Bewegung eines leuchtenden Körpers verstehe ich jedoch nicht eine wahrnehmbare Bewegung an demselben, wie z. B. das Flackern an einer Kerze oder das Hervorschiessen rother Auswüchse an dem Rande der Sonne, sondern ich verstehe darunter eine gewisse innerliche Bewegung der Atome oder Molekeln in einem leuchtenden Körper. Hier ist jedoch eine gewisse Zurückhaltung zu beobachten. Manche unserer gegenwärtigen Chemiker weigern sich, die Molekeln und Atome als wirkliche Dinge anzusehen. Aus Vorsicht machen sie Halt vor der klaren, scharfen, mechanisch verständlichen Atom-Theorie, wie Dalton sie aus-

gesprochen hat, ebenso wie vor jeder andern Form derselben, und machen dagegen die Lehre von den vielfachen Proportionen zu ihrer geistigen Grenze. Ich achte diese Vorsicht, wenngleich sie mir hier falsch angewendet scheint. Die Chemiker, welche vor der Annahme der Atome und Molekeln zurückschrecken, nehmen aber ohne Zögerung die Wellentheorie des Lichtes an. An den Aether und seine lichterzeugenden Wellen glauben Alle sammt und sonders, gerade wie Sie und ich. Erwägen wir nun, was dieser Glauben in sich schliesst. Lassen Sie Ihre Einbildungskraft wirken und stellen Sie sich eine Reihe von Tonwellen durch die Luft gehend vor. Verfolgen Sie dieselben bis zu ihrem Ursprunge zurück, was finden Sie da? Einen bestimmten, greifbaren, schwingenden Körper, seien es nun menschliche Stimmbänder, oder eine Orgelpfeife, oder eine gespannte Saite. Verfolgen Sie in ähnlicher Weise eine Reihe von Aetherwellen bis zu ihrem Urquell, und erinnern Sie sich dabei, dass der Aether eine elastische Masse von gewisser Dichtigkeit ist, deren Bewegungen mechanischen Gesetzen unterliegen und von diesen bestimmt werden. Was erwarten Sie als Ursprung von einer Reihe von Aetherwellen zu finden? Fragen Sie sich, ob Ihre Einbildungskraft eine schwingende vielfache Proportion oder ein Zahlenverhältniss im Zustande der Oscillation anzunehmen vermöchte? Ich glaube es nicht. Sie können Ihr Gebäude nicht durch eine derartige Abstraction krönen. Die wissenschaftliche Einbildungskraft, welche hier herrschend ist, fordert als Ursache für eine Reihe von Aetherwellen mit derselben Bestimmtheit wie für eine Reihe von Tonwellen ein schwingendes, wenn auch ausserordentlich kleines, Theilchen Materie. Ein solches Theilchen nennen wir Atom oder Molekel. Meiner Ansicht nach muss dieses Bild dem suchenden Geiste

schliesslich klar werden, wenn sein Brennpunkt richtig darauf eingestellt wird, so dass er deutliche Umrisse ohne Zerstreuungskreise giebt.

Da ich bei diesem Vortrage einen leitenden Gedanken estzuhalten wünsche und es vermeiden möchte, dass Mangel an Kenntniss oder an Gedächtniss einen Riss in das Bild machen, so schlage ich vor, einen raschen Ueberblick auf ein Gebiet zu werfen, momit zwar die Meisten unter Ihnen vertraut sind, mit welchem ich Sie aber Alle ohne Ausnahme vertraut machen möchte. Die Wellen, welche im Aether durch die schwingenden Atome eines leuchtenden Körpers erzeugt werden, sind an Länge und Amplitude verschieden. Die Amplitude ist die Weite der Schwingung der einzelnen Theilchen der Welle; bei Wasserwellen ist es die Höhe des Kammes über der Vertiefung. Die Wellenlänge aber ist der Zwischenraum zwischen zwei auf einander folgenden Wellenkämmen. Die Gesammtheit der von der Sonne ausgesendeten Wellen kann im Allgemeinen in zwei Klassen getheilt werden. Die eine ist fähig, die andere unfähig, den Gesichtssinn zu erregen. Die lichterzeugenden Wellen sind jedoch unter einander sehr verschieden in Grösse, Form und Kraft. Die Länge der längsten dieser Wellen beträgt ungefähr das Doppelte von der Länge der kürzesten; die Amplitude der grössten Welle ist jedoch wahrscheinlich hundertmal grösser als die der kleinsten. Die Kraft oder Energie der Wellen, welche für unsere Empfindung die Lichtstärke bedeutet, ist proportional dem Quadrate der Amplitude. Wenn also die Amplitude hundertmal grösser ist, so wird die Energie der grössten lichtgebenden Welle zehntausendmal grösser sein als die der kleinsten. Dies ist nicht unwahrscheinlich, wenn auch diese Angaben nicht dazu dienen sollen, Ihnen genaue Zahlen an die Hand zu geben,

sondern nur, um Ihnen einen Begriff von dem Unterschiede zu geben, der wahrscheinlich zwischen den einzelnen Lichtwellen besteht. Und wenn wir die ganze Reihe der Sonnenstrahlen in Betracht ziehen, ihre sichtbaren so gut als ihre unsichtbaren Wellen, so halte ich es für möglich, dass die Kraft oder Energie der längsten Welle eine Millionmal grösser ist, als die der kleinsten.

Wenn sich diese Wellen nun in die entsprechenden Empfindungen umsetzen, so erzeugen die verschiedenen Lichtwellen verschiedene Farben. Roth wird zum Beispiel von den längsten, Violett von den kürzesten Lichtwellen hervorgebracht; während Grün durch Wellen von dazwischenliegender Länge erzeugt wird. Wenn die Wellen aus der Luft in eine stärker brechende Substanz wie Glas oder Wasser oder Schwefelkohlenstoff übergetreten sind, so wird ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit, und zwar die der Kleinsten am meisten, verzögert. Dies giebt uns ein Mittel, die verschiedenen Wellengattungen von einander zu trennen, mit anderen Worten, das Licht zu analysiren. Indem man die Sonnenwellen durch ein Prisma gehen lässt, werden dieselben von ihrem directen Laufe abgewendet, und zwar Roth am wenigsten und Violett am meisten. Sie werden gleichsam auseinander gezogen, und lassen auf einem weissen Schirm, der sie auffängt, das Sonnenspectrum erscheinen. In Wahrheit umfasst das Spectrum eine unendliche Menge von Farben, aber die Grenzen unserer Sprache und unserer Unterscheidungsfähigkeit bewirken, dass wir nur sieben Abtheilungen erkennen; nämlich: Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo und Violett. Dies sind die sieben prismatischen oder Urfarben.

Getrennt oder in verschiedenen Verhältnissen gemischt ergeben die Sonnenwellen alle Farben, die in der

Natur beobachtet und in der Kunst angewendet werden. Alle zusammen vereinigt machen sie den Eindruck von Weiss. Reines ungetheiltes Sonnenlicht ist weiss; und wenn alle Wellenbestandtheile dieses Lichtes in demselben Verhältniss vermindert werden, so wird das Licht, trotz geringerer Intensität, weiss bleiben. Das von der Sonne beschienene Weiss des Alpenschnees ist für das Auge kaum erträglich. Derselbe Schnee ist auch unter einem trüben Himmel noch immer weiss. Ein solcher Himmel schwächt das Licht durch Reflection nach oben hin. Wenn wir uns über eine Wolkenschicht erheben, und z. B. einen Gipfel der Alpen oder den Snowdon in Wales bestiegen haben, und die Sonne in geeigneter Richtung von oben auf die Wolken scheinen sehen, so sind diese blendend weiss. Gewöhnliche Wolken theilen das Sonnenlicht, welches auf sie fällt, in zwei Theile, einen reflectirten und einen durchgelassenen Theil, in deren Jedem die Verhältnisse der Wellenbewegungen, wie diese gerade den Eindruck des Weiss machen, ziemlich unverändert sind.

Dabei ist wohl zu bemerken, dass das weisse Aussehen nicht unverändert bleiben würde, wenn alle Wellen um dieselbe absolute Lichtmenge verkleinert würden; sie müssen verhältnissmässig nicht aber gleichmässig verkleinert werden. Wenn die Wellen des rothen Lichtes bei ihrer Zurückwerfung genau in zwei Hälften getheilt werden, dann müssen, um das Licht weiss zu erhalten, die Wellen des Gelb, Orange, Grün und Blau auch in genau gleiche Hälften getheilt werden. Kurz, die Verkleinerung muss nicht um absolut gleiche Grössen, sondern um gleiche Bruchtheile stattfinden. Im weissen Lichte müssen die längeren Wellen, nach dem Maasse ihrer Energie gemessen, immer ein ungeheures Uebergewicht über die kürzeren behalten. Wäre dies

nicht der Fall, so würde das Blau, als die den kleineren Wellen entsprechende physiologische Wirkung in unserer Empfindung die Oberhand gewinnen.

Die Aetherwellen werden aber nicht bloss durch Wolken, feste Körper und Flüssigkeiten zurückgeworfen, sondern auch dann, wenn sie aus dünnerer in dichtere, oder aus dichterer in dünnere Luft übergehen. Unsere Atmosphäre zeigt eine continuirliche Veränderung ihrer Dichtigkeit von oben nach Unten. Es wird unserer Vorstellung zu Hülfe kommen, wenn wir sie so betrachten, als wäre sie aus einer Reihe dünner concentrischer Schichten oder Schalen von Luft zusammengesetzt, wobei jede Schicht durchweg dieselbe Dichtigkeit hätte, und ein kleiner und plötzlicher Wechsel der Dichtigkeit nur da vorkäme, wo eine Schicht an die andere stösst. Das Licht würde an den Grenzflächen aller dieser Schichten zurückgeworfen werden, und der Erfolg würde im Wesentlichen derselbe sein, wie der in der wirklichen Atmosphäre stattfindende. Und nun möchte ich Ihre Einbildungskraft auffordern, sich diesen Vorgang der Zurückwerfung vorzustellen. Was wird aus dem zurückgeworfenen Lichte? Die atmosphärischen Schichten wenden ihre convexen Oberflächen nach der Sonne, und bilden eben so viele gewölbte Spiegel von schwacher Kraft, und Sie werden sofort bemerken, dass das regelmässig zurückgeworfene Licht dieser Oberfläche die Erde gar nicht erreichen kann, sondern im Raume zerstreut werden muss.

Obwohl nun das Licht der Sonne auf diese Weise durch die Luftschichten nicht nach der Erde hin zurückgeworfen wird, so giebt es doch ganz unzweifelhafte Beweise, welche zeigen, dass das Licht unseres Firmamentes reflectirtes Licht ist. Ich könnte hier



Beweise der triftigsten Art anführen, aber wir bräuchten nur den einen Umstand in Erwägung zu ziehen, dass wir zu gleicher Zeit Licht von allen Theilen des Himmelsgewölbes empfangen. Das Licht des Firmamentes kommt zu uns auch quer zu der Richtung der Sonnenstrahlen, ja sogar ihr gerade entgegen; und dieser seitliche und rückläufige Strom von Wellenbewegung kann nur dem Zurückprallen der Aetherwellen von den Lufttheilchen selbst oder von irgend welchen andern Theilchen, die in der Luft suspendirt sind, herrühren. Auch ist klar, dass der Himmel das Sonnenlicht anders reflectirt, als es die Wolken thun, welche Weiss hervorbringen. Der Himmel ist blau, und dieser Umstand deutet auf einen Mangel an längeren Wellen. Wüschte man sich Rechenschaft über die Farbe des Himmels zu geben, so müsste die erste Frage natürlicher Weise sein, ist nicht die Luft blau? Eine blaue Färbung der Luft ist in der That als Ursache für das Blau des Himmels aufgestellt worden. Allein der Verstand, indem er die gemachten Beobachtungen überblickt, fragt: Wenn die Luft blau ist, wie kann das Licht beim Auf- und Untergang der Sonne gelb, orange und sogar roth sein, während es doch gerade dann durch grosse Luftstrecken hinzieht? Der Durchgang von weissem Sonnenlicht durch ein blaues Medium kann unmöglich das Licht roth machen. Die Voraussetzung einer blauen Färbung der Luft ist deshalb unhaltbar. Das Agens, welcher Art es auch sei, welches uns das Licht des Himmels sendet, übt hierbei eine dichroitische (zweifärbige) Wirkung aus. Das reflectirte Licht ist blau, das durchgelassene Licht ist orange. Es zeigt sich hierbei ein entschiedener Unterschied zwischen der Luft des blauen Himmels und dem Stoffe, aus dem Wolken zu bestehen pflegen; denn dieser übt keinerlei dichroitische Wirkung aus.

Mit Hülfe von Einbildungskraft und Vernunft können wir auch dieses Geheimniss durchdringen. Die Wolke macht keinen Grössenunterschied zwischen den Lichtwellen, sondern wirft sie alle gleichmässig zurück. Es findet keine Auswahl dabei Statt. Die Ursache mag darin liegen, dass die Theilchen der Wolke so gross sind im Vergleich zu den Aetherwellen, dass sie die letzteren ganz unterschiedslos zurückwerfen. Eine breite Felswand wirft eine Woge des atlantischen Oceans ebenso gut zurück als die leise Kräuselung, die vom Flügel eines Seevogels herrührt; auch können gegenüber von sehr breiten zurückwerfenden Flächen die Unterschiede verschwinden, welche zwischen den Aetherwellen bestehen. Allein angenommen, die reflectirenden Theilchen seien nicht gross, sondern sehr klein im Vergleich zur Grösse der Wellen, so wird in diesem Falle nicht die ganze Welle aufgefangen und zurückgeworfen werden, sondern es wird nur ein kleiner Theil derselben zerschellen. Die grosse Masse der Welle geht über ein solches Theilchen hinweg, ohne zurückgeworfen zu werden. Streuen Sie eine Handvoll solcher winziger fremder Theilchen in unsere Atmosphäre und lassen Sie Ihre Einbildungskraft deren Wirkung auf die Sonnenwellen belauschen. Wellen jeder Grösse stossen gegen diese Theilchen an und Sie sehen bei jedem Zusammenstoss, dass ein Theil der anstossenden Welle abgeschnitten wird. Diese Wirkung erstreckt sich auf alle Wellen des Spectrum, von dem äussersten Roth bis zum äussersten Violett.

In welchem Verhältniss werden nun aber die Wellen zerstreut? Ist unsere Vorstellung recht lebhaft und klar, so werden wir im Stande sein, die durch den Versuch zu gebende Antwort voraus zu sehen. Wenn wir uns erinnern, dass die rothen Wellen zu den blauen ungefähr in demselben Verhältniss stehen, wie Meeres-

wogen zu kleinen Kräuselwellen, so müssen wir überlegen, ob jene äusserst kleinen Theile hinreichend sind, um alle Wellen in demselben Verhältniss zu zerstreuen. Ist das nicht der Fall, und kurzes Nachdenken wird Ihnen sagen, dass es nicht der Fall sein kann, so muss Farbe als Folge der Zerstreung entstehen. Grösse ist nur ein Verhältniss; je kleiner die Welle, desto grösser ist jedes Theilchen, woran sie sich stösst, im Verhältniss zu ihr und desto grösser also auch das Verhältniss des zerstreuten Theiles zur ganzen Welle. Wenn die Ringwellen, welche schwere Regentropfen auf einem ruhigen Teiche erzeugt haben, einen in ihrem Wege liegenden Kiesel treffen, so wird dieser einen grossen Bruchtheil der Kräuselwellen, die auf ihn treffen, zurückwerfen, während derselbe Kiesel nur einen unendlich kleinen Theil einer grössern Welle zurückwerfen wird. Es ist uns bereits klar, dass wir, um das Sonnenlicht weiss zu erhalten, nichts am Verhältniss seiner Bestandtheile verändern dürfen; allein durch die Theilung, welche unsere angenommenen kleinen Theilchen ihrerseits vornehmen, sehen wir, dass dieses Verhältniss in der That verändert wird. Eine überwiegende Menge kleiner Wellen wird durch solche Theilchen zerstreut, und in Folge davon wird Blau in dem zerstreuten Lichte die vorherrschende Farbe sein. Die übrigen Farben des Spectrum müssen bis zu einem gewissen Grade das Blau begleiten. Sie sind nicht verschwunden, sondern nur in ungenügender Menge vorhanden. Sie müssen in der That Alle vorhanden sein, aber in einem Verhältniss, das vom Violett bis zum Roth immer kleiner wird.

Wir haben unserer Phantasie diesen Fall zur Beurteilung vorgeführt, und haben nun, falls wir die Undulationstheorie als wahr annehmen dürfen, unser Raisonne-

ment bis zu dem Schlusse durchgeführt, dass wenn Theilchen, klein im Verhältniss zu den Aetherwellen, in unsrer Atmosphäre ausgestreut sind, das von ihnen zerstreute Licht genau von der Art sein wird, wie wir es an unserm Himmelsblau beobachten. Analysirt man dieses Licht, so findet man alle Farben des Spectrum darin, und man findet sie in dem Verhältniss, wie sie durch unsere Schlüsse verlangt werden.

Wenden wir jetzt unsere Aufmerksamkeit auf das Licht, welches ungehindert zwischen den Theilchen hindurch geht. Wie muss dasselbe schliesslich verändert sein? Durch den fortgesetzten Zusammenstoss mit den Theilchen wird das weisse Licht mehr und mehr seiner kürzeren Wellen beraubt, und verliert dadurch mehr und mehr seinen ursprünglichen Antheil von Blau. Der Erfolg kann vorausgesehen werden. Bei kurzen Entfernungen wird das durchgegangene Licht gelblich erscheinen. Aber je mehr die Sonne gegen den Horizont herabsinkt, desto länger wird der Weg durch die Atmosphäre, und desto grösser die Anzahl der zerstreuen Theilchen. Sie entziehen dem Lichte nach einander das Violett, das Indigo, das Blau und verändern sogar das Verhältniss des Grün. Das durchgelassene Licht muss unter solchen Umständen vom Gelb durch Orange zum Roth übergehen, was auch mit den Vorgängen in der Natur genau übereinstimmt. Während uns demnach das reflectirte Licht Mittags das tiefe Blau des Alpenhimmels zeigt — giebt uns das durchgelassene Licht bei Sonnenuntergang das warme Carmin-Roth des Alpenglühens. Die Erscheinungen sind jedenfalls der Art, als ob unsere Atmosphäre ein Medium wäre, welches durch mechanisch darin suspendirte unendlich kleine Theilchen leicht getrübt ist.

Hier begegnen wir abermals dem zweifelnden „als ob“.

Es ist dieser Zweifel in unserer Wissenschaft, gleich einem parasitischen Gewächs, stets zur Hand, bereit, sich einzupflanzen und auf den schwachen Punkten unserer Theorie weiter zu sprossen. Allein eine starke Constitution wehrt sich gegen Parasiten, und in unserm Falle, wenn wir die Erscheinungen befragen, so wächst die Wahrscheinlichkeit wie zunehmende Gesundheit, bis schliesslich die Krankheit des Zweifels gänzlich ausgerottet ist. Die erste Frage, die auftaucht, ist: Lässt es sich beweisen, dass kleine Theilchen in der oben bezeichneten Weise wirken? Hierauf lautet die Antwort: ohne allen Zweifel. Jedermann ist im Stande, diese Frage durch den Versuch zu erproben. Harz löst sich im Wasser nicht auf, wohl aber in Spiritus; giesst man Spiritus, welcher Harz in Lösung enthält, in Wasser, so scheidet sich das Harz augenblicklich in Form fester Theilchen aus, und macht das Wasser milchähnlich. Die Feinheit des Präzipitats hängt von der Menge des aufgelösten Harzes ab. Es kann sich in dicken Klumpen oder in allerfeinster Vertheilung ausscheiden. Professor Brücke hat die Verhältnisse angegeben, wie sich die für unsere gegenwärtigen Zwecke geeigneten Theilchen hervorbringen lassen. Ein Gramm von reinem Mastix wird in 87 Gramm absolutem Alkohol aufgelöst, und die durchsichtige Lösung wird in ein Gefäss voll reinen Wassers gegossen, welches man lebhaft umrührt. Eine äusserst feine Ausscheidung bildet sich auf diese Weise, deren Vorhandensein durch ihre Wirkung auf das Licht sich bekundet. Setze ich eine dunkle Fläche hinter das Glasgefäss und lasse das Licht von oben oder von vorn darauf fallen, so sieht das Medium deutlich blau aus. Es ist vielleicht kein so ganz vollkommenes Blau, wie ich es an besonders schönen Tagen in den Alpen sah, allein es ist immerhin

ein ganz hübsches Himmelblau. Eine Spur von Seife färbt das Wasser auch leicht blau. Die Milch in London, und ich fürchte, auch in Liverpool und andern grossen Städten, nähert sich derselben Farbe aus ähnlichen Ursachen, und Helmholtz hat unehrerbietiger Weise die Thatsache enthüllt, dass das schönste blaue Auge nur ein trübes Medium sei.

Göthe zeigte die Wirkung der getrüben Medien auf das Licht; und obwohl er die Wellentheorie nicht kannte, wurde er doch durch seine Versuche dazu geführt, das Firmament für ein beleuchtetes trübes Medium anzusehen, hinter welchem sich der dunkle Weltraum befindet. Er beschreibt Gläser, welche ein helles Gelb durchlassen, und ein schönes Blau im reflectirten Lichte zeigen. Professor Stokes, wohl der Erste, der die wahre Wirkung von kleinen Theilchen auf die Aetherwellen erkannt hat, beschreibt eine ähnliche Glasart.\*) Der sogenannte „Schimmel“ auf dem Firniss von Oelgemälden ist wohl eine Wirkung ähnlicher Art. Das Braun auf einem Bilde nimmt dann das Ansehen von dem blauen Dufte einer Pflaume an. Die optische Continuität kann wieder hergestellt werden, einfach dadurch, dass man den Firniss mit einem seidenen Tuche abreibt, und den „Schimmel“ verschwinden macht. Vor etlichen Jahren war ich Zeuge der Versuche, welche Mr. Hirst mit dem trüben Wasser der Visp in Zermatt anstellte. Dasselbe war beladen mit fein zertheilter Materie, die durch die Gletscher zermahlen

---

\*) Dieses Glas hatte bei reflectirtem Lichte eine Farbe, die derjenigen einer Abkochung von Rosskastanienrinde sehr ähnlich war. Merkwürdigerweise deutet auch Göthe auf dieselbe Abkochung hin: „Man nehme einen Streifen frischer Rinde von der Rosskastanie, man stecke denselben in ein Glas Wasser, und in der kürzesten Zeit werden wir das vollkommenste Himmelsblau entstehen sehen.“ Göthe's Werke, B. XXIX, pag. 24.

war. Nachdem das Wasser ungefähr einen Tag lang gestanden hatte, schlug sich die gröbere Masse nieder, die feinere blieb jedoch darin suspendirt und gab dem Wasser eine deutliche blaue Färbung. Die blaue Farbe mancher Seen in den Alpen ist auf dieselbe Ursache zurückgeführt worden. Professor Roscoe hat mehrere ähnliche sehr frappante Fälle bemerkt. Der verstorbene Forbes hat in einer bemerkenswerthen Abhandlung gezeigt, dass Dampf, welcher dem Sicherheitsventil einer Locomotive entströmt, in einem gewissen Dichtigkeitszustande die Färbung des Himmels annimmt. Er ist blau bei reflectirtem und orange oder roth bei durchgelassenem Lichte. Dieselbe Wirkung wird bis zu einem gewissen Grade durch Torfrauch hervorgebracht, was auch Göthe schon bemerkt hatte. Zu Killarney in Irland pflegte ich mich in früheren Jahren an windstillen Tagen damit zu unterhalten, die senkrechten Rauchsäulen, welche von den Dächern der Hütten aufstiegen, zu beobachten. Der untere Theil der Rauchsäule hob sich dort von dunkeln Tannen, der obere von lichten Wolken ab. Im ersten Falle war der Rauch blau, da man ihn hauptsächlich mittelst des reflectirten Lichtes sah; im letzteren war er röthlich im durchgehenden Lichte gesehen. Jener röthliche Rauch kam zwar dem Alpenglühen nicht gleich, allein es war doch ein Schritt in der Richtung dazu hin. Das bereits erwähnte schöne Präzipitat von Brücke sieht gelblich aus bei durchgehendem Lichte; macht man es aber dicht genug, so kann man das weisse Licht des Mittags so roth erscheinen lassen, wie die Sonne durch den Kohlenrauch von Liverpool oder am Horizonte der Alpen aussieht. Ich spreche hier jedoch nicht von dickem Steinkohlenrauch; denn dieser wirkt nicht nur nach der Art kleiner Theilchen, sondern er absorbirt und zerstört

die blauen Lichtwellen, anstatt sie bis zum Auge des Beobachters zurück zu senden.

Diese mannigfaltigen und noch zahllose andere, hier nicht zu erwähnende Thatsachen finden ihre Erklärung in dem folgenden Principe: Da, wo die zerstreuenen Theilchen klein sind im Verhältniss zur Grösse der Wellen, haben wir in dem reflectirten Lichte einen stärkeren Bruchtheil von kleineren Wellen, und im durchgehenden Lichte einen stärkeren Bruchtheil von grösseren Wellen, als im ursprünglichen weissen Lichte vorhanden war. Die physiologische Folge hiervon ist, dass in dem einen Licht das Blau, in dem andern Lichte das Orange oder Roth vorherrscht. Lassen Sie uns weiter gehen. Unsere besten Mikroskope lassen uns Gegenstände erkennen, die nicht mehr als  $\frac{1}{50000}$  Zoll im Durchschnitt haben. Dies ist weniger, als die Länge einer rothen Lichtwelle beträgt. Ja die ausgezeichnetsten Mikroskope lassen uns Gegenstände unterscheiden, deren Durchschnitt die Länge der kleinsten Wellen des sichtbaren Spectrum nicht überschreitet. Das Mikroskop macht es uns also möglich, unsere Theilchen einem Beweise durch das Experiment zu unterwerfen. Sind die Theilchen so gross als die Lichtwellen, so werden sie unfehlbar sichtbar sein; sind sie aber unsichtbar, so rührt dies daher, dass sie kleiner sind. Ich übergab unserm Präsidenten eine Flasche, welche die nach Brücke's Vorschrift niedergeschlagenen Theilchen enthielt, wenn gleich in grösserer Menge und weniger fein zertheilt als in der Mischung, welche Brücke selbst untersucht hatte. Die Flüssigkeit zeigte ein milchiges Blau, und Professor Huxley wendete sein stärkstes Mikroskop darauf an. Er überzeugte mich damals, dass Theilchen von nur  $\frac{1}{100000}$  Zoll Durchmesser der Beobachtung noch zugänglich sein müssten. Es wurden jedoch



keine Theilchen sichtbar, sondern die trübe Flüssigkeit war unter dem Mikroskop von reinem destillirtem Wasser nicht zu unterscheiden. Ich kann wohl hinzufügen, dass auch Brücke die Theilchen für unerkennbar durch unsere Mikroskope erklärte.

Allein wir haben es in unserer Macht, die natürlichen Bedingungen unseres Problems viel genauer nachzuahmen, als dies bis jetzt geschehen ist. Wir können, wie Manche unter Ihnen wissen, einen künstlichen Himmel in der Luft erzeugen, und dessen vollständige Gleichheit mit dem wirklichen Himmel durch das Zustandekommen von einer Menge von unerwarteten Erscheinungen beweisen. Durch ein fortgesetztes Wachsthum können wir von der „Himmelsmasse“, wenn ich mich so ausdrücken darf, auf der einen Seite zu molekularer Masse auf der andern zu grober Masse, oder Masse von wahrnehmbarer Anhäufung übergehen.

Zur Erläuterung will ich mich eines Versuches bedienen, den Mr. Morren aus Marseille bei einer früheren Versammlung der British Association beschrieb. Schwefel und Sauerstoff vereinigen sich, um schwefligsaures Gas zu bilden. Es ist jenes erstickende Gas, welches man beim Anzünden eines Schwefelhölzchens riecht. Zwei Atome Sauerstoff und ein Atom Schwefel bilden das Molekül des schwefligsauren Gases. Es ist neuerdings in einer Menge von Fällen gezeigt worden, dass Aetherwellen, welche einer starken Lichtquelle, wie der Sonne oder dem elektrischen Kohlenlichte entströmen, fähig sind, die Atome von Gasmolekeln auseinander zu reißen. Ein Chemiker würde den Vorgang „Zersetzung durch Licht“ nennen; allein wir, die wir uns mit der Macht und der Thätigkeit der Einbildungskraft beschäftigen, müssen stets die physikalischen Bilder, welche unseren Aus-

drücken zu Grunde liegen, vor Augen behalten. Deshalb spreche ich es scharf und bestimmt aus, dass die Bestandtheile der Molekeln von schwefligsaurem Gase durch die Aetherwellen auseinander gerissen werden. Schliesst man die Substanz in ein geeignetes Gefäss ein, setzt man es in ein dunkles Zimmer, und lässt man einen kräftigen Lichtstrahl hindurchgehen, so sieht man anfänglich gar nichts. Das Gefäss, welches das Glas enthält, ist so leer wie ein Vacuum. Bald jedoch wird längs des Lichtstrahls ein schönes Himmelblau sichtbar, welches den frei gewordenen Schwefeltheilchen zuzuschreiben ist. Eine Weile wird das Blau immer intensiver, alsdann wird es weisslich, und von weisslichem Blau geht es über zu mehr oder weniger vollkommenen Weiss. Wird der Vorgang genügend lang fortgesetzt, so sehen wir schliesslich das Gefäss mit einer dichten weissen Wolke von Schwefeltheilchen erfüllt, welche man einzeln durch geeignete Mittel sichtbar machen kann.

Hier lösen also unsere Aetherwellen das Band der chemischen Verwandtschaft und befreien einen Körper, den Schwefel, der bei gewöhnlicher Temperatur fest ist, und deshalb für unsere Sinne bald wahrnehmbar wird. Wir haben zuerst die freien Schwefelatome, welche unsichtbar sind, weil sie nicht Licht genug zerstreuen, um die Retina zu erregen; allmählig verschmelzen diese Atome jedoch in einander und bilden Theilchen, welche sich durch beständigen Zuwachs vergrössern, bis sie nach etlichen Minuten als „Himmelsmasse“ erscheinen. In diesem Zustande sind sie selbst zwar noch unsichtbar, allein schon im Stande, genügend viel Wellenbewegung der Retina zuzusenden, um den Eindruck des Himmelblau zu geben. Die Theilchen verbleiben nun eine geraume Zeit in diesem Zustande, während dessen sie dem

Mikroskope noch unzugänglich sind. Allein sie werden beständig grösser, gehen durch unmerkliche Abstufungen in den Zustand einer Wolke über, und können nun dem bewaffneten Auge nicht länger entgehen. Es findet demnach keinerlei Unterbrechung statt, wir beginnen mit der Materie als Molekel und endigen mit der Materie als Masse; die „Himmelsmasse“ bildet den Mittelzustand in der Reihenfolge der Veränderungen.

Wir könnten ein Dutzend anderer Substanzen an Stelle der schwefligen Säure nehmen, und mit Allen dieselbe Wirkung erzielen. Bei den Meisten, ja vielleicht bei Allen ist es möglich, den Stoff fünfzehn bis zwanzig Minuten lang im Zustande des Himmelsblau unter beständiger Lichteinwirkung zu erhalten. Während dieser fünfzehn bis zwanzig Minuten werden die Theilchen fort-dauernd grösser, ohne jedoch die Grösse zu überschreiten, welche zur Bildung des Himmelsblau nöthig ist. Hat man nun zwei Gefässe, welche Masse in diesem Zustande enthalten, vor sich, so kann man mit voller Sicherheit bestimmen, in welchem Gefässe die Theilchen am grössten sind. Die Netzhaut ist sehr empfindlich für diese Lichtunterschiede, namentlich wenn sich das Auge, wie in diesem Falle, in verhältnissmässiger Dunkelheit befindet und die Menge der auf die Netzhaut einwirkenden Wellenbewegungen klein ist. Die grösseren Theilchen verrathen sich dem Auge durch die weisslichere Farbe des zerstreuten Lichtes. Rufen Sie sich jetzt jenen Versuch zu einer Beobachtung ins Gedächtniss zurück, welchen unser Prä-sident anstellte, um die einzelnen Harztheilchen in der Brücke'schen Lösung zu erkennen, und folgen Sie mir dann weiter. Ich liess einen Lichtstrahl auf gewisse Dämpfe fallen. Nach zwei Minuten erschien das Azurblau, allein nach fünfzehn Minuten war es noch immer

da. Nach Ablauf dieser Zeit wurde sowohl durch die Farbe als durch andere Erscheinungen deutlich, dass das Blau von kleineren Theilchen herrührte, als jene der Brücke'schen Lösung waren, welche Professor Huxley vergeblich zu erkennen versucht hatte. Diese Theilchen mussten, wie bereits gesagt, weniger als  $\frac{1}{100000}$  Zoll im Durchmesser sein. Und jetzt möchte ich Ihrer Einbildungskraft die folgenden Fragen vorlegen: Hier haben wir Theilchen, welche sich fünfzehn Minuten lang fort-dauernd vergrössern und nach Ablauf dieser Zeit noch immer nachweisbar kleiner sind, als andere Theilchen, welche auch dem Mikroskope von Professor Huxley noch unzugänglich waren: Wie gross waren diese Theilchen, ehe sie anfangen, sich zu vergrössern? Welche Begriffe vermögen Sie sich von den Grösseverhältnissen solcher Theilchen zu machen? Die Entfernungen der Himmelskörper geben uns einfach ein beunruhigendes Gefühl der Weite, ohne dem Verstande irgend einen bestimmten Begriff zu hinterlassen, und die Grössenverhältnisse, womit wir es jetzt zu thun haben, verwirren uns ebenso in entgegengesetzter Weise. Wir beschäftigen uns mit Unendlichkeiten, im Vergleich zu denen die Probe-objecte eines Mikroskopes buchstäblich ungeheuer gross zu nennen sind.

Die Thatsache, dass die Cometen das Licht der Sterne durchlassen, verknüpft mit andern Betrachtungen, führten Sir John Herschel zu ganz überraschenden Schlüssen bezüglich der Dichtigkeit und des Gewichtes der Cometen. Sie wissen, dass diese sonderbaren und geheimnissvollen Körper oft Schweife aussenden, welche eine Länge von zwanzig Millionen Meilen und einen Durchmesser von zehntausend Meilen haben. Der Durchmesser unserer Erde beträgt siebzehnhundert und fünfzehn Meilen.

Dieser, nebst der Atmosphäre und noch einem grossen Raume jenseits derselben könnten gewiss in einer Kugel von zweitausend Meilen Durchmesser eingeschlossen werden. Lassen Sie uns eine hohle Kugel von diesem Durchmesser, mit Cometenmasse gefüllt, als Maasseinheit annehmen. Um einen Cometschweif von der oben angegebenen Länge hervorzubringen, müssten ungefähr dreihunderttausend solcher Maasse in den Raum ausgeleert werden. Und nun angenommen, die ganze Masse würde zusammengebracht und auf geeignete Weise comprimirt, welches Volumen würde sie wohl haben? Sir John Herschel würde Ihnen wahrscheinlich sagen, dass die ganze Masse mit leichter Mühe von einem Pferde fortgefahren werden könnte. Meiner Ansicht nach wäre aber nur ein kleiner Theil einer Pferdekraft erforderlich, um den Cometenstaub fortzubringen. Hiernach werden Sie eine Vorstellung, die ich zuweilen gehegt habe, über die Quantität des färbenden Stoffes unseres Himmels, kaum mehr als ungeheuerlich betrachten. Denken Sie sich eine Kugelfläche rings um die Erde, hoch über der gröbereren Materie, welche in den unteren Regionen zerstreut ist, etwa auf der Höhe des Montblanc oder des Matterhornes. Jenseits dieser Grenze haben wir das tiefblaue Himmelsgewölbe. Man denke sich nun den atmosphärischen Raum jenseits dieser Kugelfläche reingefegt, ausgeleert und die färbende Masse gesammelt. Wie viel würde sie wohl ausmachen? Zuweilen meinte ich, der Koffer einer Dame würde wohl Alles aufnehmen können, ein andermal dachte ich, sogar die Reisetasche eines Herrn oder gar eine Tabaksdose würden gross genug dafür sein. Aber wie dem auch sei — unser Himmel möge sich nun in diesem Grade zusammenpressen lassen oder nicht — jedenfalls bezweifle ich nicht, dass es möglich

wäre, einen Himmel ebenso gross und ebenso gut von Aussehen zu Stande zu bringen mit einer Stoffmenge, die sich in der hohlen Hand halten liesse.

So gering die Masse, so ungeheuer muss dagegen die Zahl der Theilchen sein, wie wir aus der Gleichmässigkeit des Lichts ersehen. Das Blau des Himmels ist nicht in einzelnen Flecken, oder in zerstreuten Punkten sichtbar. Für den Beobachter, der auf dem Gipfel des Montblanc steht, erscheint das Blau so gleichmässig und zusammenhängend, wie die Oberfläche des feinkörnigsten festen Körpers. Eine Marmorkuppel würde keine vollkommenere Continuität zeigen. Mr. Glaisher würde Ihnen sagen, dass wir noch immer das Azurblau über uns hätten, wenn auch jene hypothetische Kugelfläche zur doppelten Höhe des Montblanc gehoben würde. Ueberall durch die Atmosphäre sind diese Theilchen zerstreut. Sie füllen die Alpenthäler und breiten sich wie ein feiner Vorhang über die dunkeln Tannenabhänge aus. Manchmal umhüllen sie die Bergspitzen dermaassen mit Licht, dass man dieselben nicht erkennen kann. In diesem Jahr sah ich das Weisshorn in dieser Weise zugedeckt von opalisirender Luft. Durch geeignete Instrumente kann man den Lichtglanz dämpfen, welchen die blauen Theilchen auf die Netzhaut werfen, und dann tritt der zuvor nur undeutlich gesehene Berg mit plötzlicher Bestimmtheit hervor. Das Erlöschen dieses Glanzes vor einer dunkeln Bergwand gleicht genau dem Wegziehen eines Schleiers. Es ist also das Licht, welches das Auge blendet, nicht aber die Theilchen als dunkle Körper, welche der Schärfe des Sehens hinderlich werden. Bei Tage verdeckt dieses Licht die Sterne; sogar bei Mondschein vermag es alle Sterne zwischen der fünften und der elften Grösse unserer Sehkraft unerreichbar zu machen. Man könnte

das Licht mit einem Geräusch, und den Sternenschimmer mit einem Flüstern, das in jenem Lärm untergeht, vergleichen. Wie sind nun die Theilchen beschaffen, welche dieses Licht verbreiten? Der berühmte De la Rive schreibt den Duft der Alpen bei schönem Wetter den in der Luft schwebenden organischen Keimen zu. Andere sehen jedoch das Vorkommen von organischen Keimen in solcher Menge als eine Unmöglichkeit an. Man hat behauptet, sie würden die Luft verdunkeln; und Diejenigen, welche an spontane Generation glauben, haben in dieser Annahme, dass die Theilchen nicht in gehöriger Anzahl vorhanden sein könnten, ohne auf das Sonnenlicht einzuwirken, ein wichtiges Argument zu Gunsten ihrer Theorie gefunden. Aehnliche Gründe haben Diejenigen angeführt, welche der Erzeugung epidemischer Krankheiten durch Keime widersprachen und sie haben triumphirend an das Mikroskop und die chemische Waage appellirt, um die Frage zu entscheiden. Derartige Schlüsse sind absolut werthlos. Ohne mich im Geringsten der De la Rive'schen Anschauung anzuschliessen, ohne irgend eine Einwendung gegen die Theorie der spontanen Generation zu erheben, ohne der Keimtheorie der Krankheiten irgendwie zuzustimmen, möchte ich dennoch Ihre Aufmerksamkeit auf die Thatsache lenken, dass wir Theilchen in der Luft haben, welche sowohl dem Mikroskop als der Waage entgehen, welche die Luft nicht verdunkeln, und welche trotzdem in solchen Mengen vorhanden sind, dass das biblische Gleichniss vom Sand am Meere daneben ganz unbedeutend wird.

Vielleicht kann die Verschiedenheit der Urtheile über diese und andere Fragen theilweise auf die Relativität aller Beziehungen zurückgeführt werden, welche in der Philosophie eine so grosse Rolle spielt. Dies Gesetz sagt,

dass die Eindrücke, welche wir durch einen Vorgang oder ein Zusammentreffen von Umständen erleiden, von dem Zustande abhängen, worin wir uns zuvor befunden haben. Zwei Reisende auf demselben Berggipfel, von denen der Eine von der Ebene heraufgestiegen, der Andere von einer grösseren Höhe herabgestiegen ist, werden von der Aussicht ganz verschieden afficirt werden. Für den Einen dehnt sich die Natur aus, für den Andern zieht sie sich zusammen, und die Gefühle, welche aus zwei so entgegengesetzten Zuständen entspringen, müssen nothwendiger Weise verschieden sein. Auch in unserer wissenschaftlichen Welt kann das Gesetz der Relativität eine wichtige Rolle spielen. Ein Stückchen Materie von z. B.  $\frac{1}{50000}$  Zoll Durchmesser wird ganz verschieden erscheinen, je nachdem sich Jemand damit beschäftigt, der nur in der Schule der Sinne erzogen ist und gewöhnliche Beobachtung kennt, oder aber Jemand, der auch die Schule der Einbildungskraft durchgemacht hat und mit den Begriffen der Atome und Molekeln vertraut ist. Der Eine steigt herab von den Höhen grösseren Stoffes, der Andere klimmt dazu vom Tieflande der Molekeln empor. Dem Einen scheint es klein, dem Andern gross. Ebenso wenn es sich um die Beurtheilung der kleinsten durch das Mikroskop enthüllten Lebensformen handelt. Für den Einen werden sich diese unmittelbar an die ursprünglichen Stofftheilchen anschliessen und er wird sich sofort die Molekeln, aus denen sie direct zusammengesetzt sind, auszumalen suchen; für ihn giebt es nur einen Schritt vom Atom zum Organismus. Der Andere dagegen entdeckt zahllose organische Zwischenstufen zwischen Beiden. Im Vergleich mit seinen Atomen sind die kleinsten Vibrionen und Bacterien des mikroskopischen Feldes wie Leviathan und Behemoth. Das Gesetz der Relativität kann bis zu einem gewissen



Grade den verschiedenen Standpunkt erklären, den zwei solche Männer in der Frage der spontanen Generation einnehmen werden. Ein Beweis, welcher den Einen völlig befriedigt, wird dem Andern keineswegs genügen; und während dem Ersten die letzte kühne Vertheidigung und überraschende Erweiterung der Theorie durch Dr. Bastian völlig entscheidend erscheint, wird der Zweite sie nur als eine unnütze Arbeit ansehen, welche künftige Forscher wieder zerstören werden.

Ich muss sagen, dass viele Physiologen eine sehr ungenügende Vorstellung von dem Abstände zu haben scheinen, welcher die Grenze des mikroskopischen Sehens von der der Molekeln trennt, und dass sie in Folge dessen zuweilen eine Phraseologie anwenden, welche leicht irre führt. Wenn z. B. vom Inhalt einer Zelle gesagt wird, derselbe sei vollkommen homogen, gänzlich structurlos, weil das Mikroskop keine Structur zu erkennen vermag, oder wenn zwei Gebilde für identisch erklärt werden, weil das Mikroskop keinen Unterschied entdecken kann, dann spielt meiner Ansicht nach das Mikroskop eine schädliche Rolle. Eine kurze Ueberlegung wird Ihnen Allen klar machen, dass das Mikroskop in der wahren Frage der Keimstructur keine Stimme haben kann. Destillirtes Wasser ist vollkommener homogen als der Inhalt irgend welcher organischen Zelle. Was bewirkt nun, dass das Wasser bei 39 Grad Fahrenheit aufhört sich zusammenzuziehen, und von da ab sich auszudehnen beginnt, bis es friert? Es ist dies ein Vorgang in der Structur, wovon das Mikroskop nichts enthüllt und es auch kaum thun wird trotz aller möglichen Fortschritte in seiner Leistungsfähigkeit. Bringen Sie dieses destillirte Wasser in das Feld eines Electromagneten und betrachten Sie es unter dem Mikroskop. Werden Sie

irgend welche Veränderung daran wahrnehmen, wenn der Magnet erregt ist? Nicht die geringste, und doch haben tiefe und eingehende Veränderungen daran stattgefunden. Zuerst und vor Allem sind die Wassertheilchen diamagnetisch polar geworden; zum Zweiten aber bricht und dreht die Flüssigkeit nunmehr einen Lichtstrahl in ganz bestimmter Weise, sowohl was die Stärke als die Richtung desselben betrifft, kraft der Structur, welche ihr durch die magnetische Spannung der Molekeln aufgezungen ist.

Oder sind etwa der Diamant, der Amethyst und die unzähligen Krystalle, die sich im Laboratorium der Natur bilden, ohne Structur? Keineswegs; sie haben sämmtlich ihre Structur, allein was vermag das Mikroskop daran zu leisten? Nichts. Es kann nicht bestimmt genug ausgesprochen werden, dass zwischen den Grenzen des Mikroskopes und denen der Molekeln Raum ist für unzählige Vertauschungen und neue Verbindungen. In dieser Region werden die Pole der Atome geordnet; hier erhalten die Kräfte derselben ihre Richtung; so dass diese Pole und diese Kräfte, wenn sie freies Spiel haben und den geeigneten Anstoss in günstiger Umgebung erhalten, zuförderst den Keim und später den ganzen Organismus anlegen. Aber auch höhere Kräfte, als die des Mikroskopes, versuchen sich vergeblich daran, jene erste Anordnung der Atome, wovon alle künftige Wirkung abhängt, zu ergründen. Die Verwickelung des Problemes erregt Zweifel nicht nur an der Macht unseres Instrumentes — das würde Nichts sagen — sondern daran, ob wir selbst die intellectuellen Urkräfte haben, welche es uns jemals gestatten werden, uns an den ursprünglich gestaltenden Kräften der Natur zu versuchen. So viel ist nach Vorstehendem gewiss, dass noch ein weites Feld

für die Entfaltung der speculativen Kraft jenseits der gegenwärtigen Grenzen der mikroskopischen Forschung bleibt. Aber nur bevorzugte Geister, welche ihre Freiheit zu benützen wissen, ohne sie zu missbrauchen, welche ihre Einbildungskraft mit festen Schranken des Verstandes umgeben, werden mit Erfolg auf diesem Felde arbeiten können. Die Freiheit ist für solche Geister aber von so unendlichem Werthe, dass man ihr zu Liebe auch starke Verirrungen bei den Schwächeren verzeihen muss. In mehr als einer Hinsicht hat zum Beispiel Darwin der wissenschaftlichen Toleranz seiner Zeit viel zugemuthet. Er hat ungeheure Zeiträume in Anspruch genommen für seine Entwicklung der Species, und hat verwegene Ansichten über die Materie in seiner Theorie der Pangenesis aufgestellt. Nach dieser Theorie wäre ein an sich schon mikroskopischer Keim noch eine ganze Welt von kleinen Keimen. Nicht nur wäre der Organismus als Ganzes im Keime schon enthalten, sondern jedes Organ des Organismus hätte dort seinen eigenen Samen. Das, muss ich sagen, ist eine kühne Vorstellung über die Fähigkeit der Materie sich selbst und ihre Kräfte zu theilen. Ehe man es aber versuchen dürfte den geistigen Horizont eines Darwin einengen zu wollen, müsste man ganz sicher sein, dass er jene Schranken unseres Verstandes überschreitet oder dass er gegen beobachtete Thatsachen oder ein bewiesenes Gesetz unwissentlich sündigt — wesentlich wird ein Geist wie Darwin dergleichen niemals thun —; bestünde hierüber auch nur der leiseste Zweifel, so müsste die Sache zu Gunsten der Freiheit eines solchen Geistes entschieden werden. Ihm ist eine weite Möglichkeit an sich ein Antrieb zur Thätigkeit, selbst wenn er von dieser Möglichkeit niemals Gebrauch machen sollte. Ich freue mich, dass unser heutiger Gedankengang mehr

zur Rechtfertigung als zur Verurtheilung Darwins beitragen kann; dass die Räume, deren ein solcher Geist zu seinen hochfliegenden Theorien bedarf, eher grösser als kleiner dadurch werden, indem er zu zeigen scheint, dass Materie sowohl als Kraft vollkommen ausreichend sind, auch die schwersten Proben, die ihnen in Bezug auf Theilbarkeit und Mannigfaltigkeit der Anordnung auferlegt werden, auszuhalten.

Bei Darwin haben sich Beobachtung, Einbildungskraft und Ueberlegung vereinigt, um mit wunderbarem Scharfsinne und Erfolge die Reihe der Lebensformen eine gewisse Strecke rückwärts zu verfolgen. Er setzt, von Analogien geleitet, in seinem „Ursprung der Species“ als Wurzel alles Lebens einen ursprünglichen Keim, von dem er den erstaunlichen Reichthum und die Verschiedenheit des Lebens, welches jetzt auf der Erde herrscht, herleiten zu können glaubt. Sollte diese Hypothese wahr sein, so würden wir damit noch nicht am Ende sein. Die menschliche Einbildungskraft würde unfehlbar noch hinter diesen Urkeim zurückgehen und nach der Geschichte seiner Entstehung fragen, so hoffnungslos dies auch wäre. In dieser dämmernden Welt der Vermuthungen heisst der Forscher jeden Lichtschein willkommen, und sucht seine Einsicht durch indirecte Bestätigungen zu verstärken. Er studirt die Methoden der Natur in den Zeiten und Welten, die in seinem Bereiche sind, um seine Theorien über die vorausgegangenen Zeitalter und Welten darnach zu bilden. Und ist auch die Gewissheit, welche der Versuch giebt, hierbei ausgeschlossen, so bleibt die Einbildungskraft doch nicht ganz ohne Führung. Durch die Untersuchung des Sonnensystems kamen Kant und Laplace zur Ueberzeugung, dass seine verschiedenartigen Körper früher Theile derselben ungetrennten Masse gewesen seien;

dass nebelförmige Masse der dichten Masse vorausging; dass, während die Zeitalter dahinrollten, Wärme verbraucht ward, Verdichtung darauf folgte, Planeten sich ablösten, und dass schliesslich der Haupttheil der glühenden Wolke durch Selbstverdichtung die jetzige Grösse und Dichtigkeit unserer Sonne erreichte. Die Erde selbst zeigt Beweise ihres feurigen Ursprunges, und in unseren Tagen erhält die Hypothese von Kant und Laplace eine unabhängige Bestätigung durch die Spectralanalyse, welche den Beweis liefert, dass Erde und Sonne dieselben Bestandtheile haben.

Mit der Annahme einer derartigen Ansicht über die Entstehung unseres Systems entsteht sofort der Wunsch, das gegenwärtige Leben unseres Planeten mit dem vergangenen in Zusammenhang zu bringen. Wir wünschen etwas über unsere früheste Abstammung zu erfahren. Als die Erde sich zuerst von der Centralmasse löste, konnte das Leben, so wie wir es verstehen, kaum darauf vorhanden sein. Wie aber kam es nun dahin? Bei der Beantwortung solcher Fragen müssen wir uns bestreben eine Art enthaltamer Freiheit zu üben; eine Freiheit, welche in harter Disciplin erzogen, die Zügellosigkeit der Speculation hemmt, und zugleich vor allen Dingen den Dogmatismus in und ausserhalb der Wissenschaft vermeidet.

Eigentlich könnte ich meinen Vortrag hiermit beschliessen, denn ich habe kein Recht dazu, Ihnen unaufgefordert die unfertigen Begriffe aufzudrängen, welche theils noch Wolken ähnlich dahin schwimmen, theils sich zu fester Consistenz zu sammeln beginnen in der modernen wissenschaftlichen Theorie. Allein wenn Sie wünschen, dass ich einfach, ehrlich und ganz unmaassgeblich sprechen soll, so bin ich dazu bereit. Hier haben Sie zu bestimmen, ich zu folgen.

Ihr Ruf ist ergangen. Vor mehreren Jahren war ich

bei einer Discussion anwesend, welche in einem College in London am Schlusse des trefflichen Vortrages eines trefflichen Mannes stattfand. Es waren drei- bis vierhundert Geistliche dabei zugegen. Der Redner begann mit der Civilisation von Egypten zur Zeit Josephs, und deutete an, dass die sehr ausgebildete damalige Organisation des Königreiches und der Gebrauch von Wagen, wie Joseph selbst sie benützte, eine lang vorausgegangene Periode der Civilisation anzeige. Er ging sodann über zum Schlamme des Nils, der Geschwindigkeit seines Anwachsens, der gegenwärtigen Höhe desselben und den darin aufgefundenen Resten menschlicher Handarbeit; von da zu den Felsen, welche das Nilthal einrahmen und welche von organischen Resten wimmeln. Auf diese Weise entwickelte er in der ihm eigenen wunderbaren Klarheit vor dem Geiste seiner Zuhörer die Vorstellung vom wirklichen Alter der Erde und verglich sie mit dem Alter, welches man gemeiniglich der Welt zuzuschreiben pflegt. Während dieser Rede schien er gegen den Strom zu schwimmen, wenigstens glaubte er offenbar einer allgemeinen Ueberzeugung entgegenzutreten. Er erwartete Widerspruch, ich desgleichen. Allein wir irrten uns Beide; da war nirgends Opposition, kein Gegenstrom, kein Widerstand; nur ab und zu ein halb humoristischer aber unfruchtbarer Versuch den Redner in Widersprüche zu verwickeln. „Die Versammlung gab Allem dem, was über das Alter der Erde und ihres Lebens gesagt worden war, ihre volle Zustimmung. In der That waren diese Thatsachen Allen längst bekannt gewesen; und sie neckten den Redner, weil er ihnen etwas Neues damit zu sagen geglaubt hatte. Offenbar hatte die grosse Zahl der hier anwesenden Geistlichen, und es waren, wie mir schien, Leute von hervorragender Bedeutung in ihrem Berufe,

längst die alten Grenzsteine aufgegeben, und die Begriffe vom Ursprung des Lebens in unbestimmt ferne Zeiten zurück verlegt.

Dies führt uns zum Hauptpunkte unseres heutigen Vortrages, nämlich zur Frage: Ob das Leben zu dem gehört, was wir Materie nennen, oder ob es ein unabhängiges Prinzip ist, das der Materie in einem nachfolgenden Zeitalter beigegeben wurde, nachdem etwa die physikalischen Bedingungen derartig geworden waren, dass sie die Entwicklung des Lebens gestatteten? Stellen wir die Frage in der Ehrfurcht, die wir dem Glauben und der Bildung schulden, worin gleichsam unsere Wiege gestanden hat, und welche überdies die unleugbaren Vorläufer unserer jetzigen Aufklärung gewesen sind. Ich sage: stellen wir die Frage mit Ehrfurcht, aber auch mit voller Klarheit und Bestimmtheit. Wir haben allen Grund zu glauben, dass die Erde, während einer gewissen Periode ihrer Geschichte nicht der Schauplatz des Lebens war und es auch nicht sein konnte. Ob dies nun eine Periode des Nebelzustandes oder nur eine solche feuriger Schmelzung war, ist ziemlich gleichgültig; wenn wir bis zu der ersten Annahme zurückgehen, so ist es nur, weil die Wahrscheinlichkeiten dafür wirklich gross sind. Unsere Frage lautet so: Hielt die schöpferische Kraft wirklich inne, bis die nebelige Masse sich verdichtet und die Erde sich gelöst hatte und bis das Sonnenfeuer so weit von der Erde zurückgewichen war, dass sich eine feste Kruste um diese Letztere bilden konnte? Wartete die Schöpferkraft, bis die Luft isolirt war, und die Meere sich gebildet hatten; bis Verdunstung, Verdichtung und der Fall des Regens begonnen hatte, bis die zersetzenden Kräfte der Atmosphäre die geschmolzenen Felsen verwittert und aufgelöst hatten, um den Erdboden zu bilden, bis die Sonnenstrahlen durch

Entfernung und Wärmeverlust so gemässigt wurden, dass sie die chemischen Zersetzungen einleiten konnten, deren das vegetabilische Leben bedarf? Nachdem sie durch diese Aeonen gewartet hatte, bis die richtigen Vorbedingungen vorhanden waren, sprach sie alsdann erst das Machtwort aus: Das Leben werde!? Diese Fragen geben die Umriss einer Hypothese, die nicht ohne Schwierigkeiten ist, die aber doch ehrerbietige Beachtung verdient, da eine Menge edelster Männer ihr anhängen.

Zunächst wird es die Aufgabe der modernen Wissenschaft sein, zwischen dieser und einer andern Hypothese zu entscheiden; späterhin wird das Publikum im Allgemeinen dasselbe thun müssen. Sie können sich jedoch beruhigen in der Zuversicht, dass die eben entworfene Hypothese niemals durch Sturm genommen werden wird, und dass, wenn sie sich jemals ergiebt, sie dies nur nach langer Belagerung thun wird. Zur Eroberung neuer Gebiete bedarf der moderne Gedanke längere Zeit als die modernen Waffen, obgleich beide schneller vorschreiten als dies ehemals geschah. Allein wie auch die Ueberzeugung des Einzelnen bestimmt werden möge, jedenfalls wird es eines Jahrhunderte langen Prozesses bedürfen, ehe das öffentliche Bewusstsein zu der gegenüberstehenden Hypothese der natürlichen Entwicklung hingeleitet sein wird. Denn worin besteht der eigentliche Kern und das Wesen dieser letzteren Hypothese? Entkleidet man sie ihrer sämmtlichen Hüllen, so bedeutet sie nichts Anderes, als dass nicht allein die roheren Formen des infusorischen oder des thierischen Lebens, nicht allein die edleren Formen des Pferdes oder des Löwen, nicht allein der wunderbar verfeinerte Mechanismus des menschlichen Körpers, nein, dass auch der Geist des Menschen, Empfindung, Verstand, Willen in allen ihren Erschei-



nungen einst latent in einer feurigen Wolke enthalten waren. Sollte man nicht meinen, das blossе Aussprechen einer solchen Vorstellung sei schon mehr als eine Widerlegung? Allein die Hypothese könnte noch weiter gehen, und Manche, die daran glauben, würden wohl der Behauptung zustimmen, dass unsere ganze Philosophie, Poesie, Wissenschaft und Kunst, Plato, Shakespeare, Newton und Raphael, der Anlage nach in den Feuern der Sonne enthalten waren. Wir sehnen uns danach, etwas über unsern Ursprung zu erfahren. Ist die Entwicklungstheorie richtig, so müsste sogar diese unbefriedigte Sehnsucht durch die Jahrtausende hindurch, welche den unbewussten Urnebel von dem Bewusstsein der Gegenwart trennen, auf uns übergegangen sein. Die Anhänger der Entwicklungstheorie werden meine Darstellung derselben nicht übertrieben oder überspannt finden. Ich beseitige nur verhüllende Umbestimmtheit, und zeige Ihnen nackt und ungetüncht die Vorstellungen, mit denen jene Theorie stehen oder fallen muss.

Sind diese Begriffe nun wirklich so ungeheuerlich, dass ein gesunder Verstand sich nicht damit befassen dürfte? Geben wir ihnen freien Spielraum. Bewahren wir unsere Ruhe gegenüber dieser Hypothese, entfernen wir alle Angst und Aufregung aus unserem Geiste. Betrachten wir sie allein mit dem harten, scharfen Auge des Verstandes. Warum sind diese Vorstellungen so absurd, und warum sollte das gesunde Urtheil sie verwerfen? Hier kann das früher schon erwähnte Gesetz der Relativität seine Anwendung finden. Diese Entwicklungstheorie erscheint in der That nur dann absurd ungeheuerlich und gleichsam für Galgen und Rad geeignet, wenn man sie mit denjenigen Vorstellungen über die Materie vergleicht, welche uns in unserer Jugend bei-

gebracht wurden. Geist und Stoff sind uns von jeher als die grellsten Gegensätze, der Eine als unbedingt edel, der Andere als unbedingt niedrig, vorgeführt worden. Aber ist diese Auffassung richtig? Alles hängt von der Antwort auf diese Frage ab. Angenommen, wir hätten, anstatt des oben angeführten Gegensatzes zwischen Geist und Stoff, in unserer Jugend gelernt Beide als gleich würdig und gleich wunderbar aufzufassen; sie in der That als zwei entgegengesetzte Seiten desselben Mysteriums anzusehen; angenommen, wir hätten in unserer Jugend die Begriffe Goethe's des Dichters, statt derer Young's des Dichters in uns aufgenommen, und die Materie nicht als rohen Stoff, sondern als „der Gottheit lebendiges Kleid“ anschauen gelernt, glauben Sie nicht, dass das Gesetz der Relativität unter so veränderten Umständen ganz andern Erfolg gehabt haben würde? Ist es nicht denkbar, dass unsere Abneigung gegen die Vorstellung eines ursprünglichen Einsseins von Geist und Materie sich merklich verringert hätte? Ehe nicht eine solche völlige Umwälzung aller jetzt herrschenden Begriffe stattgefunden hat, wird die Entwicklungstheorie verurtheilt bleiben; allein in manchem tiefer denkenden Geiste hat sich dieser Umschwung bereits vollzogen. Es wird damit kein Theil der geheimnissvollen Zweiheit erniedrigt, sondern der eine Theil wird aus seiner Niedrigkeit erhoben und die bisher zwischen beiden bestandene Scheidewand niedergeworfen. Diese Stellung zu den Beziehungen von Geist und Materie ist dem Wesen nach einfach durch die Worte auszudrücken: „Was Gott zusammengefügt hat, soll der Mensch nicht scheiden.“

So habe ich Sie bis an die äusserste Grenze der speculativen Wissenschaft geführt; denn weiter als bis zu dem Nebelchaos hat sich der wissenschaftliche Gedanke

bisher noch nicht gewagt; ich habe versucht, das auszusprechen, was meiner Meinung nach aufrichtig ausgesprochen werden muss. Ich bin nicht der Ansicht, dass die Entwicklungstheorie verächtlich weggeschleudert oder als verbrecherisch denunciert werden muss. Sie muss vor das Forum des wohlgeschulten Denkens gebracht und hier freigesprochen oder verurtheilt werden. Lassen sie uns verständige Vertheidiger und verständige Angreifer anhören und Geduld üben mit denen — und ihrer sind Viele — die Beides in thörichter Weise thun. Der Dogmatismus, einzig und allein, ist in einer derartigen Discussion nicht am Platze. Fürchten Sie die Entwicklungstheorie nicht. Bleiben Sie, Angesichts derselben, fest in der Zuversicht auf den endlichen Sieg der Wahrheit, wie ihn schon der alte Gamaliel in den Worten ausdrückt: „Ist das Werk aus dem Menschen, so wird es untergehen; ist es aber aus Gott, so könnet Ihr es nicht umwerfen.“

Im grellen Lichte wissenschaftlicher Untersuchung wird sich diese Hypothese sicherlich auflösen, falls sie nicht einen Kern von Wahrheit enthält. Sie kann aber — dies glauben Sie mir — in der menschlichen Seele sehr wohl gleichzeitig mit allen jenen Tugenden bestehen, welchen wir den Namen der christlichen geben. Sie wird das Geheimniss des Weltalles nicht lösen und behauptet auch nicht, es zu thun. Sie berührt jenes Geheimniss in der That gar nicht. Auch wenn das Nebelchaos und sein latentes Leben angenommen werden, so bleibt noch immer die Frage offen, woher stammen diese? um uns stutzig und irre zu machen. Im Grunde thut diese Hypothese nichts weiter, als dass sie den Begriff vom Anfang des Lebens in eine unendliche Ferne zurück verlegt.

Die Anhänger der Entwicklungstheorie kennen gar wohl die Unsicherheit ihrer Daten und geben ihnen

auch keine unbedingte Zustimmung. Sie halten die Hypothese vom Nebelchaos für wahrscheinlich, und dehnen die Anwendung des naturwissenschaftlichen Schliessens auch auf die fernste Vergangenheit aus, da durchaus kein thatsächlicher Beweis gegen die Gesetzmässigkeit des Verfahrens vorliegt. Die beobachtete Gleichförmigkeit der Natur ist hierbei ihr einziger Führer. In der langen Reihenfolge physikalischer Untersuchungen hat man niemals die Einmischung einer Laune in der Natur wahrgenommen. Durch diese Reihenfolge hindurch sind die Gesetze der physischen und der geistigen Folgerichtigkeit Hand in Hand gegangen. Nachdem nun das Gesetz der Curve in einer der Beobachtung und dem Experimente zugänglichen Welt festgestellt worden ist, verlängert man diese Curve in eine vorausgegangene Welt, und nimmt die ununterbrochene Folge der Entwicklung von dem Urnebel bis auf unsere Tage an. Die wirklich philosophischen Vertheidiger der Gesetzmässigkeit sprechen niemals von „Unmöglichkeiten“ in der Natur. Sie haben nie behauptet, obwohl man ihnen derartige Behauptungen unterschiebt, es sei dem Schöpfer des Weltalls unmöglich, sein Werk zu verändern. Sie haben es nicht mit Möglichkeiten, sondern mit der Wirklichkeit zu thun, nicht mit der Welt, wie sie sein könnte, sondern mit der Welt, wie sie ist. Diese aber erforschen sie mit Muth und Ehrfurcht zugleich, und wenden dabei Methoden an, welche man ebenso wie die Bäume an ihren Früchten erkennen kann. Sie haben nur den einen Wunsch nach Wahrheit; und nur die Eine Furcht vor dem Glauben an eine Lüge. Und wenn sie einerseits die Stärke der Wissenschaft kennen, und mit unerschütterlichem Vertrauen daran festhalten, so kennen sie andererseits auch die Grenzen, jenseits welcher die Kraft der Wissenschaft aufhört. Sie

wissen sehr wohl, dass Fragen sich dem Geiste aufdrängen, zu deren Lösung die Wissenschaft, so wie sie jetzt fortschreitet, nicht einmal die Neigung hat. Solche Fragen lassen sie offen, dagegen dulden sie durchaus keine ungerechtfertigte Beschränkung ihres geistigen Horizontes. Sie haben eben so wenig Gemeinschaft mit dem Atheisten, der da sagt: es ist kein Gott; als mit dem Theisten, der das Wesen Gottes zu kennen vorgiebt. „Zwei Dinge“, sagt Immanuel Kant, erfüllen mich mit Ehrfurcht; „der Anblick des gestirnten Himmels und das Gefühl der moralischen Verantwortlichkeit im Menschen.“ — In den Momenten von Kraft und geistigem Wohlsein, nachdem die Aufregung des Handelns nachgelassen hat, und die Ruhe des Denkens eingetreten ist, empfindet auch der wissenschaftliche Forscher jene Schauer der Ehrfurcht. Während dieses Gefühl ihn über die kleinlichen Hemmnisse des Erdenlebens hinaushebt, bringt es ihn in Berührung mit einer Macht, welche seinem Leben Reichthum und Wärme giebt, die er aber weder analysiren noch begreifen kann.

---

VIII.

---

ÜBER STRAHLUNG.

---

Ein Vortrag

die Rede'sche Stiftung, gehalten im Senathause vor der Universität  
Cambridge, Dienstag 16. Mai 1865.

---

Forsitan et rosea Sol alte lampade luceus  
Possideat multam caecis fervoribus ignem  
Circum se, nullo qui sit fulgore notatus,  
Aestifer ut tantum radiorum exaugeat ictum.

**Lucretius v. 610.**

(Vielleicht besitzt auch die Sonne hoch oben mit rosigem Lichte leuchtend vieles Feuer rings um sich mit unsichtbarer Gluth, welches durch keinen Glanz bemerkbar ist; so dass es durch seine Gluth nur den Anprall der Strahlen vermehrt.)

## VIII.

# Strahlung.

---

### 1. Sichtbare und unsichtbare Strahlung.

Zwischen der menschlichen Seele und der Aussenwelt liegen die Nerven des menschlichen Körpers, welche die Eindrücke dieser Welt in Thatsachen des Bewusstseins und des Gedankens übersetzen, oder die Seele wenigstens befähigen, dies zu thun.

Verschiedene Nerven sind der Wahrnehmung verschiedener Eindrücke angepasst. Wir sehen nicht mit dem Ohre, und hören nicht mit dem Auge, und können keine Schalleindrücke mit der Zunge empfangen. Aus der grossen Reihe physikalischer Vorgänge wählt sich jeder Nerv oder jede Nervengruppe diejenigen aus, für deren Wahrnehmung er besonders organisirt ist.

Der Sehnerv geht vom Gehirn nach der Rückseite des Auges und breitet sich hier aus um die Netzhaut zu bilden; diese ist wiederum ein Gewebe von Nervenfasern, auf welches die Bilder äusserer Gegenstände durch den optischen Theil des Auges geworfen werden. Der Sehnerv



ist auf die Wahrnehmung von Strahlungsphänomenen beschränkt, und trotz seiner wunderbaren Empfindlichkeit für gewisse derartige Eindrücke ist er eigenthümlich stumpf für andere.

Der Sehnerv umfasst auch nicht einmal das ganze Bereich der Strahlung. Einzelne Strahlen sind nicht im Stande ihn zu erregen, wenn sie ihn treffen, während andere ihn gar nicht erreichen, da sie durch die Flüssigkeiten des Auges absorbiert werden. Alle diejenigen Strahlen, welche mit dem Gesichte nicht wahrgenommen werden, sie mögen nun die Netzhaut erreichen oder nicht, nennen wir unsichtbare oder dunkle Strahlen. Alle nicht leuchtenden Körper senden solche Strahlen aus. Es giebt in der Natur keine absolut kalten Körper, und jeder Körper, der nicht absolut kalt ist, sendet Wärmestrahlen aus. Allein eine gewisse Temperatur ist nöthig, damit die strahlende Wärme im Stande sei, den Sehnerven zu erregen. Ein kaltes Schüreisen, das ins Feuer gesteckt wird, bleibt eine Zeit lang dunkel, wenn jedoch seine Temperatur diejenige der ihn umgebenden Kohlen erreicht hat, so glüht es ebenso wie diese. Dasselbe geschieht, wenn man einen elektrischen Strom von allmählig wachsender Stärke durch einen Draht von dem sehr schwer schmelzbaren Platina gehen lässt; der Draht wird zuerst fühlbar warm für die Berührung; eine Zeit lang steigt seine Temperatur, er bleibt jedoch dunkel; endlich können wir ihn nicht mehr berühren, und nachdem er eine gewisse Höhe der Temperatur erreicht hat, verbreitet er ein schwaches rothes Licht. Je stärker der Strom wird, desto mehr nimmt das Licht an Helligkeit zu, bis der Draht schliesslich in blendendem Weiss erglüht. Das Licht, welches er jetzt ausstrahlt, ist dem der Sonne ähnlich.

Vermittelst eines Prisma entwirrte Sir Isaac Newton

das Geflecht der Sonnenstrahlen und wir können mit Hülfe desselben einfachen Instrumentes die Veränderungen des Lichtes an unserem Platinadrahte untersuchen. Indem es durch das Prisma fällt, werden alle seine Strahlen (und sie sind unendlich an Abwechslung) entweder von ihrem geraden Wege abgelenkt oder gebrochen; und dadurch dass verschiedene Strahlen auf verschiedene Art durch das Prisma gebrochen werden, wird es uns möglich eine Strahlengattung von der andern zu unterscheiden. Durch eine solche prismatische Analyse hat Dr. Draper gezeigt, dass das ausgestrahlte Licht reines Roth ist, wenn der Platindraht zuerst zu glühen beginnt. Bei Zunahme der Gluth wird das Roth glänzender, allein zugleich werden orangerothe Strahlen dem Lichte hinzugefügt. Bei noch mehr gesteigerter Temperatur erscheinen gelbe Strahlen neben den Orangefarbigen, auf Gelb folgt Grün und hierauf der Reihe nach Blau, Indigo und Violett. Um alle diese Farben zu gleicher Zeit zu enthalten muss der Platinadraht weiss glühend sein; wie denn in der That durch die gleichzeitige Wirkung aller Farben der Eindruck von Weiss auf den Sehnerven hervor gebracht wird.

Bei Beginn des oben beschriebenen Versuches hatte der Platinadraht nur gewöhnliche Temperatur, und wurde allmählig bis zum Weissglühen erhitzt. Im Anfange, und zwar noch ehe die Wirkung des elektrischen Stromes begann, gingen unsichtbare Strahlen von dem Drahte aus. Eine Weile nach Beginn der elektrischen Einwirkung, und sogar eine Weile nachdem der Draht schon für die Berührung unerträglich heiss geworden, war seine Strahlung noch unsichtbar. Die Frage entsteht nun, was wird aus den unsichtbaren Strahlen, nachdem die sichtbaren erschienen sind? Es wird in der Folge bewiesen werden, dass ihre Ausstrahlung fort dauert; dass

ein einmal ausgesendeter Strahl fortfährt ausgesendet zu werden, auch wenn die Temperatur zunimmt; deshalb besteht die Emanation unseres Platinadrahtes, sogar wenn sie ihren höchsten Glanz erreicht hat, aus einer Mischung von sichtbaren und unsichtbaren Strahlen. Wenn die Erde selbst, anstatt des Platinadrahtes bis zum Weissglühen erhitzt würde, so würde die dunkle Strahlung, welche sie jetzt aussendet, dennoch zu bestehen fortfahren. Um den Zustand des Weissglühens zu erreichen, müsste der Planet alle Stufen nicht leuchtender Strahlung durchmachen, und die schliessliche Ausstrahlung würde die Strahlen von allen vorhergegangenen Stufen umfassen. Es kann wohl kaum ein Zweifel darüber bestehen, dass auch von der Sonne ähnliche Strahlen ausgehen, wie diejenigen, welche die Erde allnächtlich in den Weltraum aussendet. In der That sind die verschiedenen Arten von dunkler Strahlung, welche die sämtlichen Planeten unseres Systemes ausströmen, auch in der gegenwärtigen Strahlung der Sonne enthalten.

Der grosse Pionier auf diesem Gebiete der Wissenschaft war Sir William Herschel. Indem er einen Sonnenstrahl durch ein Prisma fallen liess, löste er ihn in seine Farbenbestandtheile auf, und bildete damit das was man technisch das Sonnenspectrum nennt. Er brachte das Thermometer nach einander unter die Einwirkung der verschiedenen Strahlen, bestimmte ihre erwärmende Kraft, und fand dass dieselbe vom violetten, dem am meisten gebrochenen Ende nach dem rothen oder am wenigsten gebrochenen Ende des Spectrum hin zunehme. Allein er ging weiter. Indem er seine Thermometer in den dunkeln Raum jenseits der rothen Strahlen schob, fand er die strahlende Wärme, die hier auf das Instrument fiel, bedeutender als an irgend einem sichtbaren Theil

des Spectrums, obgleich alles Licht verschwunden war. Sir William Herschel zeigte in der That, dass die Sonne neben ihren leuchtenden Strahlen noch eine Menge von andern Strahlen aussendet, welche eine viel grössere erwärmende Kraft besitzen als die Ersteren, jedoch für die Zwecke des Auges vollständig unbrauchbar sind. Die Ergebnisse seiner Untersuchungen sind seitdem durch andere Physiker mehrfach bestätigt worden.

An dem weniger brechbaren Ende des Sonnenspectrum fällt also die wirkliche Grenze der Sonnenstrahlen nicht mit der scheinbaren des Auges zusammen; und dasselbe findet auch beim brechbareren Ende Statt. Ritter entdeckte die Ausdehnung des Spectrum nach der unsichtbaren Region jenseits des Violetten; und in neuerer Zeit hat diese überviolette Strahlung durch die wundervollen Untersuchungen von Professor Stokes ganz besonderes Interesse erhalten. Das vollständige Spectrum der Sonne besteht also aus drei Theilen: Erstens aus überrothen Strahlen; zwar unbrauchbar für die Zwecke des Auges, allein von grosser erwärmender Kraft. Zweitens aus leuchtenden, die Farben in folgender Reihenfolge entfaltenden Strahlen: Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo, Violett; und Drittens aus übervioletten Strahlen, welche ähnlich den überrothen, so gut wie unfähig sind den Gesichtssinn zu erregen, dagegen aber abweichend von den überrothen nur eine sehr schwache erwärmende Kraft besitzen. In Folge ihrer chemischen Wirkungen, sind jedoch diese übervioletten Strahlen von grösster Bedeutung für die organische Welt.

## 2. Ursprung und Wesen der Strahlung. Der Aether.

Wenn wir einen Platinadraht allmählich zum Weissglühen bringen und ihn alle Farben des Spectrum der Reihe nach ausstrahlen sehen, so sind wir uns nur eines Wechsels in dem Zustande unseres Auges bewusst. Wir sehen nicht die Vorgänge, aus denen diese verschiedenen Farben hervorgehen, allein der Verstand kommt unaufhaltsam zu dem Schlusse, dass das Auftreten der Farben mit gleichzeitigen Veränderungen im Drahte zusammenhängt. Worin bestehen nun diese Veränderungen? Welcher Zustand muss eingetreten sein, damit der Draht überhaupt Strahlen aussenden kann? Wir müssen jetzt vom Drahte als Ganzem zu den Atomen, aus denen er besteht, zurückgehen. Könnten wir diese Atome sehen, so würden wir sie, auch ehe noch der elektrische Strom auf sie einwirkt, in einem Zustande der Schwingung finden. Aus solchen Schwingungen besteht in der That diejenige Wärme, welche der Draht vorher schon besitzt. Locke sprach diese Idee mit grosser Bestimmtheit aus, und dieselbe scheint auch durch die trefflichen Untersuchungen von Herrn Joule ausser allen Zweifel gestellt zu sein. „Die Wärme“, sagt Locke, „ist die sehr lebhafte Bewegung der un wahrnehmbaren Theilchen eines Gegenstandes, welche in uns diejenige Empfindung hervorrufft, wonach wir den Gegenstand heiss nennen; so dass das, was für unsere Empfindung Wärme ist, für den Gegenstand selbst nichts als Bewegung ist.“ Wenn der elektrische Strom anfängt durch den Draht zu gehen, so vermehrt er zuerst nur die bereits bestehende Bewegung, indem er die Atome

dazu bringt, ihre Schwingungen zu vergrössern. Technisch ausgedrückt wird dabei die Amplitude der Schwingungen vergrössert. Der Strom bewirkt dies jedoch, ohne dass die Schwingungsperiode der älteren Schwingungen, oder die Zeit, innerhalb welcher sie ausgeführt werden, verändert würde. Allein ausserdem dass er den alten Schwingungen grössere Intensität giebt, erzeugt der Strom noch neue raschere Schwingungen, und wenn eine gewisse bestimmte Geschwindigkeit bei denselben eingetreten ist, beginnt der Draht zu glühen. Die Farbe, welche zuerst zum Vorschein kommt ist Roth, sie entspricht der niedrigsten Schwingungsgeschwindigkeit, welche für unser Auge wahrnehmbar ist. Bei zunehmender Stärke des elektrischen Stromes werden die Schwingungen rascher; Orangerothe Strahlen treten hinzu. Eine grössere Geschwindigkeit der Schwingungen bringt Gelb, eine noch grössere Grün hervor, und bei noch zunehmender Geschwindigkeit gehen wir durch Blau, Indigo und Violett zu den ultravioletten Strahlen über. Die Wissenschaft hat nachgewiesen, dass diese Veränderungen in dem Drahte gleichzeitig mit den Empfindungen in unserem Auge stattfinden. Was verbindet jedoch dieses Organ mit dem Drahte? Auf welche Weise sendet Letzterer die Nachrichten seines veränderten Zustandes an den Sehnerven? Da die Wärme nach Locke „eine sehr lebhafte Bewegung der unwahrnehmbaren Theile eines Gegenstandes ist“, so begreift es sich leicht, dass bei einer Berührung die Bewegung sich den anstossenden Nerven mittheilt und sich als Wärme oder Licht zu erkennen giebt. Allein der Sehnerv berührt den Platinadraht nicht, und deshalb ist unsere Frage „durch welche Vermittlung werden die Schwingungen des Drahtes auf das Auge übergeleitet“ vollkommen sachgemäss.

Die Antwort auf diese Frage enthält vielleicht die wichtigste neue Vorstellung, welche der menschliche Geist bis jetzt auf physikalischem Gebiet gefasst hat, nämlich die Vorstellung eines Medium, welches den Raum erfüllt, und welches mechanisch zur Fortpflanzung der Wärme- und Lichtschwingungen eben so geeignet ist, wie die Luft zur Fortpflanzung des Schalles geeignet ist. Dieses Medium wird der Lichtäther genannt. Jede einzelne Schwingung jedes einzelnen Atoms von unserem Platina-drahte erregt eine Welle in diesem Aether, welche sich mit einer Geschwindigkeit von 186,000 engl. (40,000 deutschen) Meilen in der Secunde durch denselben fortbewegt. Der Aether erleidet keine Unterbrechung der Continuität auf der Oberfläche des Auges; die Zwischenräume der Molekeln in den Flüssigkeiten des Auges sind damit gefüllt; daher kommt es, dass die vom glühenden Platinadrahte erregten Wellen diese Flüssigkeiten durchdringen und gegen den Sehnerven im Hintergrunde des Auges anschlagen. Die Empfindung des Lichtes ist also auf die Mittheilung einer Bewegung zurückzuführen. Bis zu diesem Punkte haben wir es mit reiner Mechanik zu thun; allein der darauf folgende Uebergang vom Anpralle der Aetherwellen hinüber in das Bewusstsein entzieht sich der wissenschaftlichen Analyse. Wie ein in den Fluss getauchtes Ruder Wellensysteme erzeugt, welche vom Mittelpunkte der Störung ausgehend, schliesslich das Schilfgras am Ufer bewegen, also erzeugen die schwingenden Atome in dem Aether, der sie umgiebt, Wellenbewegungen, welche schliesslich die Fasern der Netzhaut im Auge erregen. Die auf diese Weise mitgetheilte Bewegung wird mit messbarer, nicht allzugrosser Geschwindigkeit dem Gehirne zugeführt, woselbst das Zittern der Nervenmassé sich in die bewusste Empfindung

des Lichtes umwandelt, ein Prozess, welchen die Wissenschaft nicht einmal zu enträthseln versucht.

Man könnte somit die Dunkelheit als ruhenden und das Licht als bewegten Aether bezeichnen. Allein in Wirklichkeit befindet sich der Aether niemals in Ruhe, denn wenn die Lichtwellen fehlen, so bewegen sich doch Wärmewellen beständig durch ihn hin. In den Räumen des Universum vermischen sich ohne Aufhören die beiden Arten von Wellenbewegung. Hier kreuzen sich die Wellen, die von ungezählten Mittelpunkten ausgehen; sie laufen ineinander und gegeneinander, gehen eine durch die andere hin ohne Verwirrung oder schliessliches Erlöschen. Die Wellen vom Zenith stören die vom Horizonte nicht in ihrer Existenz; und jeder einzelne Stern bleibt sichtbar trotz des Gewirres von Wellenbewegungen, welches die andern Sterne erzeugen. Das endlose Leben des Aethers, welches jene fernen Kugeln in Gemeinschaft hervorbringen, ist das was wir die Temperatur des Raumes nennen. Wie die Luft eines Saales sich den Anforderungen eines Orchesters anpasst, und jede einzelne Schwingung einer jeden Pfeife oder Saite fortpflanzt, ebenso fügt sich der Aether des Weltraumes den Anforderungen von Licht und Wärme. Seine Wellen mischen sich im Raume ohne Unordnung; indem eine Jede mit einer so unzerstörbaren Individualität ausgestattet ist, als ob sie allein die Ruhe im Universum störte.

Jede Unbestimmtheit in Bezug auf die Bedeutung der Benennungen Strahlung und Absorption wird von nun an verschwinden. Strahlung ist die Mittheilung von Wellenbewegung an den Aether. Sagt man von einem Körper, er sei durch Strahlung abgekühlt, wie z. B. das Gras auf einer Wiese in einer sternhellen Nacht, so will man damit sagen, die Molekeln des Grases



hätten einen Theil ihrer Bewegung verloren, indem sie dieselbe dem Medium, worin sie schwingen, mittheilten. Auf der andern Seite können die einmal erregten Aetherwellen derartig gegen die Molekeln eines Körpers, der ihrer Wirkung ausgesetzt ist, anprallen, dass sie ihre Bewegung an diesen Letzteren abgeben; und in dieser Uebertragung der Bewegung vom Aether auf die Molekeln eines Körpers besteht die Absorption von strahlender Wärme. Alle Erscheinungen der Wärme sind also auf Austausch von Bewegung zurückzuführen; und wir selbst werden uns der Einwirkung von Wärme oder Kälte nur allein dadurch bewusst, dass wir entweder Empfänger oder Austheiler dieser Bewegung sind.

### 3. Die Atomtheorie in Beziehung zum Aether.

Das Wort „Atom“ ist mehrfach in unserem Vortrage vorgekommen. Die Chemiker haben uns gelehrt, dass alle Materie auf gewisse elementare Formen, welchen sie diesen Namen geben, zurückzuführen seien. Diese Atome sind mit der Kraft gegenseitiger Anziehung ausgestattet, und unter geeigneten Umständen vereinigen sie sich um Verbindungen hervorzubringen. So sind Sauerstoff und Wasserstoff Elemente so lange sie einzeln oder nur gemischt erscheinen, allein man kann sie dazu bringen sich so zu verbinden, dass sie Molekeln bilden, deren jedes aus zwei Atomen Wasserstoff und einem Atom Sauerstoff besteht. In diesem Zustande bilden sie Wasser. Eben so sind Chlor und Natrium Elemente, Ersteres ein stechendes Gas, Letzteres ein weiches Metall; und sie verbinden sich um Chlornatrium oder gewöhnliches Salz zu bilden. Auf dieselbe Weise verbindet sich das Element Stickstoff

mit Wasserstoff im Verhältniss von 1 Atom des Ersteren zu 3 Atomen des Letzteren, um Ammoniak zu bilden. Malt die Phantasie sich die Atome der elementaren Körper als kleine Kugeln, so müssen wir uns die Molekeln der zusammengesetzten Körper als Gruppen von solchen Kugeln vorstellen. Dies ist die Atomtheorie, wie Dalton sie aufgestellt hat. Wenn diese Theorie in der Wirklichkeit begründet ist, und wenn die Theorie eines den Raum erfüllenden Aethers, als des Trägers für die Bewegung der Atome sich auf Thatsachen stützt, so müssen wir sicher erwarten, dass die Schwingungen der elementaren Körper bei der Verbindung wesentlich verändert werden. — Es ist in Anbetracht dessen beinahe gewiss, dass das Verhalten der unverbundenen Atome von dem der verbundenen sehr verschieden sein wird, so wohl in Bezug auf Strahlung als auf Absorption; das heisst, so wohl was die Mittheilung von Bewegung an den Aether, als was die Aufnahme von Bewegung Seitens desselben betrifft.

#### 4. Absorption von strahlender Wärme durch Gase.

Wir haben unsere Betrachtungen nun der einzigen Probe, welcher sie unterzogen werden können, nämlich dem Experimente zu unterwerfen. Man hat das Experiment ganz richtig definirt als eine Frage, welche man der Natur vorlegt; allein um nicht vergeblich zu fragen muss man die Frage von Allem befreien, was nicht nothwendig zur Sache gehört. Die Chemie weist nach, dass alle Materie aus elementaren Bestandtheilen zusammengesetzt ist, aus deren Verbindung alle verschiedenen Stoffe

entstehen. Sowohl elementare als zusammengesetzte Körper können entweder chemische Verbindungen eingehen, oder sich auf andere und weniger enge Weise vereinigen. Durch die Anziehungskraft der Cohäsion ordnen sich Gase und Dämpfe zu Flüssigkeiten und festen Körpern, ohne irgend eine Aenderung ihrer chemischen Beschaffenheit. Wir wissen noch nicht, wie der Durchgang der strahlenden Wärme durch die verwickelteren Bedingungen, die das Zusammenhaften der Atome herbeiführt, beeinflusst werden mag; und da unser Zweck jetzt darin besteht, den Einfluss der chemischen Verbindung allein zu untersuchen, so werden wir unsere Versuche dadurch reiner erhalten, dass wir die Atome und Molekeln gänzlich von den Banden der Cohäsion befreien und sie in gas- oder dampfförmiger Gestalt anwenden.

Lassen Sie uns versuchen ein ganz klares geistiges Bild des vor uns liegenden Problems zu gewinnen. Wir haben unsere Forschungen zunächst auf die Erscheinungen der Absorption zu beschränken und müssen uns eine Reihenfolge von Wellen vorstellen, welche von einer strahlenden Quelle aus und durch ein Gas hindurch gehen. Einige derselben berühren die Gasmolekeln und geben ihre Bewegung an dieselben ab, während andere um die Molekeln herum oder durch die Räume zwischen denselben, ohne scheinbares Hinderniss hingleiten. Unser Problem ist nun zu bestimmen, ob solche freie Molekeln irgendwie im Stande sind die Wärmewellen aufzuhalten, und wenn dem so ist, ob verschiedene Molekeln diese Macht in verschiedenem Grade besitzen.

Die Quelle für Wellen, die ich für unsere Versuche wähle, besteht aus einer Kupferplatte, auf deren Rückseite ich eine gleichmässig breite Flammenfläche einwirken lasse. Beim Austritt aus dem Kupfer gehen

die Wellen zunächst durch einen luftleeren Raum und treten alsdann in einen hohlen Glascylinder von drei Fuss Länge und drei Zoll Weite ein. Die beiden Enden dieses Cylinders sind durch zwei Platten von Steinsalz verschlossen, weil dieses beinahe die einzige feste Substanz ist, welche dem Durchgang der Wärmewellen einen kaum merkbaren Widerstand leistet. Nachdem die strahlende Wärme durch die Röhre gegangen ist, fällt sie auf die Vorderseite einer thermoelektrischen Säule <sup>1)</sup>; woselbst die Wärme augenblicklich zur Erzeugung eines elektrischen Stromes verwendet wird. Der Strom, welcher um eine Magnetnadel herum geleitet ist, lenkt diese letztere ab, und die Grösse der Ablenkung ist der Maassstab für die Wärme, welche die Säule trifft. Wir werden dieses ausgezeichnete Instrument an Stelle eines gewöhnlichen Thermometers bei unsern Forschungen benützen, und zwar auf eine einigermaßen neue Art. So lange die beiden entgegengesetzten Seiten der thermoelektrischen Säule dieselbe Temperatur haben, gleichviel wie hoch diese sei, so lange wird kein elektrischer Strom erzeugt. Der Strom ist ein Ergebniss des Temperatur-Unterschiedes zwischen den beiden Seiten der Säule. Wenn die vordere Seite der Strahlung unserer Wärmequelle ausgesetzt gewesen ist, und eine zweite Quelle, welche wir die compensirende nennen wollen, mit ihren Strahlen auf die hintere Seite eingewirkt hat, so wird diese letztere Strahlung die erstere zu neutralisiren streben. Bei vollkommener Neutralisation wird die mit der Säule verbundene Magnetnadel nicht mehr länger abgelenkt, sondern zeigt auf Null auf dem getheilten Kreise,

---

<sup>1)</sup> Im Anhang zum ersten Kapitel von: Die „Wärme, eine Art der Bewegung“ ist die Construction der thermoelektrischen Säule ausführlich beschrieben.

über welchem sie aufgehängt ist. Und nun nehmen wir an, die Glasröhre, durch welche die Wellen der erwärmten Kupferplatte gehen, sei mittels einer Luftpumpe entleert worden, während die beiden Wärmequellen zu gleicher Zeit auf die entgegengesetzten Seiten der Säule einwirken. Die Nadel deutet auf Null, da vollständig gleiche Wärmemengen den beiden Seiten mitgetheilt werden. Gestatten wir jetzt einem beliebigen Gase in die entleerte Röhre einzutreten; wenn die Molekeln irgend welche Macht besitzen, die Wärmewellen aufzufangen, so wird das zuvor bestandene Gleichgewicht gestört sein; die compensirende Quelle wird die Oberhand gewinnen und als unmittelbare Folge wird die Nadel abgelenkt werden. Aus den Ablenkungen, welche verschiedene Gase auf diese Weise erzeugen, kann man den verhältnismässigen Betrag der Wellenbewegung, den ihre Molekeln aufzufangen vermögen, entnehmen.

Die Substanzen, welche die folgende Tabelle enthält, wurden auf diese Weise untersucht — und zwar wurde nur eine kleine Quantität derselben in die Glasröhre eingelassen. Die eingelassene Menge war gerade genügend, um eine mit der Röhre zusammenhängende Quecksilbersäule um einen Zoll herabzudrücken: mit andern Worten, die Gase wurden unter einem Drucke von ein dreissigstel Atmosphäre untersucht. Die Zahlen der Tabelle drücken den relativen Betrag der Wellenbewegung aus, welchen die betreffenden Gase absorbirten; als Einheit diente die Quantität, welche die atmosphärische Luft absorbirt.

## Strahlung durch Gase.

Name des Gases.	Relative Absorption.
Luft . . . . .	1
Sauerstoff . . . . .	1
Stickstoff . . . . .	1
Wasserstoff . . . . .	1
Kohlenoxyd . . . . .	750
Kohlensäure . . . . .	972
Chlorwasserstoff . . . . .	1 005
Stickstoffoxyd . . . . .	1 590
Stickstoffoxydul . . . . .	1 860
Schwefelwasserstoff . . . . .	2 100
Ammoniak . . . . .	5 460
Ölbildendes Gas . . . . .	6 050
Schwefelsäure . . . . .	6 480

Jedes dieser Gase ist vollständig durchsichtig für das Licht; das heisst also, alle Wellen des sichtbaren Spectrum gehen ohne Hinderniss hindurch; allein für die Wellen mit langsameren Perioden, welche von unserer erwärmten Kupferplatte ausgehen, zeigen sich ungeheure Unterschiede der Absorptionskraft. Diese Unterschiede zeigen in völlig unerwarteter Weise den Einfluss chemischer Vereinigung an. So erweisen sich die elementaren Gase Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff und ihre Mischung zur atmosphärischen Luft thatsächlich so gut wie ein Vacuum für die Wärmestrahlen; für jeden Strahl, oder, genauer gesprochen, für jede Einheit der Wellenbewegung, welche eines dieser Gase aufzuhalten vermag, absorbirt ganz durchsichtiges Ammoniak 5460 Einheiten, ölbildendes Gas 6030 Einheiten, während schweflige Säure 6480 Einheiten auffängt. Was wird aus der solchermassen aufgehaltene Wellenbewegung? Sie wird zur Erwärmung des absorbirenden Gases verwendet. Durch Luft, Sauer-

stoff, Wasserstoff und Stickstoff gehen im Gegentheil die Aetherwellen ohne Absorption und diese Gase werden auch durch die mächtigsten Wärmestrahlen nicht merklich in ihrer Temperatur verändert. Die Stelle des Stickstoffoxyduls ist bemerkenswerth auf der vorstehenden Tabelle. In diesem Gase haben wir dieselben Atome im Zustande chemischer Verbindung, welche unverbunden in der Atmosphäre bestehen; allein die Absorption der Mischung beträgt 1800mal mehr als die der Luft.

##### 5. Bildung unsichtbarer Brennpunkte.

Dieses ungewöhnliche Verhalten der elementaren Gase leitete unwillkürlich die Aufmerksamkeit auf elementare Körper in anderen Aggregatzuständen. Etliche Resultate Mellonis erhielten jetzt neue Bedeutung; denn dieser berühmte Experimentator hatte gefunden, dass Krystalle vom Element Schwefel für strahlende Wärme sehr durchdringlich seien; er bewies ferner, dass Lampenruss und schwarzes Glas (das seine Schwärze dem Elemente Kohlenstoff verdankt) in erheblichem Grade durchsichtig für Wärmestrahlen von geringer Brechbarkeit seien. Diese Thatsachen, welche auf so eigenthümliche Weise mit dem Verhalten der einfachen Gase übereinstimmen, trieben zu weiteren Forschungen an. Schwefel, der in Schwefelkohlenstoff aufgelöst wurde, erwies sich als beinahe vollkommen durchsichtig. Das dichte und dunkel gefärbte Element Brom ward untersucht und man fand, dass es im Stande war das Licht unserer glänzendsten Flammen abzuschneiden, während es mit grösster Leichtigkeit die unsichtbaren Wärmestrahlen durchliess. Jod, das dem Brom so ähnliche Element, sollte zunächst

vorgenommen werden, es liess sich jedoch in seiner gewöhnlichen festen Gestalt nicht untersuchen. Doch löst es sich leicht in Schwefelkohlenstoff. Hierbei tritt keine chemische Verbindung zwischen der Flüssigkeit und dem Jod ein, es ist ein Fall einfacher Auflösung, wobei die unverbundenen Atome des Elementes auf die strahlende Wärme wirken können. Lässt man dies geschehen, so findet man dass eine Schicht von aufgelöstem Jod, welche hinreichend undurchsichtig war, um das Licht der Mittagssonne abzuschneiden, sich für die unsichtbaren Wärmestrahlen als beinahe vollständig durchsichtig erwies.

Durch prismatische Analyse schied Sir William Herschel die leuchtenden von den dunkeln Sonnenstrahlen, und suchte auch die letzteren durch Vereinigung sichtbar zu machen. Indem er den leuchtenden Theil seines Sonnenspectrum abfing, vereinigte er durch eine convergirende Linse die überrothen Strahlen zu einem Brennpunkte, allein er brachte durch diese Vereinigung kein Licht zu Stande. Die Jodlösung giebt uns ein weit besseres Mittel die Sonnenstrahlen oder, in Ermangelung derselben, die Strahlen der elektrischen Lampe zu filtriren; dadurch wird es möglich weit mächtigere Brennpunkte von unsichtbaren Strahlen herzustellen, als man dies durch Sir William Herschel's Methode erzielen kann. Denn um sein Spectrum zu erhalten, musste er mit Sonnenlicht operiren, welches durch einen schmalen Schlitz oder eine enge Oeffnung einfiel und somit einen grossen Theil der dunkeln Wärme verloren hatte. Allein mit unserer undurchsichtigen Lösung können wir die ganze Oberfläche der grössten Linse benützen, und indem wir sowohl die leuchtenden als die nichtleuchtenden Strahlen convergiren lassen, vermögen wir die Ersteren durch das Jod



abzufangen und mit den Letzteren nach Gutdünken zu handeln. Derartige Versuche, wobei nicht nur die Jodlösung, sondern auch schwarzes Glas und Schichten von Lampenruss zur Anwendung kamen, wurden im Jahre 1862 öffentlich in der Royal Institution angestellt, und die Wirkungen in den Brennpunkten der unsichtbaren Strahlen, übertrafen bei Weitem alle früher gesehenen.

Bei den hier erwähnten Versuchen waren Linsen von Glas zum Sammeln der Strahlen angewendet worden. Allein Glas ist zwar sehr durchsichtig für die leuchtenden Strahlen der elektrischen Lampe, jedoch in hohem Grade undurchdringlich für die unsichtbaren Wärmestrahlen derselben, daher wurde ein grosser Theil dieser Letzteren durch das Glas abgefangen. Dem liess sich leicht dadurch abhelfen, dass man entweder Linsen von Steinsalz anstatt von Glas anwendete, oder aber den Gebrauch der Linsen überhaupt aufgab und sie durch Metallspiegel, welche die Strahlen concentrirten, ersetzte. Man hat diese beiden Verbesserungen angewendet, und, wie vorauszusehen war, die unsichtbaren Wärmebrennpunkte dadurch viel intensiver gemacht. Die Methode der Versuche blieb jedoch im Principe dieselbe, welche im Jahre 1862 veröffentlicht worden war. Man fand damals, dass die Nadeln eines ziemlich groben Galvanometers mit Heftigkeit zur Seite geschleudert wurden, wenn man die Fläche einer thermoelektrischen Säule auch nur für einen Augenblick den Strahlen eines unsichtbaren Brennpunktes aussetzte. Jetzt weiss man, dass diese unsichtbaren Strahlen im Stande sind einen brennbaren Körper zu entzünden, wenn man ihn an die Stelle der thermoelektrischen Säule bringt.

## 6. Sichtbare und unsichtbare Strahlen des elektrischen Lichtes.

Unsere nächste Aufgabe besteht nun darin, zu untersuchen, in welchem Mengenverhältniss die unsichtbaren Strahlen des elektrischen Lichtes zu den sichtbaren stehen. Es wird uns möglich sein, mittels der undurchsichtigen Jodlösung dieses Verhältniss sehr nahe der Wahrheit entsprechend festzustellen. Der reine Schwefelkohlenstoff, der als Lösungsmittel für das Jod dient, ist vollkommen durchsichtig für die leuchtenden und fast vollkommen durchsichtig für die dunkeln Strahlen des elektrischen Lichtes. Man kann sagen, dass die ganze Strahlung der Lampe durch den durchsichtigen Schwefelkohlenstoff hindurchgeht, während die Jodlösung nur die dunkeln Strahlen hindurchlässt. Wenn wir also mittels einer thermoelektrischen Säule die ganze Strahlung bestimmen, und die vollkommen dunkeln Strahlen davon abziehen, so erhalten wir den Betrag der vollkommen leuchtenden Strahlung. Versuche, welche in dieser Weise angestellt wurden, beweisen, dass wenn alle sichtbaren Strahlen des elektrischen Lichtes in einem Brennpunkte von strahlendstem Glanze vereinigt waren, ihre Wärme doch nur den neunten Theil von derjenigen betrug, welche der unsichtbare Brennpunkt der nicht leuchtenden Strahlen hervorbrachte.

Sir William Herschel brachte seine Thermometer der Reihe nach unter die Einwirkung der verschiedenen Farben des Sonnenspectrum, und bestimmte so die wärmende Kraft einer jeden Farbe, und auch diejenige der Region, welche jenseits der Grenze des Roth liegt. Er zog alsdann eine gerade Linie, die Länge des Spectrum

bedeutend, und errichtete an verschiedenen Punkten derselben senkrechte Linien, um die Wärmeintensität dieser Punkte darzustellen. Er verband die Enden sämtlicher senkrechten Linien und erhielt somit eine Curve, welche auf den ersten Blick die Art und Weise zeigt, wie die Wärme im Sonnenspectrum vertheilt ist. Professor Müller in Freiburg machte später ähnliche Versuche mit verbesserten Apparaten, und construirte die Wärmecurve in noch genauerer Weise. Wir haben jetzt die Vertheilung der Wärme im Spectrum des elektrischen Lichtes zu untersuchen, und zu diesem Zwecke werden wir eine bestimmte Form der thermoelektrischen Säule, nach Angabe von Melloni benützen. Die Oberfläche derselben bildet ein Rechteck, welches durch bewegliche Seitenstücke, so eng als man es wünscht, gestellt werden kann. Wir können z. B. der Oberfläche der Säule ein Zehntel, ein Hundertstel oder gar nur ein Tausendstel Zoll Breite geben. Mittels einer endlosen Schraube kann diese lineare thermoelektrische Säule durch das ganze Spectrum vom Violett bis zum Roth hinbewegt werden; während die Menge der Wärme, welche an jedem Punkte auf die Säule während ihres Weges fällt, durch eine mit derselben verbundene Magnetnadel angegeben wird.

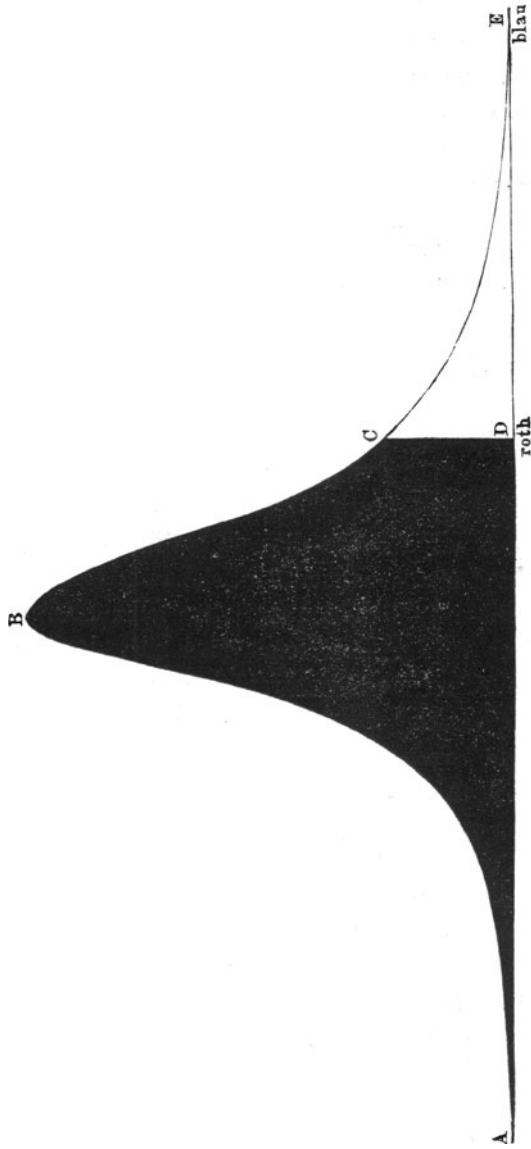
Bringt man das Instrument an das violette Ende vom Spectrum des elektrischen Lichtes, so wird man die Wärme beinahe unmerklich finden. Während sich jedoch die Säule langsam vom violetten nach dem rothen Ende hinbewegt, macht sich die Wärme bald bemerklich und nimmt zu, je näher wir dem Roth kommen. Von allen Farben des sichtbaren Spectrum besitzt Roth die grösste wärmende Kraft. Schiebt man die Säule in die dunkle Region jenseits des Roth, so tritt anstatt einer Abnahme, eine plötzliche und ungeheure Steigerung der Wärme ein,

bis dieselbe in einiger Entfernung vom Roth ein Maximum erreicht. Schiebt man die Säule noch weiter fort, so nimmt nunmehr die Wärme rascher ab, als sie vorher zugenommen hatte. Sie verschwindet nun allmähig, allein auf eine Entfernung vom Roth, welche grösser ist, als die ganze Länge des sichtbaren Spectrum, sind noch Spuren von Wärme wahrzunehmen. Zieht man eine Grundlinie, die der Länge des Spectrum entspricht, und errichtet auf ihr Senkrechte, deren Länge proportional zur Wärmeintensität an den betreffenden Punkten ist, so erhält man die merkwürdige Curve, welche auf der folgenden Seite dargestellt ist, und welche die Vertheilung der Wärme im Spectrum des elektrischen Lichtes zeigt. In der Region der dunkeln Strahlen jenseits des Roth steigt die Curve jäh nach *B* als steiler Berg in die Höhe, und bildet gleichsam ein Matterhorn von Wärme und lässt denjenigen Theil der Zeichnung *CDE*, welcher die leuchtenden Strahlen vertritt, ganz zwerghaft erscheinen. In der That kann man sich der Idee nicht erwehren, dass die Lichtstrahlen nur einen ganz unbedeutenden Anhang zu den Wärmestrahlen bilden, welche durch den Bogen *ABCD* ausgedrückt werden und dass sie denselben gleichsam nur im Hinblick auf das Sehvermögen von der Natur mitgegeben sind. Die Zeichnung, welche Professor Müller gab um die Wärmevertheilung im Sonnenspectrum darzustellen ist bei Weitem nicht so auffallend, als die eben beschriebene, und der Grund hiervon ist ohne Zweifel der, dass die Sonne zuerst durch unsere Atmosphäre dringen muss, ehe sie die Erde erreicht <sup>1)</sup>. Durch den in der Atmosphäre vertheilten Wasser-

---

<sup>1)</sup> Und auch wohl, dass die Sonne viel höhere Temperatur hat, als das elektrische Licht. H. H.

Fig. 1.



dampf, wird der Gipfel des Berges, welcher die unsichtbare Strahlung der Sonne ausdrückt, abgeschnitten. Eine ähnliche Abnahme des Berges von unsichtbarer Wärme tritt ein, wenn man die Strahlen des elektrischen Lichtes durch eine sehr dünne Wasserschicht fallen lässt; dieselbe wirkt auf die elektrischen Strahlen genau ebenso, wie der Wasserdampf der Atmosphäre auf die Sonnenstrahlen wirkt.

#### 7. Verbrennung durch unsichtbare Strahlen.

Die unsichtbaren Strahlen der Sonne besitzen weit mehr wärmende Kraft als die sichtbaren. Wenn also die Thaten, welche einst dem Archimedes bei der Belagerung von Syrakus zugeschrieben werden, auf Wahrheit beruhen, so müssen damals dunkle Sonnenstrahlen seine hauptsächlichsten Hilfsmittel beim Anzünden der Schiffe gewesen sein. In kleinem Maassstabe können wir mit leichter Mühe mittels der gänzlich unsichtbaren Strahlen des elektrischen Lichtes genau dieselben Wirkungen hervorbringen, welche Archimedes mit den unsichtbaren Strahlen der Sonne zu Stande gebracht haben soll. Setzen wir hinter die elektrische Lampe einen concaven Spiegel, so werden die Strahlen convergiren; man kann den Kegel der zurückgeworfenen Strahlen nebst ihrem Convergenzpunkte deutlich erkennen durch die stets in der Luft fliegenden Stäubchen. Setzen wir unsere Jodlösung zwischen den leuchtenden Brennpunkt und die Strahlenquelle, so wird das Licht des Kegels völlig abgeschnitten, allein die unerträgliche Hitze, welche man empfindet,

wenn man die Hand auch nur für einen Augenblick in den dunkeln Brennpunkt bringt, zeigt an, dass die Wärmestrahlen ungehindert durch die undurchsichtige Lösung hindurchgehen.

Der unsichtbare Brennpunkt leistet beinahe Alles das, was durch gewöhnliches Feuer bewirkt werden kann; während die Luft am Orte des Brennpunkts, wegen ihrer Durchsichtigkeit für die Wärmestrahlen vollkommen kalt bleibt. Ein Luftthermometer mit einer hohlen Steinsalzkugel würde durch die Hitze des Brennpunktes nicht beeinflusst werden: es würde keine Ausdehnung entstehen, wie in der freien Luft auch kein aufsteigender Luftstrom entsteht. Der Aether und nicht die Luft am Brennpunkte ist die Substanz, worin die Wärme verkörpert ist. Ein Holzklötz, der in den Brennpunkt gebracht wird, absorbirt die Wärme; dichte Rauchwolken steigen auf, und zeigen, wie die Luft aufsteigen würde, wenn die unsichtbaren Strahlen im Stande wären sie zu erwärmen. Trockenes Papier flammt in dem ganz dunkeln Brennpunkte sofort auf; Holzspähne verbrennen rasch; Blei, Zinn und Zink werden geschmolzen; und verkohlte Papierblätter werden in lebhaftes Glimmen versetzt. Man sollte annehmen, dass die dunkeln Strahlen keinen Unterschied zwischen Schwarz und Weiss machen würden; allein sie geben dem Schwarz den Vorzug, und um rasche Verbrennung zu erzielen, muss man zuvor geschwärzte Körper anwenden. Sollen Metalle verbrannt werden, so ist es nöthig sie zu schwärzen oder sie sonst zu trüben, um ihre reflectirende Kraft zu vermindern. Geschwärzte Zinkspähne flammen augenblicklich auf, wenn sie in den Brennpunkt der unsichtbaren Strahlen gebracht werden, und verbrennen mit der ihnen eigenthümlichen purpurnen Flamme. Flachgeklopfter Magnesiumdraht oder mattes

Magnesiumband gehen ebenfalls in glänzender Flamme auf. Kohlenstücke, welche in einer Glasglocke voll Sauerstoff aufgehängt sind, werden gleichfalls entzündet; die dunkeln Strahlen haben noch immer Kraft genug auch nachdem sie durch das Glas gegangen sind, um die Kohle zu entzünden und den Angriff des Sauerstoffes zu veranlassen. Werden die Kohlen anstatt in Sauerstoff, im luftleeren Raume aufgehängt, so beginnen sie sofort zu glühen, an der Stelle, wo der Brennpunkt sie trifft.

#### 8. Verwandlung der Strahlen<sup>1)</sup>. Calorescenz.

Hervorragende Physiker waren lange Zeit damit beschäftigt, die wesentliche Gleichartigkeit von Licht und strahlender Wärme darzuthun; und wir haben jetzt das Mittel einen neuen und schlagenden Beweis für diese Einheit zu geben. Ein Hohlspiegel bringt jenseits des Gegenstandes, welchen er reflectirt ein umgekehrtes und vergrössertes Bild desselben hervor; wenn ich zum Beispiel meine Jodlösung entferne, so entsteht ein intensiv leuchtendes umgekehrtes Bild der Kohlenspitzen des elektrischen Lichtes im Brennpunkte des Spiegels, den wir zu den vorausgegangenen Untersuchungen benutzen. Wenn die Lösung dazwischen gesetzt, und das Licht abgeschnitten ist, was wird alsdann aus diesem Bilde? Es verschwindet für unser Auge, allein ein unsichtbares Wärmebild bleibt zurück; und nur der eigenthümliche Bau unseres Auges verhindert uns das von den Wärmestrahlen entworfene Bild zu sehen. Fällt es auf weisses Papier,

---

<sup>1)</sup> Ich entlehne diesen Ausdruck von Professor Challis „Philosophical Magazine“ vol. XII, p. 521.



so zeichnet es sich durch die Verkohlung darauf ab; fällt es auf schwarzes Papier, so entstehen zwei Löcher in demselben, welche dem Bilde der beiden Kohlenspitzen entsprechen; fällt es jedoch auf ein dünnes Kohlenplättchen im luftleeren Raume oder auf ein dünnes Blättchen von platinisirtem Platina entweder im Vacuum oder in der Luft, so verwandelt sich die strahlende Wärme in Licht, und das Bild prägt sich in lebhaftem Glühen sowohl auf der Kohle, als auf dem Metalle aus. Aehnliche Resultate, wie die mit dem elektrischen Lichte erhaltenen, sind auch durch die unsichtbaren Strahlen des Kalklichtes und der Sonne hervorgebracht worden.

Es ist wohl kaum nöthig vor einer Zuhörerschaft in der Universität Cambridge der ausgezeichneten Untersuchungen von Professor Stokes über das entgegengesetzte Ende des Spectrums zu gedenken. Die oben besprochenen Resultate bilden eine Art von Ergänzung zu seinen Entdeckungen. Professor Stokes nannte die von ihm entdeckten und untersuchten Erscheinungen „Fluorescenz“; für die neuen so eben von mir beschriebenen Erscheinungen habe ich den Namen „Calorescenz“ vorgeschlagen. Er verminderte, durch Einsetzung eines geeigneten Mediums, die Brechbarkeit der übervioletten Strahlen des Spectrum der Art, dass sie sichtbar wurden; und hier ist die Brechbarkeit der überrothen Strahlen durch die Einführung eines Platinablattes derartig erhöht worden, dass auch diese sichtbar wurden. Betrachtet man durch ein Prisma das glühende Bild der Kohlenspitzen, so wird das Licht des Bildes zerlegt, und man erhält ein vollständiges Spectrum. Die unsichtbaren Strahlen des elektrischen Lichtes werden durch die Atome des Platina umgeformt und kommen sichtbar zum Vorschein, indem überrothe Strahlen in rothe, orange, gelbe, grüne, blaue,

indigblaue und übertviolette Strahlen verwandelt werden. Könnten wir die Temperatur der ursprünglichen Quelle der Strahlen hinreichend weiter steigern, so würden wir durch ihre dunkeln Strahlen nicht nur ein glühendes Bild erhalten, sondern die dunkeln Strahlen dieses Bildes würden ein zweites, die dunkeln Strahlen des zweiten ein drittes Bild und so fort ergeben — so dass man eine Reihenfolge von vollständigen Bildern und Spectren von der unsichtbaren Strahlung der ursprünglichen Quelle erlangen könnte <sup>1)</sup>).

---

<sup>1)</sup> Bei der Untersuchung der Calorescenz von Strahlen, welche durch verschieden gefärbte Gläser gegangen sind, ergab sich, dass bei Anwendung gewisser Sorten von blauem Glase, das Platina-blatt in rosarothem oder purpurrothem Lichte glühte. Die Wirkung war nicht subjectiv; und Betrachtungen von hohem Interesse knüpfen sich daran. Verschiedene Arten von schwarzem Glas unterscheiden sich wesentlich in Bezug auf die Fähigkeit die strahlende Wärme durchzulassen. In dünnen Scheiben angewendet, giebt die eine Art Glas der Sonne ein grünliches Ansehen; andere Arten lassen sie in glühendem Roth ohne eine Spur von Grün erscheinen. Die Letzteren sind viel mehr diatherman als die Ersteren. In der That ist Kohlenstoff, wenn er vollkommen aufgelöst und wenn er mit gutem weissem Glas eng verschmolzen ist, für die Wärmestrahlen höchst durchsichtig; und wenn man ihn als absorbirendes Medium benützt, so kann man die Erscheinungen der „Calorescenz“ erhalten, wenn auch in weniger ausgeprägter Form als mit der Jodlösung. Schwarzes Glas, das man für Thermometer benützt, und das bestimmt ist, die Sonnenwärme völlig zu absorbiren, kann sich als völlig unbrauchbar hierfür erweisen, wenn das Glas, worin die Kohle aufgenommen ist, an sich farblos ist. Damit die Kugel eines Thermometers zum vollkommen absorbirenden Medium werde, muss das Glas zunächst grün sein. Bald nach der Entdeckung der Fluorescenz wies der verstorbene Dr. William Allen Müller auf das Kalklicht, als Beispiel von gesteigerter Brechbarkeit hin. Directe Versuche haben seitdem seine Ansicht bestätigt, die er auf Seite 210 in seinem Werke über „Chemie“ aussprach (1855 veröffentlicht).

### 9. Unempfindlichkeit des Sehnerven für Wärmestrahlen.

Die Jodschichte, welche wir zu den oben erwähnten Versuchen benützten, hielt sogar das Licht der Mittags-sonne ab. Es blieb keine Spur vom Lichte der elektrischen Lampe im dunkelsten Zimmer sichtbar, sogar als man einen weissen Schirm in den Brennpunkt des Spiegels brachte, der dazu dienen sollte, das Licht zu concentriren. Man hielt es jedoch für möglich eine Lichtempfindung im Auge zu erregen, falls die Netzhaut selbst in den Brennpunkt gebracht werden könnte. Dieser Versuch bot jedoch doppelte Gefahr. Erstlich konnten die dunkeln Strahlen in hohem Grade von den Flüssigkeiten des Auges absorbiert werden und in Folge davon das Eiweiss in den Flüssigkeiten längs des Weges der Strahlen gerinnen. Oder aber, wenn keine derartige Absorption stattfand, so konnten doch möglicherweise die Strahlen so heftig auf die Netzhaut treffen, dass diese dadurch zerstört werden könnte. Um die Wahrscheinlichkeit dieser Wirkungen zu prüfen, stellte man Versuche mit Wasser und mit Alaunlösung an, und sah daraus, dass ein ernstlicher Schaden wohl nicht zu befürchten sei in der kurzen Zeit, welche der Versuch beanspruchte. Das Auge ward nun dem dunkeln Brennpunkt zuerst ohne weiteren Schutz nahe gebracht; allein die Hitze, welche auf die den Augapfel umgebenden Theile wirkte, war unerträglich. Es wurde also eine Oeffnung in einer Metallplatte angebracht, und das Auge hinter dieser Oeffnung in den Convergenzpunkt der unsichtbaren Strahlen versetzt. Der Brennpunkt wirkte zuerst auf die Pupille und alsdann auf die Netzhaut. Das

Auge wurde entfernt, die Metallplatte jedoch an Ort und Stelle gelassen und eine dünne Platinascheibe an Stelle des Auges gebracht. Die Scheibe wurde sofort rothglühend, dem Auge war jedoch kein fühlbarer Schaden bei diesem Versuche widerfahren; es war keine Lichtempfindung entstanden, und der Sehnerv hatte nicht einmal die Wärme empfunden.

Allein die Flüssigkeiten des Auges sind bekanntlich in hohem Grade undurchgängig für die unsichtbaren Wärmestrahlen; und es entsteht deshalb die Frage: „Erreichte die Strahlung die Netzhaut überhaupt bei dem eben beschriebenen Versuche?“ Die Antwort darauf ist, dass ein Theil der Strahlen bis zur Netzhaut durchgelassen wurde, während ein anderer Theil durch die Augenflüssigkeit absorbirt wurde. Versuche an einem Ochsenauge zeigten, dass das Verhältniss der dunkeln Strahlen, welche die Netzhaut erreichen, sich auf 18 Procent der vollständigen Strahlung beläuft; während die leuchtende Strahlung der elektrischen Lampe nur 10 Procent derselben Totalsumme beträgt. Würden die bloss leuchtenden Strahlen der elektrischen Lampe durch unsern Spiegel in einem Brennpunkt vereinigt und die Netzhaut des Auges demselben nahe gebracht, so könnte kein Zweifel über das Schicksal derselben bestehen. Ihre Zerstörung wäre unvermeidlich, und doch würde diese Zerstörung durch eine Wellenbewegung hervorgebracht, welche kaum halb so stark ist, als die, welche die Netzhaut im Brennpunkte der unsichtbaren Strahlen aushält, ohne sich einer Einwirkung bewusst zu werden.

Dieser Gegenstand erfordert noch einige Augenblicke der Aufmerksamkeit. Bei gleichem Abstand von 1 Fuss ist die sichtbare Strahlung des elektrischen Lichtes 800mal grösser als die einer Kerzenflamme. Auf dieselbe Ent-

fernung beträgt der Theil der Strahlung des elektrischen Lichtes, welcher die Netzhaut erreicht, aber das Sehvermögen nicht erregt, ungefähr 1500mal so viel als die leuchtende Strahlung einer Kerzenflamme <sup>1)</sup>. Allein ein Kerzenlicht ist in einer klaren Nacht leicht in einer Entfernung von einer englischen Meile wahrzunehmen, die Lichtmenge, welche das Auge trifft ist dann  $\frac{1}{20\ 000\ 000}$  Theil von derjenigen, die auf einen Fuss Entfernung einfällt. Um das eine englische Meile entfernte Kerzenlicht, der nicht leuchtenden Strahlung eines elektrischen Lichtes auf einen Fuss Entfernung gleich zu machen, müsste man deshalb seine Intensität mit  $1500 \times 20\ 000\ 000$  oder mit dreissigtausend Millionen multipliciren. Also würde bei einer kleinen Veränderung in der Art der Strahlung der dreissigtausendmillionste Theil der unsichtbaren Strahlung vom elektrischen Lichte, welchen die Netzhaut auf einen Fuss Entfernung empfängt, vollständig hinreichen, um den Gesichtssinn zu erregen. Kein anderes Beispiel wäre so wie dieses im Stande, die von Melloni, unter Anderen, vorausgesetzte besondere Beziehung zwischen dem Sehnerven und den Schwingungsperioden der leuchtenden Körper zur Anschauung zu bringen. Der Sehnerv antwortet so zu sagen, den Wellen, mit denen er in Consonanz ist; er lässt sich dagegen nicht erregen durch andere Schwingungen, welche eine fast unendlich grössere Energie besitzen, allein deren Perioden mit den seinigen nicht im Einklange stehen.

---

<sup>1)</sup> Man wird sich erinnern, dass die Wärme, welche irgend ein leuchtender oder nicht leuchtender Strahl zu erzeugen im Stande ist, das richtige Maass für die Energie des Strahles ist.

## 10. Fortdauer der Strahlen.

Ich habe bereits erwähnt, dass wenn ein Platindraht allmählig zu einem hohen Grade des Glühens gebracht wird, neue Strahlen beständig hinzukommen, während die Intensität der alten zunimmt. Dr. Drapers Versuche zeigten, dass die Zunahme der Temperatur gleichzeitig die orangefarbigem, gelben und grünen Strahlen erzeugte, während sie die Intensität der rothen vermehrte. Was von rothen Strahlen gilt, gilt ebenso von jedem andern Strahl des Spectrum, mag er nun sichtbar oder unsichtbar sein. Wir können freilich die Zunahme der Intensität in der Region jenseits des Roth nicht sehen, allein wir können sie messen und durch Zahlen ausdrücken. Der folgende Versuch ward in dieser Absicht ausgeführt. Eine Spirale von Platinadraht ward mit einer kleinen Glaskugel umgeben, um sie vor den Luftströmungen zu bewahren; durch eine Oeffnung in der Kugel konnten die Strahlen von der Spirale hinausgehen und auf eine thermoelektrische Säule fallen. Eine undurchsichtige Jodlösung ward der Oeffnung gegenüber angebracht, und der Platinadraht ward allmählig von schwacher dunkler Wärme zur vollsten Gluth gesteigert, und zwar mit den folgenden Ergebnissen:

Aussehen der Spirale.	Energie der dunkeln Strahlung.
Dunkel . . . . .	1
Dunkel, aber wärmer . . . . .	3
Dunkel, „ noch wärmer . . . . .	5
Dunkel, „ noch wärmer . . . . .	10
Schwaches Roth . . . . .	19
Dunkles Roth . . . . .	25
Roth . . . . .	37
Lebhaftes Roth . . . . .	62
Orange . . . . .	89
Lebhaftes Orange . . . . .	144
Gelb . . . . .	202
Weiss . . . . .	276
Intensives Weiss . . . . .	440

Auf diese Weise steigert die Zunahme des elektrischen Stromes, welcher den Draht von seinem ursprünglichen dunkeln Zustande bis zum intensiven Weissglühen brachte, gleichzeitig die Energie der dunkeln Strahlung, bis sie zuletzt volle 440 Mal stärker ist als im Anfange.

Was sich hier für die Gesammtheit der rothen Strahlen als wahr erwies, bewährt sich auch für jeden Strahl im Einzelnen. Bringt man unsere lineare thermoelektrische Säule an irgend einen Punkt des überrothen Spectrum, so kann man beweisen, dass ein einmal ausgesendeter Strahl fortfährt ausgesendet zu werden; und zwar wird seine Energie mit der Temperatur steigen. Als die oft erwähnte Platinaspirale durch den elektrischen Strom zum Weissglühen gebracht worden war, bildete sich ein glänzendes Spectrum ihres Lichtes. Eine lineare thermoelektrische Säule wurde in die Region der dunkeln Strahlen jenseits des Roth gebracht, und die Spirale durch Verminderung des elektrischen Stromes auf eine niedrige Temperatur zurückgeführt. Man liess sie alsdann verschiedene Stufen dunkler bis glühender Hitze durchmachen, und erhielt die folgenden Ergebnisse:

Aussehen der Spirale.	Energie der dunkeln Strahlen.
Dunkel . . . . .	1
Dunkel . . . . .	6
Ganz schwaches Roth . . . . .	10
Dunkles Roth . . . . .	13
Roth . . . . .	18
Hochroth . . . . .	27
Orange . . . . .	60
Gelb . . . . .	93
Weiss . . . . .	122

Hier wie im früheren Falle erreichen die dunkeln und die hellen Strahlen zu gleicher Zeit ihr Maximum; die Einen wie die Andern nehmen zu, bis schliesslich die Energie von dem hier gewählten Grade der Brechbarkeit 122mal so gross wurde, als sie anfänglich gewesen war. Der Draht muss, um zum Weissglühen zu gelangen alle Stufen der unsichtbaren Strahlung durchlaufen, und umfasst alsdann in seinem glänzendsten Zustande die Strahlen aller jener Stufen in intensiverer Form.

So verhält es sich mit allen Arten der Materie, soweit sie bisher untersucht worden sind. Coaks, zum Beispiel, gleichviel ob durch den elektrischen Strom oder durch ein Sauerstoff-Wasserstoffgebläse zum Weissglühen gebracht, senden bei zunehmender Leuchtkraft auch ihre unsichtbaren Strahlen mit verstärkter Kraft aus. Dasselbe findet bei Kalk, Backsteinen und andern Substanzen statt; auch alle Metalle, welche zum Glühen gebracht werden können, verhalten sich so. Dasselbe gilt für Phosphor, der in Sauerstoff brennt. Jeder blendende Lichtstrahl führt einen Strom von unsichtbarer strahlender Wärme mit sich, welcher das Licht an Kraft weitaus übertrifft. Dasselbe Verhältniss findet bei allen Körpern statt, welche im Stande sind sei es im festen, sei es im geschmolzenen Zustande bis zum Weiss-



glühen gebracht zu werden. Wahrscheinlich würde es sich auch bei den leuchtenden Nebeln, die sich durch die Verdichtung glühender Dämpfe bilden, herausstellen. Construiert man für derartige Fälle die Curve, welche die strahlende Kraft des Körpers darstellt, so thürmt sich die dunkle Strahlung bergähnlich auf, während die leuchtende Strahlung wie ein kleiner Vorsprung an der Basis erscheint. Das sehr helle Licht einiger Fixsterne lässt uns auf die Intensität ihrer dunkeln Strahlen schliessen; denn Letztere sind stets die Vorgänger und unzertrennlichen Begleiter der leuchtenden Strahlen.

Wir finden also, dass die leuchtende Strahlung dann beginnt, wenn der strahlende Körper eine gewisse Temperatur erreicht hat, oder mit andern Worten, wenn die schwingenden Atome des Körpers eine gewisse Schwingungsweite erreicht haben. Bei festen und flüssigen Körpern kann eine gewisse Weite nicht überstiegen werden, ohne dass Schwingungsperioden eintreten, welche den Gesichtssinn erregen. Wie haben wir uns dies vorzustellen? Dürften wir uns erlauben zu speculiren, so könnten wir fragen, ob diese schnelleren Schwingungen nicht als Abkömmlinge der langsameren zu betrachten seien? Wenn die Atome durch sehr weite Räume schwingen, und so sich gegenseitig beeinträchtigen; könnte diese gegenseitige Einwirkung sie nicht in der That veranlassen in kürzeren Perioden zu schwingen? Ist dies der Fall, so werden wir lichterzeugende Schwingungen haben, gleichviel durch welches Mittel die grössere Breite der Schwingungen erreicht wird. Es kommt nichts darauf an, wie die grösseren Schwingungsbahnen hervorgerufen werden; ob durch den Schlag eines Hammers ob durch den Stoss der Molekeln eines nicht leuchtenden Gases, wie zum Beispiel der heissen Luft über einer Gasflamme; oder ob sie von dem Anprall der Aether-

theilchen, welche die strahlende Wärme weiterführen, herrühren. In allen diesen Fällen wird Glühen eintreten. Man kann demnach annehmen, dass die unsichtbaren Strahlen unseres filtrirten elektrischen Strahles unter den Atomen des Platina, auf welche sie anprallen, gleichgestimmte Schwingungen erzeugen; haben diese Schwingungen jedoch eine gewisse Weite angenommen, so ruft das gegenseitige Anprallen der Atome ein schnelleres Erzittern hervor, und die lichtgebenden Wellen folgen als nothwendiges Produkt aus den wärmegebenden Wellen.

#### 11. Absorption von strahlender Wärme durch Dämpfe und Riechstoffe.

Wir begannen unsere Erläuterungen bei diesem Vortrage mit Versuchen über permanente Gase; jetzt haben wir unsere Aufmerksamkeit auf die Dämpfe von flüchtigen Flüssigkeiten zu lenken. Hier, wie bei den Gasen, haben sich grosse Unterschiede zwischen verschiedenen Arten von Molekeln, in Bezug auf ihre Fähigkeit die Wellen aufzufangen, herausgestellt. Während einige Dämpfe den Wellen verhältnissmässig freien Durchgang gestatten, genügt es, das kleinste Bläschen von andern Dämpfen in die bereits für die Untersuchung der Gase benutzte Röhre einzulassen, um eine Ablenkung der Magnethadel hervorzurufen. Die Absorption der Luft unter dem Druck von 1 Atmosphäre als Einheit angenommen, haben sich die folgenden Absorptionen bei einer Reihe von Dämpfen unter dem Druck von  $\frac{1}{60}$  Atmosphäre herausgestellt:

Namen der Dämpfe.	Absorption.
Schwefelkohlenstoff . . . . .	47
Methyljodid . . . . .	115
Benzol . . . . .	136
Amylen . . . . .	321
Schwefeläther . . . . .	440
Ameisenäther . . . . .	548
Essigäther . . . . .	613

Der durchsichtigste Stoff auf unserer Liste ist Schwefelkohlenstoff, der undurchsichtigste für die Wärme der Essigäther, jedoch bringt schon  $\frac{1}{60}$  Atmosphärendruck von dem Ersteren 47mal die Wirkung der vollen Dichtigkeit der Luft hervor, während  $\frac{1}{60}$  Atmosphärendruck der Letzteren 612mal die gleiche Wirkung wie unverdünnte Luft zeigt. Wenn man trockene Luft verdünnte bis sie den hier angewendeten Druck des Essigäthers hätte, so würde die Quantität der durch den Aether aufgefangenen Wellenbewegung viele Tausendmal grösser sein als die durch die Luft aufgefangene.

Ein jeder von diesen Dämpfen wird mehr oder weniger von der Strahlung auffangen, wenn er sich vor einem Körper, der dunkle Wärme ausstrahlt, frei in der Luft ausbreiten kann. Eine ähnliche Wirkung wird durch in der Luft verbreitete Riechstoffe erlangt, obwohl deren Zertheilung eine fast unendlich feine genannt werden kann. Führt man z. B. einen trockenen Luftstrom über ein mit Patchouli angefeuchtetes Löschpapier, so wird der von dem Luftstrom fortgeführte Riechstoff 30mal mehr Wärme auffangen, als die Luft, welche ihn fortführt; und dennoch wirkt Patchouli schwächer auf strahlende Wärme, als irgend ein anderes bisher untersuchtes Parfüm. Hier folgen die Resultate, welche sich bei der Untersuchung verschiedener ätherischer Oele ergaben. Der Riechstoff

wurde jedes Mal durch einen Strom von trockener Luft in die für die Untersuchung der Gase und Dämpfe bereits benützte Röhre geleitet:

Name des Riechstoffes.	Absorption.
Patchouli . . . . .	30
Sandelholz . . . . .	32
Geranium . . . . .	33
Knoblauchöl . . . . .	34
Rosenöl . . . . .	37
Bergamotöl . . . . .	44
Oleander . . . . .	47
Lavendel . . . . .	60
Citrone . . . . .	65
Pomeranzen . . . . .	67
Thymian . . . . .	68
Rosmarin . . . . .	74
Lorbeeröl . . . . .	80
Kamillenblüthen . . . . .	87
Cassia . . . . .	109
Nardenöl . . . . .	355
Anis . . . . .	372

Somit, wenn die Absorption einer Röhre voll Luft 1 beträgt, so beträgt die von darin verbreitetem Patchouli 30, Lavendel 60, Rosmarin 74, während die von Anis sich auf 372 beläuft. Es wäre nutzlos über die Quantitäten von Materie, welche hier zur Wirkung kommen, auch nur Vermuthungen aufzustellen.

## 12. Wasserdampf im Verhältniss zur Temperatur der Erde <sup>1)</sup>).

Wir besitzen jetzt die nöthigen Vorbereitungen für ein Resultat, das uns ausserdem unglaublich vorkommen würde. Das Wasser ist bis zu einem gewissen Grade ein flüchtiger Körper, und unsere Atmosphäre, welche auf der Oberfläche des Oceans ruht, erhält aus ihm einen steten Vorrath von wässerigen Dämpfen. Es wäre ein Irrthum, wollte man Wolken oder Nebel oder irgend welchen sichtbaren Dunst mit dem Wasserdampfe verwechseln; dieser ist ein vollkommen un wahrnehmbares Gas, welches auch an den hellsten Tagen durch die Atmosphäre verbreitet ist. Im Vergleich mit der grossen Masse der Luft ist der Betrag des Wasserdampfes, welchen sie enthält, beinahe unendlich klein; indem 99 $\frac{1}{2}$  Procent der Atmosphäre aus Sauerstoff und Stickstoff bestehen. Ohne das Experiment würden wir niemals daran denken, diesem spärlichen und veränderlichen Bestandtheil einen irgendwie bedeutenden Einfluss auf die Erdstrahlung zuzuschreiben; und dennoch ist sein Einfluss wichtiger als der der grossen Masse der Luft. Es wäre eine Unterschätzung der Thatsachen, wenn ich mich auf die Behauptung beschränken wollte, der Wasserdampf der Atmosphäre übe an einem nicht aussergewöhnlich feuchten Tage in England

---

<sup>1)</sup> Die Behauptungen über die Wirkung des Wasserdampfes die in Abschnitt 12 und 13 dieses Vortrages aufgestellt wurden, sind durch den verstorbenen Professor Magnus in Berlin angefochten worden. Ich wünsche deshalb, dass der Leser sich sein Urtheil über diese beiden Ansichten vorbehalten möge, bis neues Licht über den Gegenstand verbreitet sein wird. Dies wird bald der Fall sein.

eine 100mal stärkere Wirkung aus als die Luft selbst. Die eigenthümliche Beschaffenheit dieses Dampfes, und der Umstand, dass er bei gewöhnlicher Temperatur seinem Condensationspunkt sehr nahe kommt, machen dass die Wirkungen, welche er in dem schon beschriebenen Apparate giebt, kleiner erscheinen, als sie in Wahrheit sind; und ich bin nicht im Stande zu sagen, ob die Absorption durch diese Substanz nicht 200mal stärker ist, als die der Luft, worin sie verbreitet ist. Ich bin ausser Stand zu sagen, welches Verhältniss sich herausstellen würde beim Vergleich von 1 Molekel Wasserdampf mit 1 Atom Sauerstoff oder Stickstoff oder, wie viel tausend Mal stärker die Wirkung des Ersteren ist als die der Letzteren.

Allein man muss sich erinnern, dass diese hohen Zahlen wesentlich durch die geringe Wirksamkeit der Luft bedingt sind; die Macht des Wasserdampfes erscheint gross, weil die der Luft im Vergleich damit verschwindend klein ist. Aber auch, absolut betrachtet, übt diese Substanz, trotz ihres kleinen specifischen Gewichtes, eine sehr grosse Wirkung. Fünfzehn bis zwanzig Procent der Wärme, welche die Erde ausstrahlt, werden wahrscheinlich schon bis zu 10 Fuss vom Boden absorbirt. Dies muss natürlich von grösster Wichtigkeit für das Leben in unserer Welt sein. Denken Sie sich, dass die an der Oberfläche befindlichen Molekeln der Erde durch Wärmebewegung zittern und diese Bewegung auf den umgebenden Aether übertragen; diese Bewegung würde rasch fortgetragen werden, und wäre für immer für unsern Planeten verloren, wenn die Aetherwellen auf ihrem Wege hinaus es nur mit der Luft zu thun hätten. Allein der Wasserdampf der Luft nimmt die Bewegungen der Aetherwellen auf, und wird dadurch erwärmt; er umhüllt somit die Erde wie ein warmes Gewand, und schützt deren Oberfläche vor der

tödlichen Kälte, welcher sie sonst ausgesetzt sein würde. Verschiedene Naturforscher haben sich mit dem Einfluss der atmosphärischen Hülle beschäftigt. De Saussure, Fourier, Pouillet und Hopkins haben insgesamt die wissenschaftliche Litteratur durch Beiträge über diesen Gegenstand bereichert; allein die Betrachtungen, welche diese ausgezeichneten Forscher auf die atmosphärische Luft bezogen haben, müssen, wenn anders meine Versuche richtig sind, auf den Wasserdampf in der Luft übertragen werden.

Die Beobachtungen der Meteorologen liefern uns wichtige, wenngleich bisher noch nicht als solche anerkannte Beweise für den Einfluss von diesem Agens. An Orten, wo die Luft trocken ist, sind wir täglichen Temperaturextremen ausgesetzt. Hier strahlt die Sonnenwärme bei Tage ungehindert auf die Erde, und macht das Maximum hoch; bei Nacht hingegen entströmt die Erdwärme ebenso ungehindert in den Weltraum und macht das Minimum niedrig. Daher kommt es, dass die Differenz zwischen Maximum und Minimum da am Grössten ist, wo die Luft am Trockensten ist. In den Ebenen von Indien, auf den Höhen des Himalaya, in Centralasien, in Australien, überall wo grosse Dürre herrscht, haben wir den starken Gegensatz von der Hitze des Tages mit der Kühle der Nacht. Sogar in der Sahara fällt die Temperatur, nachdem die Strahlen der Sonne den brennenden Boden nicht mehr treffen, rasch auf den Gefrierpunkt, weil kein Wasserdampf darüber liegt, um den Wärmeabzug zu hindern. Hier könnte man ein neues Beispiel zu den vielen, bereits bekannten hinzufügen, um zu zeigen, dass die Natur dazu neigt, ihre eigenen Ausschreitungen gewissermassen zu hemmen. Durch die nächtliche Abkühlung wird der Wasserdampf der Luft an der Oberfläche der Erde zu Wasser verdichtet, und da nur die oberflächlichen

Theile Wärme ausstrahlen, so bewirkt diese Verdichtung, dass das Wasser der strahlende Körper wird. Versuche haben uns jedoch gelehrt, dass der Wasserdampf ganz besonders undurchdringlich ist für Strahlen, welche das Wasser aussendet. Hierdurch wird also der Vorgang der Verdichtung, welcher durch die Abkühlung der Erde hervorgebracht wird, ein Schutzmittel für die Erde selbst, indem ihre Strahlung gerade so beschaffen ist, dass sie am Entschiedensten verhindert wird in den Weltraum auszuströmen.

Man könnte freilich dagegen vorbringen, dass, da wir alle unsere Wärme von der Sonne ableiten, dieselbe Hülle, welche die Erde vor Abkühlung schützt, auch die Sonnenstrahlen von ihr abhalten müsste. Dies ist theilweise wahr, jedoch nur theilweise; die Sonnenstrahlen sind in ihrer Qualität verschieden von den Strahlen der Erde, und es folgt keineswegs daraus, dass die Substanz, welche die Ersteren absorbiert, nothwendig auch die Letzteren absorbieren müsse. Durch eine Schicht Wasser von  $\frac{1}{10}$  Zoll Dicke können z. B. die Strahlen der Sonne mit verhältnissmässiger Freiheit durchdringen; allein durch eine auch nur halb so dicke Schicht könnte, wie Melloni bewiesen hat, nicht ein einziger Strahl der erwärmten Erde dringen. In derselben Weise dringen die Strahlen der Sonne mit verhältnissmässiger Freiheit durch den Wasserdampf der Luft, indem die absorbirende Kraft dieser Substanz hauptsächlich nur auf diejenige Wärme ausgeübt wird, welche von der Erde zu entweichen strebt. In Folge dieser verschieden starken Wirkung auf die Sonnen- und die Erdwärme, ist die mittlere Temperatur unseres Planeten höher, als sie es seiner Entfernung von der Sonne entsprechend sein müsste.



13. Flüssigkeiten und ihre Dämpfe in Beziehung zur strahlenden Wärme.

Das Verhalten, welches hier den atmosphärischen Dünsten zugeschrieben ist, wurde festgestellt durch directe Versuche mit Luft, theils aus den Strassen und Parks von London, theils aus den Niederungen von Epsom, und den Hügeln und dem Seestrande der Insel Wight; ebenso durch andere Versuche, welche mit zuerst getrockneter und alsdann durch reines destillirtes Wasser künstlich feucht gemachter Luft angestellt wurden. Auch in folgender Weise wurde dieses Verhalten festgestellt; man nahm zehn flüchtige Flüssigkeiten und untersuchte sorgfältig, wie gross bei gleich dicker Schicht die Kraft, die Wärmewellen aufzufangen, bei diesen Substanzen war. Alsdann wurden die Dämpfe dieser Flüssigkeiten in solchen Quantitäten angewendet, dass sie den Flüssigkeitsquantitäten proportional waren; und die Kraft die Wärmewellen aufzufangen, ward bei diesen Dämpfen ebenfalls untersucht. Die nachstehende Reihenfolge von Absorptionen ward beobachtet; dieselbe beginnt mit der Substanz, welche die geringste Absorptionskraft aufweist, und schreitet fort zu derjenigen, welche die stärkste hat:

Flüssigkeiten.	Dämpfe.
Schwefelkohlenstoff	Schwefelkohlenstoff
Chloroform	Chloroform
Jodmethyl	Jodmethyl
Jodäthyl	Jodäthyl
Benzol	Benzol
Amylen	Amylen
Schwefeläther	Schwefeläther
Essigäther	Essigäther
Ameisenäther	Ameisenäther
Alkohol	Alkohol
Wasser	—

Wir finden hier die Reihenfolge der Absorptionen in beiden Fällen gleich. Wir haben die Molekeln von den Banden befreit, welche sie in der flüssigen Form mehr oder weniger einengten; allein diese Veränderung ihres Aggregatzustandes bringt keine Aenderung in den Verhältnissen ihrer Absorptionskraft hervor. Dies beweist am Besten, dass der Vorgang der Absorption von dem einzelnen Molekel abhängt, das seine Kraft ebenso gut im flüssigen wie im gasförmigen Zustande zu erkennen giebt. Wir können aus der obigen Tabelle sicherlich den Schluss ziehen, dass die Stellung eines Dampfes durch die seiner Flüssigkeit bestimmt wird. Am Schlusse unserer Liste steht das Wasser und zeichnet sich durch seine ungeheure Absorptionskraft vor allen Andern aus. Und schon nach dieser Thatsache dürften wir, auch ohne dass jemals directe Versuche mit Wasserdampf angestellt worden wären, diesen Dampf als den mächtigsten bis jetzt entdeckten Verschlucker von strahlender Wärme einreihen. Man hat durch Versuche bewiesen, dass eine zwei Zoll dicke, mit den Dämpfen von Schwefeläther getränkte Luftschicht, welche unsere Erde umgeben würde, im Stande wäre 35 Procent von der irdischen Strahlung zu absorbiren. Und obgleich die Menge Wasserdampf, durch

welche die Luft gesättigt wird, viel kleiner ist, als das Quantum Aetherdampf, welches sie aufnehmen kann, so ist es doch äusserst wahrscheinlich, dass die bereits gemachte Schätzung von der Wirkung der atmosphärischen Dünste innerhalb 10 Fuss von der Erdoberfläche, noch weit unter dem wirklichen Masse bleibt; und dass wir dieser wunderbaren Substanz in einem freilich noch nicht genau bestimmten, jedoch sicherlich weit über die bisher angenommenen Grenzen hinausgehenden Masse, diejenige Temperatur verdanken, welche gegenwärtig an der Erdoberfläche besteht.

#### 14. Wechselverhältniss zwischen Strahlung und Absorption.

Während der Betrachtungen, welche uns bisher beschäftigt haben, stand vor unserem Geiste das Bild einer Strahlenquelle, welche Wärmewellen erzeugt, die ihrerseits wieder, indem sie zwischen den zerstreuten Molekeln von Gasen oder Dünsten hindurchgehen, von diesen Molekeln in verschiedenem Grade zurückgehalten werden. In allen Fällen handelte es sich um die Uebertragung einer Bewegung von dem Aether auf die verhältnissmässig ruhigen Molekel des Gases oder Dampfes. Wir haben jetzt die Form dieser unserer Vorstellung zu verändern; und uns diese Molekel nicht absorbirend, sondern strahlend, nicht als Empfänger, sondern als Urheber von Wellenbewegung zu denken. Das heisst, wir müssen uns vorstellen, dass dieselben schwingen und in dem sie umgebenden Aether Wellen erregen, welche mit der Geschwindigkeit des Lichtes durch diesen hineilen. Unser Zweck ist jetzt zu fragen, ob der Vorgang der chemischen Verbin-

ung, welcher sich bei den Erscheinungen der Absorption als so mächtig erwiesen hat, seine Kraft auch bei den Erscheinungen der Strahlung zeigen werde. Zur Beantwortung dieser Frage ist es zunächst nöthig, unsere Gase und Dämpfe auf dieselbe Temperatur zu erwärmen, und alsdann zu untersuchen, in welchem Maasse sie die Kraft besitzen, die ihnen mitgetheilte Bewegung auf den Aether, in dem sie schwingen, zu übertragen.

Eine erwärmte kupferne Kugel ward über einen ringförmigen Gasbrenner gebracht, der eine grosse Menge von Oeffnungen enthielt. Der Brenner stand durch eine Röhre in Verbindung mit den Gefässen, welche die zu prüfenden Gase enthielten. Durch leichten Druck wurden die Gase durch die Oeffnungen des Brenners gegen die kupferne Kugel getrieben, von der sie hierauf erwärmt, als warme Luftsäule in die Höhe stiegen. Eine thermoelektrische Säule, welche durch einen Schirm gegen die Strahlung der heissen Kugel geschützt war, wurde der Strahlung des warmen Gases ausgesetzt, und die Ablenkungen einer mit der Säule verbundenen Magnetnadel zeigten die Stärke der Strahlung an.

Diese Versuchsmethode bewies, dass dieselbe molekulare Anordnung, welche die Absorptionskraft eines Gases erhöht, in demselben Maasse auch seine Fähigkeit Strahlen auszusenden erhöht; dass das Atom oder das Molekel, welches im Stande ist die Wärmewellen aufzufangen, in ebendemselben Grade im Stande ist Wärmewellen zu erzeugen. Während demnach die Atome der elementaren Gase sich unfähig erwiesen, eine irgendwie merkliche Menge von strahlender Wärme auszuströmen, zeigte sich, dass die zusammengesetzten Gase im Stande waren, den sie umgebenden Aether mächtig zu erregen. Durch besondere Versuche gelang es zu beweisen, dass

bei den Dämpfen flüchtiger Flüssigkeiten dasselbe Gesetz gilt, und dass die strahlende Kraft jedes Dampfes seiner absorbirenden Kraft proportional ist.

Die hier befolgte Versuchsmethode wird Ihnen noch verständlich sein, obwohl sie nicht ganz einfach ist. Wenn Luft in eine ausgepumpte Röhre eingelassen wird, wird die Temperatur der Luft um so viel erhöht, als lebendige Kraft in ihr verloren gegangen ist. Diese Luft ist, wie man sagt, dynamisch erwärmt, und wenn sie rein ist, zeigt sie sich unfähig zu strahlen, sogar wenn ein Fenster aus Steinsalz zum Durchlassen ihrer Strahlen angebracht ist. Wenn jedoch die Röhre, anstatt leer zu sein, eine kleine Quantität von Dampf enthält, so wird alsdann die erwärmte Luft ihre Wärme durch Berührung dem Dampfe mittheilen, und dieser somit in Stand gesetzt sein zu strahlen. Auf solche Weise verwandeln die Dampfmolekel die Wärme, welche den Atomen der Luft dynamisch mitgetheilt wurde, in strahlende Wärme. Durch diesen Vorgang, welcher dynamische Strahlung genannt wird, ist die strahlende Kraft sowohl der Gase als der Dämpfe bestimmt und die Proportionalität ihrer Strahlung und Absorption bewiesen worden <sup>1)</sup>.

In den ausgezeichneten Untersuchungen von Leslie, De la Provoshaye und Desains, und Balfour Stewart, ist die Proportionalität der Strahlung und Absorption in Bezug auf feste Körper auf verschiedene Weise erläutert worden; während die theoretischen und experimentellen Arbeiten von Kirchhoff diesem Gegenstande eine wunder-

---

<sup>1)</sup> Wenn erwärmte Luft einem andern Gase oder Dampf ihre Bewegung mittheilt, so ist die Ueberführung der Wärme von einer Veränderung der Schwingungsperiode begleitet. Die dynamische Strahlung der Dämpfe wird durch diese Umänderung der Schwingungen möglich.

bare Ausdehnung verliehen, und denselben mit Anwendungen der höchsten Art bereichert haben. Ihren Resultaten muss man nun die vorhin erwähnten hinzufügen, wobei Gase und Dämpfe die Doppelwirkung von Strahlung und Absorption ergaben, während man sie bisher für derartige Versuche unzugänglich hielt; und wobei der Einfluss der chemischen Verbindung auf beide in der entschiedensten und ausserordentlichsten Weise ersichtlich ward.

#### 15. Einfluss der Schwingungsperiode und der molekularen Form. Physikalische Analyse des menschlichen Athems.

In den vorausgegangenen Versuchen wurden durchweg unsichtbare Strahlen angewendet. Einige dieser Körper sind so undurchdringlich, dass sie auf wenige Fuss Entfernung jeden Strahl so sicher auffangen, als eine Schicht von Pech dieses thun würde. Die Substanzen, welche sich so undurchdringlich für strahlende Wärme zeigen, sind jedoch vollkommen durchsichtig für das Licht. Nun unterscheiden sich aber leuchtende und unsichtbare Strahlen nur durch ihre Schwingungsperiode; Letztere wirken auf die Netzhaut deshalb nicht ein, weil ihre Schwingungsdauer zu lang ist. Darum hängt die Durchsichtigkeit unserer Gase und Dämpfe von den Perioden der Wellen, welche auf dieselben aufstossen, auf irgend eine Weise ab. Von welcher Art ist nun diese Abhängigkeit? Die bewunderungswürdigen Untersuchungen Kirchhoff's verhelfen uns zu einer Antwort. Die Atome und Molekel jedes einzelnen Gases haben gewisse bestimmte Werthe der Schwingungsdauer, und diejenigen Aetherwellen werden am ausgiebigsten absorbiert,

deren Schwingungsperioden mit den Perioden der Molekel zusammenfallen, durch welche sie sich hinbewegen. Finden wir also, dass die unsichtbaren Strahlen durch eine Gasschicht absorbirt werden, während die sichtbaren weitergeführt werden, so schliessen wir daraus, dass die Schwingungsperioden der gasförmigen Molekel mit denen des unsichtbaren, aber nicht mit denen des sichtbaren Spectrum zusammenstimmen.

Es gehört etwas Uebung der Einbildungskraft dazu, um sich eine klare Vorstellung von diesem Vorgang zu machen. Eine solche Vorstellung ist jedoch möglich und man muss sie zu erlangen suchen. Wenn die Aetherwellen auf Molekel stossen, deren Schwingungsperioden mit der Wiederkehr der Wellen übereinstimmen, so verstärken sich die Schwingungen der Molekel, gerade wie ein schweres Pendel durch Athemstösse von richtigem Rhythmus in Bewegung gesetzt werden kann. Millionen und aber Millionen von Stössen werden in jeder Secunde durch die Wärmewellen ertheilt; und es ist nicht schwierig einzusehen, dass wenn jede einzelne Welle zu rechter Zeit eintrifft um die Wirkung ihrer Vorgängerin zu verstärken, schliesslich die Molekel durch weitere Strecken schwingen müssen, als wenn die Augenblicke dieses Eintreffens nicht den richtigen Rhythmus haben. Ebenso ist es leicht zu begreifen, dass eine Ansammlung von Molekeln, falls diese dem Einflusse einander entgegen wirkender Wellen ausgesetzt sind, so gut wie in Ruhe bleiben kann; und es geschieht dies auch wirklich, wenn die Wellen des sichtbaren Spectrum durch eine durchsichtige Gas- oder Dampfart hindurchgehen. Hier findet keine merkliche Uebertragung von Bewegung vom Aether auf die Molekel, mit andern Worten, keine Absorption von Wärme Statt.

Ein auffallendes Beispiel vom Einfluss der Schwingungsperioden mag hier angeführt werden. Kohlensaures Gas gehört zu den Gasen, welche die strahlende, von festen Körpern ausgehende Wärme am schwächsten absorbiren. Es ist zum Beispiel in hohem Maasse durchsichtig für die Strahlen, welche die bereits erwähnte heisse Kupferplatte aussendet. Für gewisse andere, an Zahl verhältnissmässig geringe Strahlen, die das Kupfer ausströmt, ist die Kohlensäure undurchdringlich. Wüssten wir eine Strahlenquelle, die nur solche Strahlen aussendete, so würden wir die Kohlensäure undurchsichtiger für die Strahlung aus jener Quelle finden, als irgend ein anderes Gas. Solch eine Quelle findet sich wirklich in der Flamme von Kohlenoxydgas, wobei heisse Kohlensäure den vornehmsten strahlenden Körper bildet.

Von den Strahlen, welche unsere erwärmte Kupferplatte ausströmt, absorbirt ölbildendes Gas eine zehnmal grössere Quantität als die Kohlensäure. Von den Strahlen, welche eine Kohlenoxydflamme ausströmt, absorbirt die Kohlensäure zweimal so viel als ölbildendes Gas. Dieser wunderbare Wechsel in der Absorptionskraft der Kohlensäure beruht einfach auf der Thatsache, dass die Perioden der heissen und der kalten Kohlensäure identisch sind, und dass die von der Flamme erregten Wellen ihre Bewegung frei auf die Molekel, welche damit zusammenstimmen, übertragen. So kommt es, dass  $\frac{1}{10}$  Atmosphäre von Kohlensäure, die in einer 4 Fuss langen Röhre eingeschlossen ist, 60 Procent von der Strahlung einer Kohlenoxydflamme absorbirt, während  $\frac{1}{30}$  Atmosphäre 48 Procent von der Wärme aus derselben Quelle absorbirt.

In der That kann man das Vorhandensein auch der geringsten Menge von Kohlensäure durch ihre Wirkung



auf die Strahlen einer Kohlenoxydflamme erkennen. Wenn man z. B. den getrockneten menschlichen Athem in eine 4 Fuss lange Röhre führt, so beträgt daselbst die Absorption durch die Kohlensäure des Athems 50 Procent der gesammten Strahlung. Strahlende Wärme kann in der That praktisch dazu verwendet werden, um die Menge der von der Lunge ausgehauchten Kohlensäure zu bestimmen. Mein früherer Assistent Herr Barrett hat diese Bestimmung ausgeführt. Zuerst wurde die Absorption bestimmt, welche der Athem hervorbrachte, der von seiner Feuchtigkeit befreit war, aber seine Kohlensäure behalten hatte. Alsdann wurde künstlich bereitete Kohlensäure mit trockener Luft in solchem Verhältnisse gemischt, dass die Wirkung der Mischung auf die Wärmestrahlen dieselbe war, wie die des getrockneten Athems. Da der Procentsatz der Ersteren bekannt war, ergab sich der des Letzteren unmittelbar daraus. Derselbe Athem, der chemisch durch Dr. Frankland und physikalisch durch Herrn Barrett analysirt wurde, ergab die folgenden Resultate:

Procentsatz von Kohlensäure im menschlichen  
Athem.

Chemische Analyse.	Physikalische Analyse.
4,66	4,56
5,33	5,22

Auf diese Art ist es bewiesen, dass wir ein praktisch verwendbares Maass für die Kohlensäure des Athems und somit auch für die Verbrennung, welche in den Lungen stattfindet, besitzen in der Quantität von Aetherbewegung, welche die Kohlensäure aufzufangen im Stande ist.

Dennoch ist die Gleichheit der Schwingungsperioden,

trotz ihrer grossen Wichtigkeit, noch nicht genügend, um alle beobachteten Thatsachen zu erklären. Der Aether empfängt, soviel wir wissen, Schwingungen von jeder Zeitdauer mit derselben Bereitwilligkeit. Ihm sind die Schwingungen eines Sauerstoffatoms eben so willkommen, wie die eines Molekels von ölbildendem Gase; dass der schwingende Sauerstoff so tief unter dem ölbildenden Gase in Bezug auf strahlende Kraft steht, muss nicht der Schwingungsperiode, sondern irgend einer andern Eigenthümlichkeit des elementaren Gases zugeschrieben werden. Die Atomgruppe, welche das Molekel des ölbildenden Gases ausmacht, erzeugt wohl deshalb eine viel tausendmal stärkere Störung als der Sauerstoff, weil der Aether den Bewegungen jener Gruppe viel weniger auszuweichen im Stande ist, als denen eines einzelnen Atomes. Die Vertiefungen und Einschnitte an einem Molekel, das aus sphärischen Atomen besteht, kann eine der Ursachen sein dieses verstärkten Haltes, den es am Aether hat. Eine andere und wahrscheinlich wichtige Ursache mag darin bestehen, dass der Aether selbst, indem er sich zwischen den Bestandtheilen einer Atomgruppe verdichtet und verstrickt, die Berührungsfläche mit der Gruppe vergrössert und dadurch die Störung verursacht. Was auch das schliessliche Schicksal dieses Versuches, den Vorgang für unsere Vorstellung begreiflich zu machen, sein möge, so viel wird immerhin wahr sein, dass wir, um die Erscheinungen der Strahlung und Absorption zu erklären, die Form, Grösse und verwickelte Zusammensetzung der Molekel, welche den Aether stören, in Betracht ziehen müssen.

---

## 16. Resultate und Schluss.

Lassen Sie uns jetzt einen Blick auf das hinter uns liegende Feld werfen. Das allgemeine Wesen von Licht und Wärme ist zuerst kurz beschrieben worden; ferner ist die Zusammensetzung der Materie aus elementaren Atomen und der Einfluss, welchen der Vorgang der chemischen Verbindung auf Strahlung und Absorption ausübt, betrachtet und durch Versuche erläutert worden. Es zeigte sich, dass die strahlende Wärme durch die durchsichtigen elementaren Gase wie durch einen leeren Raum hindurch geht, während viele der zusammengesetzten Gase diesen Wärmestrahlen beinahe unüberwindliche Hindernisse entgegensetzen. Dieses Verhalten der einfachen Gase lenkte unsere Aufmerksamkeit auf andere elementare Körper, bei deren Untersuchung wir die Entdeckung machten, dass das Element Jod, wenn es in Schwefelkohlenstoff aufgelöst ist, die Kraft besitzt, mit besonderer Schärfe das Licht von der Wärme im Spectrum zu trennen, indem es alle leuchtenden Strahlen bis zum äussersten Roth abfängt, und den jenseits des Roth gelegenen Wärmestrahlen ungehinderten Durchgang lässt. Diese Substanz wurde alsdann dazu verwendet, die Strahlen des elektrischen Lichtes zu sichten, und für unsichtbare Strahlen Brennpunkte zu bilden, welche so intensiv waren, dass sie fast alle Wirkungen des gewöhnlichen Feuers zeigten. Brennbare Stoffe wurden verbrannt, und unschmelzbare Körper durch die vereinigten unsichtbaren Strahlen zum Weissglühen gebracht. Auf diese Weise wurden die unsichtbaren Strahlen des elektrischen Lichtes sichtbar, indem wir ihre Brechbarkeit

erhöhten und alle Farben des Sonnenspectrum wurden aus der tiefen Dunkelheit heraufbeschworen. Es wurde gezeigt, wie ausserordentlich reich an unsichtbaren wenig brechbaren Strahlen das elektrische Licht ist, indem nur  $\frac{1}{9}$  seiner Gesamtstrahlung aus leuchtenden Strahlen besteht. Wir haben alsdann die Unempfindlichkeit des Sehnerven für unsichtbare Strahlen erwiesen, und Versuche hinzugefügt, welche zeigten, dass die hellen und die dunkeln Strahlen eines festen Körpers, der allmähig zum Weissglühen gebracht wird, gleichzeitig stärker werden; und dass intensive dunkle Wärme stets die intensive weisse Gluth begleitet. Sowohl die Sonne als ein leuchtend gewordener Meteorit ist diesen Bedingungen unterworfen. Die lichtgebenden Strahlen betragen nur einen kleinen Bruchtheil der vollständigen Strahlung; und die unaussprechlich grosse Wichtigkeit, welche sie für uns haben, ist allein der Thatsache zuzuschreiben, dass ihre Perioden im Einklang mit den besonderen Bedürfnissen unseres Auges stehen.

In Bezug auf die Absorptionskraft der Dämpfe von flüchtigen Substanzen zeigten sich ebenfalls sehr grosse Unterschiede. Wir verfolgten verschiedene Molekel vom flüssigen bis zum gasförmigen Zustande, und fanden, dass die Kraft des einzelnen Molekels sich in beiden Aggregatzuständen gleichmässig geltend machte. Wir haben gezeigt, dass die Stellung eines Dampfes in Bezug auf Absorption von strahlender Wärme sich nach der Stellung der Flüssigkeit bestimmt, aus der er gebildet ist. Wir kehrten unsere Vorstellungen um, und betrachteten die Molekel der Gase und Flüssigkeiten nicht mehr als die Empfänger, sondern als die Erzeuger von Wellenbewegung; nicht absorbirend, sondern ausstrahlend; und es ergab sich, dass die Kräfte der Absorption und die der Strahlung

Hand in Hand gehen; und dass derselbe chemische Vorgang, welcher einem Körper die Fähigkeit giebt, die Aetherwellen aufzufangen, ihn in demselben Grade befähigt, solche Wellen zu erzeugen. Hierauf untersuchten wir verschiedene Riechstoffe, und trotz ihrer ausserordentlichen Verdünnung erwiesen sie sich in Bezug auf Absorptionskraft sehr überlegen über die Masse der Luft, worin sie zertheilt waren. Langsam gelangten wir auf diese Weise zur Untersuchung des wichtigsten und am weitesten verbreiteten Dampfes, nämlich des Wasserdampfes in unserer Atmosphäre, und wir fanden ihn mit einer gewaltigen Absorptionskraft für die reinen Wärmestrahlen ausgestattet. Wir deuteten in Kürze den grossen Einfluss dieser Substanz auf Clima und auf die Erdtemperatur im Allgemeinen an. Ein Spinnengewebe, das über einer Blume liegt, genügt, um diese vor nächtlicher Abkühlung zu schützen; und auf dieselbe Art hemmt der Wasserdampf der Luft, so verdünnt er auch ist, den Abzug der irdischen Wärme, und schützt die Oberfläche unseres Planeten vor dem Erfrieren, welches unfehlbar eintreten würde, wenn keine derartige Substanz zwischen ihm und der Leere des Raumes eingeschaltet wäre. Wir zogen den Einfluss der Schwingungsperioden und der molekularen Gestaltung in Betracht, und schliesslich berechneten wir aus der Wirkung derselben auf strahlende Wärme das genaue Quantum von Kohlensäure, das von der menschlichen Lunge ausgeathmet wird.

In kurzen Umrissen habe ich Ihnen somit etliche Ergebnisse der neuesten Forschungen auf dem Felde der Strahlung dargelegt; und habe hierbei stets das Ziel vor Augen gehabt, in Ihrem Geiste bestimmte physikalische Vorstellungen von den verschiedenartigen Vorgängen, womit unsere Untersuchungen sich beschäftigen, zu erwecken.

Es ist manchmal behauptet worden, die Naturwissenschaften tödteten die Einbildungskraft; und mit vollem Recht müsste man den Werth eines Studiums anzweifeln, welches nothwendig zu diesem Resultate führen müsste. Allein die Erfahrung der letzten Stunde muss Sie meiner Ansicht nach überzeugt haben, dass das Studium der Naturwissenschaften Hand in Hand gehen kann mit der Pflege der Einbildungskraft. Diese Fähigkeit hat uns während unseres heutigen Vortrags wesentliche Dienste geleistet. Wir haben uns Atome, Molekel, Schwingungen und Wellen ausgemalt, welche kein Auge sah und kein Ohr je hörte, und die nur durch die Einbildungskraft unterschieden werden können. Es ist dies in der That diejenige Fähigkeit, welche uns gestattet die Grenzen unserer Sinne zu überschreiten, und den Zusammenhang der Erscheinungen unserer sichtbaren mit denen einer unsichtbaren Welt herzustellen. Ohne Einbildungskraft wären wir niemals zu den Anschauungen gelangt, welche uns heute an dieser Stelle beschäftigt haben; und der Vortheil und das Vergnügen, welches Sie aus diesem Vortrage gewinnen, wird durchaus im Verhältnisse stehen zu Ihrer Fähigkeit, diese geistige Kraft richtig zu gebrauchen und bestimmte geistige Vorstellungen mit den dabei angewendeten Ausdrücken zu verknüpfen. Die äusseren Thatsachen der Natur genügen nicht, um den Geist zu befriedigen. Wir können uns nicht damit zufrieden geben, zu wissen, dass Licht und Wärme der Sonne unsere Erde beleuchten und erwärmen. Unwiderstehlich reisst es uns zur Frage fort, was ist Licht, was ist Wärme? Und diese Frage führt uns mit einem Male aus dem Bereiche der Sinne in das der Einbildungskraft.

Das was man sieht und fühlt ist unvollständig und fordert eine Ergänzung durch das, was man nicht sieht und

nicht fühlt. Beim Suchen nach dieser Ergänzung gelang es hochbegabten Männern nicht nur die Natur von Licht und Wärme, sondern durch diese die allgemeine Verwandtschaft der Naturerscheinungen zu erkennen. Alle Triebkraft in der Natur beruht in der Energie der in Wirklichkeit oder doch der Fähigkeit nach vorhandenen Bewegung. Alle Erscheinungen sind nur besondere Formen von ihr. Diese Bewegung zeigt sich in greifbarer wie in ungreifbarer Masse, indem sie unaufhörlich von der Einen auf die Andere übertragen, und durch diesen Wechsel unaufhörlich verwandelt wird. Sie ist eben so wirklich in den Wellen des Aethers als in den Wellen der See; und diese Letzteren, durch den Wind erzeugt, der seinerseits wieder von der Sonne herrührt, sind nichts Anderes als zusammengehäufte Bewegung der Ersteren. Es sind die Wärmestrahlen der Sonne, welche unsere Luft erwärmen, unsere Winde entstehen machen und daher den Ocean bewegen. Und ob die Wellen der See in Schaum an der Küste sich brechen, oder geräuschlos gegen das Bett des Oceans sich reiben oder durch die gegenseitige Reibung ihrer eigenen Theile gestillt werden, sie können nicht zur Ruhe kommen, ohne Wärme zu erzeugen, und sich schliesslich in Aetherwellen aufzulösen, und so die Bewegung wiederherzustellen, aus der ihre zeitweilige Existenz hergeleitet war. Dieser Zusammenhang ist typisch. Die Natur ist kein Aggregat von unabhängigen Theilen, sondern ein organisches Ganzes. Wenn Sie ein Clavier öffnen und einen Ton hinein singen, so wird eine bestimmte Saite darauf antworten. Aendern Sie die Stimmhöhe, so wird die erste Saite verstummen, allein eine andere wird antworten. Aendern sie abermals den Ton, so schweigen die beiden ersten, und eine dritte Saite erklingt. Indem Sie die Tonhöhe ändern, verändern

Sie einfach die Form der Bewegung, welche Ihre Stimmbänder der Luft mitgetheilt haben; jede Saite antwortet auf eine andere Bewegungsart. Gerade so wirkt die Natur auf den empfindenden Menschen; der Sehnerv, der Gehörnerv und viele andere Nerven des menschlichen Körpers sind eben so viele verschieden abgestimmte Saiten, welche auf die verschiedenen Formen der Kräfte im Universum erklingen oder antworten.

---



IX.

---

ÜBER

S T R A H L E N D E W Ä R M E

UND IHRE

BEZIEHUNGEN ZUR FARBE UND ZUR CHEMISCHEN  
ZUSAMMENSETZUNG DER KÖRPER.

---

E i n V o r t r a g

gehalten in der Royal Institution am 19. Januar 1866.

---

„Ich nahm eine Anzahl kleiner viereckiger Stückchen Tuch von verschiedener Farbe aus der Musterkarte eines Schneiders. Sie waren schwarz, dunkelblau, hellblau, grün, purpurfarben, roth, gelb, weiss, und noch anders gefärbt und schattirt. Ich legte sie sämmtlich an einem hellen sonnigen Morgen auf den Schnee. Innerhalb weniger Stunden (ich kann die Zeit nicht genau angeben) war das schwarze Stückchen, weil es am meisten von der Sonne erwärmt war, so tief eingesunken, dass die Strahlen der Sonne es nicht mehr erreichten; das dunkelblaue fast eben so tief, das hellblaue etwas weniger tief als das dunklere, die anderen Farben desto weniger eingesunken je heller sie waren. Das weisse blieb an der Oberfläche liegen und war gar nicht eingesunken.

Wozu ist eine Theorie gut, wenn sie nicht irgend einen Nutzen bringt? Können wir hieraus nicht lernen, dass schwarze Kleider sich weniger dazu eignen, in einem heissen sonnigen Klima getragen zu werden als weisse, weil in solchen Kleidern der Körper durch die Sonne mehr erwärmt wird, wenn wir ausgehen, und zugleich durch die Bewegung erhitzt wird, welche doppelte Wärme leicht gefährliche faulige Fieber erzeugt? Sollten nicht in Ost- und Westindien Soldaten und Seeleute, welche in der Sonne arbeiten und marschieren müssen, weisse Uniformen haben? Sollten die Sommerhüte für Männer und Frauen nicht weiss sein, um jene Hitze zurückzuwerfen, welche bei so Vielen Kopfschmerzen und bei Manchem jenen schlimmen Anfall erzeugt, den die Franzosen Coup de soleil nennen? Sollten aber nicht die Hüte der Damen schwarz gefüttert sein, weil jene Strahlen, die von Unten nach Oben von Erde und Wasser ausgehen, auf diese Weise nicht auf ihr Gesicht zurückgeworfen werden? Können wir daraus nicht lernen: dass man die Sonne keineswegs abhalten kann dadurch, dass man, wie dies so häufig geschieht, ein weisses Futter von Papier oder Leinwand in einem schwarzen Hute anbringt, wohl aber dadurch, dass man es von Aussen anbringt? Ferner, dass geschwärzte Spaliermauern während des Tages so viel Sonnenwärme aufnehmen können, um auch bei Nacht noch bis zu einem gewissen Grade warm zu bleiben, und auf diese Weise die Frucht vor Frost zu schützen, oder ihr Wachstum zu befördern? Nebst unterschiedlichen anderen Einzelheiten von mehr oder weniger Wichtigkeit, welche einem aufmerksamen Geiste von Zeit zu Zeit aufstossen können?“

**Benjamin Franklin.**

Brief an Miss Mary Stephenson.

## IX.

# Strahlende Wärme.

---

Ueber strahlende Wärme in ihren Beziehungen zur Farbe und zur chemischen Zusammensetzung der Körper.

Eine der wichtigsten Aufgaben der Physik, wenn man sie als geistiges Bildungsmittel betrachtet, besteht darin, dass sie uns befähigt durch die wahrnehmbaren Vorgänge der Natur die nicht wahrnehmbaren zu erkennen. Die wahrnehmbaren Vorgänge geben der Gedankenfolge ihre Richtung; allein diese einmal gegeben, ist die Länge der Linie nicht durch die Grenzen der Sinne beschränkt. In der That ist das Bereich der Sinne in der Natur fast unendlich klein im Vergleich mit der jenseits derselben liegenden weiten, dem Gedanken zugänglichen Region. Aus wenigen Beobachtungen kann der Astronom die Bahn eines Cometen der in das Bereich seines Teleskops kommt berechnen bis in Gegenden hinein, welche nie ein Fernrohr erreicht; und in derselben Weise vermögen wir uns, mittels der Anhaltspunkte, die wir in der engen Welt

der Sinne gewinnen, heimisch zu machen in anderen und weiteren Welten, welche allein der Verstand zu durchheilen vermag.

Die Fragen, was ist Licht? und was ist Wärme? haben schon seit Jahrtausenden die Geister der Menschen beschäftigt; allein diese Fragen wären wohl niemals beantwortet worden, wenn ihnen nicht die andere Frage: „Was ist Schall“ vorausgegangen wäre. Durch die größeren Erscheinungen der Akustik empfing der Geist seine erste Schulung; und aus directen Beobachtungen gingen hierbei Begriffe hervor, welche später auf andere für die directe Beobachtung viel zu feine Erscheinungen angewendet wurden. Wir wissen, dass der Schall einer schwingenden Bewegung zuzuschreiben ist. Eine schwingende Stimmgabel z. B. formt die Luft in ihrer Umgebung zu Wellen, welche sich nach allen Seiten hin mit einer gewissen messbaren Geschwindigkeit bewegen, das Trommelfell des Ohres treffen, den Gehörnerv erregen und im Gehirn die Empfindung des Schalles hervorbringen. Wenn wir dem tönenden Körper nahe genug sind, können wir die Schwingungen der Luft fühlen. Ein Tauber z. B., der seine Hand in eine klingende Glocke steckt, fühlt durch die Gefühlsnerven seines Körpers jenes Beben, welches sich den gesunden Gehörnerven als Ton zu erkennen geben würde. Es giebt verschiedene Wege, um diese Tonschwingungen nicht nur fühlbar, sondern auch sichtbar zu machen; und erst nachdem zahllose Versuche dieser Art ausgeführt worden waren, konnte sich der wissenschaftliche Beobachter ohne einen Schatten des Zweifels, der Ueberzeugung hingeben, dass dasjenige, was unserem Bewusstsein als Schall erscheint, in der Aussenwelt eine Bewegung der Luft ist.

Nachdem jedoch diese Thatsache festgestellt und es

über allen Zweifel hinaus bewiesen war, dass die Tonempfindung durch eine Erschütterung des Gehörnerven hervorgebracht ist, lag der Gedanke nahe, auch das Licht könnte einer Erschütterung des Sehnerven zuzuschreiben sein. Es war dies ein grosser Fortschritt gegenüber der älteren Ansicht, als sei das Licht Etwas, das vom Auge ausgeht, nicht aber Etwas, das ihm zugeführt wird. Wenn jedoch das Licht durch eine Erschütterung des Sehnerven oder der Netzhaut erzeugt wird, wodurch wird diese Erschütterung hervorgebracht? Newton war, wie Sie wissen, der Ansicht, dass kleine Theilchen durch die Flüssigkeiten des Auges hindurch gegen die, wie eine Zielscheibe im Hintergrunde des Auges liegende Netzhaut anprallen. Das Aufprallen dieser Theilchen auf die Scheibe hielt Newton für die Ursache des Lichtes. Allein Newton's Ansicht behauptete sich nicht, sondern wurde durch die wunderbare und viel philosophischere Ansicht, dass das Licht, wie der Schall ein Produkt der Wellenbewegung sei, aus dem Felde geschlagen.

Die Region, worin diese Lichtbewegung stattfindet, liegt vollkommen ausserhalb des Bereiches unserer Sinne. Die Lichtwellen erfordern ein Medium für ihre Bildung und Verbreitung, allein wir können dieses Medium weder sehen, fühlen, schmecken noch riechen. Wie ist seine Existenz überhaupt festgestellt worden? Dadurch, dass nachweisbar die Annahme dieses unwahrnehmbaren wunderbaren Aethers alle Erscheinungen der Optik mit einer Vollkommenheit, Klarheit und Endgültigkeit erklärt, dass dem Verstande nichts zu wünschen übrig bleibt. Was that Newton, als das Gesetz der Schwerkraft zuerst in seinem Geiste auftauchte? Er untersuchte zunächst, ob es alle Thatsachen erkläre. Er bestimmte den Lauf der Planeten; er berechnete die Geschwindig-

keit vom Falle des Mondes nach der Erde hin; er zog das Vorrücken der Tag- und Nachtgleiche, die Ebbe und Fluth in Betracht, und fand dies Alles durch das Gesetz der Schwere erklärt. Er betrachtete demzufolge dieses Gesetz als feststehend; und seine Schlüsse wurden durch das Urtheil der Wissenschaft bestätigt. Auf ähnliche, womöglich noch stärkere Grundlagen stützt sich unser Glauben an die Existenz eines Weltäthers. Diese Annahme erklärt noch mannichfaltigere und verwickeltere Thatsachen als diejenigen sind, worauf Newton sein Gesetz gründete. Könnte man eine einzige Erscheinung nachweisen, welche sich mit der Annahme des Aethers nicht vereinigen liesse, so müssten wir ihn aufgeben; allein eine solche Erscheinung hat sich noch nicht nachweisen lassen. Es ist also mindestens eben so sicher, dass der Raum mit einem Medium erfüllt ist, vermittels dessen die Sonnen und Sterne ihre leuchtende Kraft verbreiten, als dass diejenige Kraft durch ihn hinwirkt, welche nicht nur unser Planetensystem, sondern die unmessbaren Himmelsräume mit einem Griffe zusammenhält.

Dies ist wohl das wunderbarste Beispiel von der Entstehung einer Gedankenfolge, welche aus der Sinnenwelt in die Region der reinen Einbildungskraft hinüberführt. Ich verstehe hier unter Einbildungskraft nicht jenes Spiel der Phantasie, welches einem luftigen Nichts eine örtliche Existenz und einen Namen zu geben vermag, sondern eine Kraft, welche den Geist befähigt Thatsachen, die jenseits des Bereiches der Sinne liegen zu begreifen, und welche ihm das deutliche physikalische Bild solcher Vorgänge giebt, die zwar über alle Begriffe mächtig in ihrer Gesamtheit sind, aber im Einzelnen so winzig erscheinen, dass sie sich jeder Beobachtung entziehen. Es sind die von dieser Stimmgabel erregten Luftwellen, welche ihre Schwingungen

hörbar machen. Es sind die von diesen Lampen über uns ausgesendeten Aetherwellen, welche die Flammen für uns leuchtend erscheinen lassen; allein diese Wellen sind so klein, dass man 30 000 bis 60 000 derselben der Länge nach nehmen müsste, um einen einzigen Zoll damit zu bedecken. Sie ersetzen durch Anzahl, was ihnen an Grösse gebricht. Trillionen derselben sind in Ihr Auge gedrungen, und haben die Netzhaut im Hintergrunde desselben getroffen, während des kleinen Zeitraumes, welcher über dem Aussprechen des kürzesten Satzes verstreicht. Dies ist das sichere Ergebniss der neueren Wissenschaft; allein wir würden es nie erreicht haben, ohne die vorausgegangene Schulung. Wir hätten niemals die Lichtwellen messen, oder uns auch nur ihr Vorhandensein vorstellen können, hätten wir uns nicht zuvor an den Schallwellen geübt. Schall und Licht helfen sich jetzt gegenseitig; die Vorstellungen von dem Wesen des Einen werden erweitert und vergewissert durch die Vorstellung von dem des Andern.

Der Aether, welcher die Pulse von Licht und Wärme weiter trägt, füllt nicht nur die himmlischen Räume, umfängt nicht nur die Körper der Sonnen und Planeten, sondern er umringt auch die Atome, woraus diese Sonnen und Planeten bestehen. Es ist die Bewegung dieser Atome und nicht die der wahrnehmbaren Theile eines Körpers, welche der Aether weiterführt; und diese Bewegung ist die objective Ursache von dem, was für unsere Empfindung Licht und Wärme ist. Ein Atom, welches seine Pulse durch den unendlichen Aether sendet, ist also gleich einer Stimmgabel, welche ihre Pulse durch die Luft sendet. Betrachten wir einen Augenblick diesen zitternden Aether, und seine Beziehungen zu den Körpern, deren Schwingungen er forträgt. Verschiedene Körper, die auf dieselbe Temperatur erwärmt sind, besitzen in

sehr verschiedenem Grade die Fähigkeit den Aether zu erschüttern; die Einen sind gute, die Andern schlechte Strahler. Dass heisst, die Einen sind so beschaffen, dass sie ihre Bewegung dem Aether ungehindert mittheilen und darin mächtige Wellenbewegungen hervorrufen, während die Andern dies nicht vermögen, sondern durch den Aether hingleiten, ohne seine Ruhe wesentlich zu stören. Neuere Versuche haben bewiesen, dass elementare Körper, ausgenommen in gewissen ungewöhnlichen Zuständen, schlechte Strahler sind. Ein Atom, das im Aether schwingt, gleicht dieser unbedeckten Stimmgabel, welche in der Luft schwingt. Die Menge der Bewegung, welche der Luft durch diese dünnen Zinken mitgetheilt wird, ist zu gering, um in irgend erheblicher Entfernung eine Schallempfindung wach zu rufen. Allein wenn wir den Atomen gestatten, sich chemisch zu verbinden und Molekel zu bilden, so hat dies in vielen Fällen eine ungeheure Veränderung der Strahlungskraft zur Folge. Der Betrag der Störung im Aether, welcher durch die verbundenen Atome eines Körpers hervorgerufen wird, kann in manchen Fällen viele tausend Mal grösser sein, als der, welchen seine unverbundenen ursprünglichen Atome zu erregen im Stande sind. Im Groben ist diese Wirkung durch die Stimmgabel dargestellt, wenn sie mit ihrem Resonanzkasten verbunden wird. Die Gabel und ihr Kasten schwingt jetzt als verbundenes System, und die Schwingungen, welche zuvor unhörbar waren, sind jetzt die Quelle eines musikalischen Tones geworden, der so mächtig ist, dass Tausende ihn sofort hören können. Die Gabel mit ihrem Resonator kann im Groben als ein guter Tonstrahler angesehen werden.

Die Höhe eines musikalischen Tones hängt von der Geschwindigkeit seiner Schwingungen, oder mit andern



Worten von der Länge seiner Wellen ab. Die Höhe einer Note entspricht aber der Farbe des Lichtes. Ich entnehme einen Streifen weissen Lichtes dem Strahle der elektrischen Lampe und lasse dieses Licht durch eine Zusammenstellung von Prismen fallen. Es wird zersetzt, und wir erhalten so die Wirkung, welche Newton zuerst erhielt, als er den Sonnenstrahl sich in die Pracht des Sonnenspectrum entfalten liess. An dem einen Ende dieses Spectrum haben wir rothes Licht, an dem andern violettes, und zwischen diesen Extremen liegen die übrigen prismatischen Farben. Wenn wir längs des Spectrum vom Roth zum Violett fortgehen, so steigert sich die Tonhöhe des Lichtes, wenn ich mich so ausdrücken kann, indem der Eindruck des Violett durch eine raschere Folge von Impulsen hervorgebracht wird, als der Eindruck des Roth. Die Schwingungen des Violett sind ungefähr zweimal so schnell als die des Roth, mit andern Worten, der Umfang des sichtbaren Spectrum beträgt ungefähr eine Octave.

Es findet keine Unterbrechung der Continuität bei diesem Spectrum statt; eine Farbe geht durch unmerkliche Abstufungen in die andere über. Es ist als ob eine unendliche Anzahl Stimmgabeln von allmählig ansteigender Tonhöhe zu gleicher Zeit schwingen würden. Allein wenn man sich einem andern Spectrum — demjenigen nämlich, welches man den Dämpfen von glühendem Silber entnimmt — zuwendet, so bemerkt man, dass es aus zwei schmalen, intensiv leuchtenden, grünen Streifen besteht. Hier ist es, als ob nur zwei Gabeln von wenig verschiedener Tonhöhe vibrirten. Die Wellen, welche diesen ersten Streifen erzeugen, sind von der Länge, dass 47 460 derselben an einander gereiht einen Zoll Länge haben würden. Die Wellen, welche den zweiten Streifen

hervorbringen, sind etwas kürzer, man würde 47 920 derselben brauchen, um einen Zoll auszumachen. Bei dem ersten Streifen beträgt die Zahl der Impulse, welche in jeder Secunde allen hier anwesenden Augen mitgetheilt werden 577 Billionen, während die Zahl der Impulse beim zweiten Streifen 600 Billionen beträgt. Ich werfe jetzt auf diesen vor Ihnen befindlichen Schirm den schönen Strom grünen Lichtes, der uns durch das Prisma diese Farbenbänder geliefert hat. Dieser leuchtende Strom entsteht aus den glühenden Dämpfen des Silbers. Die Schwingungsgeschwindigkeiten von den Atomen dieser Dämpfe sind eben so unwandelbar festgesetzt, als die Schwingungsgeschwindigkeiten zweier Stimmgabeln; gleichviel zu welcher Höhe man auch die Temperatur dieser Dämpfe steigern möge, die Geschwindigkeit ihrer Schwingungen bleibt unverändert, und in Folge dessen ihre Farbe, welche einzig von dieser Geschwindigkeit herrührt. Sowohl die Dämpfe des Wassers, als die des Silbers haben ihre bestimmten Schwingungsperioden, und diese sind so begrenzt, dass sie die Dämpfe, so lange diese nur Dämpfe sind, unfähig machen, durch Temperatursteigerung weissglühend zu werden. Diese Sauerstoff-Wasserstoffflamme z. B. besteht aus heissem Wasserdampf. Sie ist kaum sichtbar in der Luft dieses Zimmers und wäre es noch weniger, wenn wir das Gas in einer reinen Atmosphäre verbrennen könnten. Allein die Atmosphäre ist sogar auf dem Gipfel des Mont Blanc unrein; in London ist sie mehr als unrein, und der verbrennende Schmutz giebt der Flamme den grössten Theil ihres gegenwärtigen Lichtes. Die Hitze der Flamme ist jedoch ungeheuer. Gusseisen schmilzt bei einer Temperatur von 2000° Fahrenheit; während die Temperatur der Sauerstoff-Wasserstoffflamme 6000° Fahrenheit beträgt. Ein Stück Platina wird zum lebhaften

Rothglühen gebracht auf zwei Zoll Entfernung von dem sichtbaren Ende der Flamme. Der Dampf, welcher hier das Glühen veranlasst, ist absolut dunkel. In der Flamme selbst wird der Platinadraht zum blendenden Weiss erhitzt und schliesslich von der Flamme geschmolzen. Wenn diese Flamme auf ein Stück Kalk trifft, so haben wir das blendende Drummondlicht. Hier entsteht das Licht jedoch dadurch, dass die Flamme, indem sie auf den festen Körper trifft, Schwingungen erregt, welche anderen Rhythmus haben als ihre eigenen.

Bisher haben wir unsere Aufmerksamkeit auf in schwingendem Zustande befindliche Atome und Molekel gerichtet, die umgeben sind von einem Medium, welches ihre Schwingungen empfängt und sie durch den Raum fortführt. Aber man denke sich die Wellen, welche von einem Molekelsystem erzeugt werden, auf ein anderes System treffend; wie werden die Wellen davon afficirt werden? Werden sie aufgehalten werden oder ungehindert weiter ziehen können? Werden sie ihre Bewegung den Molekeln, welche sie treffen, mittheilen, oder werden sie um dieselben durch die intermolekularen Räume herumgleiten und so entfliehen?

Die Antwort auf diese Frage hängt von einer Bedingung ab, welche sehr schön durch einen Schallversuch erläutert werden kann. Diese zwei Stimmgabeln sind absolut gleich gestimmt. Sie schwingen mit derselben Geschwindigkeit, und da sie auf ihren Resonanzkästen befestigt sind, so ertönt dieselbe musikalische Note. Ich bringe eine der Gabeln zum Schweigen, und versetze die Andere in starke Schwingungen. Ich bringe jetzt die zweite Gabel in die Nähe der Ersten, aber nicht in Berührung mit derselben. Nachdem ich Beide in dieser Stellung vier bis fünf Secunden erhalten habe, bringe

ich die schwingende Gabel zum Schweigen; allein der Ton fährt fort zu klingen. Die zweite Gabel hat die Schwingungen der Ersten aufgenommen, und nun ist die Reihe zu schwingen an ihr. Ich nehme die eine Gabel von ihrem Resonanzkasten ab, und lasse die andere auf dem ihrigen stehen. Ich versetze die heruntergenommene Gabel in starke Schwingungen, allein Sie können dieselben nicht hören. Getrennt von ihrem Resonanzboden kann die Gabel der Luft eine zu geringe Bewegung verleihen, als dass diese sich dem Ohre auf einige Entfernung mittheilen könnte. Ich bringe jetzt die abgenommene Stimmgabel nahe an die auf ihrem Gestell befindliche heran, ohne dass jedoch eine Berührung stattfände. Aus der Stille erhebt sich jetzt ein sanfter Klang. Woher kommt er? Von den Schwingungen, welche von der freien Gabel auf die befestigte übergeleitet worden sind.

Die beiden Stimmgabeln müssen jedoch in vollkommenem Einklange stehen, damit sich auf diese Weise die Bewegung der Einen zur Andern durch die Luft übertragen lasse. Wenn ich auf eine der Gabeln ein Stückchen Wachs von der Grösse einer Erbse aufklebe, so wird sie dadurch ausser Stand gesetzt, die andere Gabel zu beeinflussen oder sich von ihr beeinflussen zu lassen. Der Versuch ist leicht zu begreifen. Die Pulse der einen Gabel können die andere afficiren, weil Beide genau dasselbe Tempo haben. Ein einzelner Puls macht, dass die Zinke der stummen Gabel sich durch eine verschwindend kleine Strecke fortbewegt. Kaum ist jedoch diese kleine Schwingung vollbracht, so ist ein zweiter Pulsschlag bereit sie zu treffen. Auf diese Weise addiren sich die kleinen Impulse. In den fünf Secunden, während welcher die Gabeln an einander heran gebracht waren, sandte die schwingende Gabel 1280 Wellen

gegen ihre Nachbarin, und diese 1280 Anpralle, welche, wie bereits gesagt, alle im richtigen Tempo und im richtigen Augenblicke erfolgten, haben den Schwingungen der auf dem Resonanzkasten befestigten Gabel solche Kraft verliehen, dass sie sich dem Gehöre aller hier Anwesenden mitzuthemen vermochten.

Erlauben Sie mir, Ihnen ein anderes merkwürdiges Beispiel vom Zusammenklange musikalischer Schwingungen zu geben. Hier brennen drei kleine Gasflammen in drei Glasröhren von verschiedener Länge. Eine jede von diesen Flammen kann einen musikalischen Ton angeben, dessen Höhe von der Länge der sie umgebenden Röhre abhängig ist. Je kürzer die Röhre, desto höher der Ton. Noch sind die Flammen still in ihren betreffenden Röhren; allein eine jede derselben kann dazu gebracht werden, auf einen geeigneten Ton, der von irgend welcher Stelle dieses Zimmers ausgeht, zu antworten. Hier ist ein Instrument, die Sirene genannt, womit man mächtige musikalische Töne erzielen kann. Mit einem tiefen Tone beginnend und allmählig zu höheren Tönen ansteigend erreiche ich schliesslich den Ton von der Flamme in der längsten Röhre. Im Moment, wo ich diesen Punkt erreiche, stimmt die Flamme ihren Gesang an. Die andern Flammen schweigen noch immer in ihren Röhren. Ich treibe das Instrument noch mehr in die Höhe; die zweite Flamme hat jetzt zu klingen angefangen; die dritte bleibt allein noch übrig. Ein höherer Ton bringt auch diese zum Singen. Auf diese Weise erweckt die Sirene beim allmählichen Hinansteigen in der Tonhöhe im Vorübergehen alle Flammen, indem sie dieselben mit einer Wellenfolge trifft, deren Wiederholungsperioden mit den Eigenschwingungen der Flammen übereinstimmen.

Ein Theil der Wellenbewegung der Sirene ist nun

durch die Flamme, welche mit den Wellen übereinstimmt, aufgenommen worden; hätten diese Wellen jedoch an Stelle einer einzelnen Flamme eine ganze Reihe von Flammen zu treffen, so könnte dieses Aufnehmen so gross werden, dass die ganze ursprüngliche Wellenbewegung dadurch absorbiert würde. Wenden wir nun diese Thatsachen auf strahlende Wärme an. Die blaue Flamme hier ist die Flamme von Kohlenoxydgas; und dieses durchsichtige Gas ist Kohlensäure. In der blauen Flamme haben wir Kohlensäure, die intensiv erhitzt oder mit andern Worten in einem Zustande intensiver Schwingung ist. Sie gleicht also der tönenden Stimmgabel, während die kalte Kohlensäure der stillen Stimmgabel gleicht. Was ist der Erfolg? Durch den Zusammenklang des heissen und kalten Gases wird die Durchstrahlung der Bewegung durch das Gas verhindert; sie wird nur von Theilchen zu Theilchen übertragen. Das kalte Gas ist sehr undurchsichtig für die Strahlung dieser besonderen Flamme, hingegen in hohem Grade durchsichtig für jede andere Art von Wärme. Wir haben es hier augenscheinlich mit dem grossen Princip zu thun, welches der Spectralanalyse zur Grundlage dient, und welches die Wissenschaft in den Stand setzt, die Substanzen zu bestimmen, woraus die Sonne, die Sterne, ja sogar die Nebelflecke bestehen: mit dem Principe nämlich, dass ein Körper, welcher im Stande ist, irgend einen Strahl von Wärme oder von Licht auszusenden, in demselben Grade im Stande ist diesen Strahl zu absorbiren. Die Absorption hängt ab von dem Einklange zwischen den Schwingungen der Atome, von welchen die Strahlen oder, richtiger gesagt, die Wellen ausgehen, und den Schwingungen der Atome, gegen welche sie anprallen.

Der Wasserdampf ist nicht nur unfähig weisses Licht

auszusenden, sondern ebenso unfähig weisses Licht zu absorbiren. Er kann z. B. die leuchtenden Strahlen der Sonne nicht absorbiren, obwohl er die dunkeln Strahlen der Erde absorbirt. Wasser und Eis, und in der That alle wirklich durchsichtigen Substanzen theilen diese Unfähigkeit der wässerigen Dünste die leuchtenden Strahlen zu absorbiren. Ihre Durchsichtigkeit rührt gerade von diesem Unvermögen, die leuchtenden Strahlen zu absorbiren, her. Die Molekel dieser Substanzen stehen in Dissonanz mit den leuchtenden Wellen, daher können solche Wellen durch die durchsichtigen Substanzen hindurchgehen ohne die Ruhe ihrer Molekel zu stören. Ein nur leuchtender Strahl, er möge noch so intensiv heiss sein, ist gänzlich unfähig das kleinste Eistheilchen zu schmelzen. Wir können z. B. einen mächtigen leuchtenden Strahl auf eine mit Reif bedeckte Fläche lenken, ohne eine einzige Spitze der Eiskrystalle zu schmelzen. Wie aber, könnte man fragen, geht es zu, dass der Schnee der Alpen durch den Sommersonnenschein hinweggefegt wird? Ich antworte, er wird durchaus nicht durch den Schein der Sonne vertilgt, sondern durch Sonnenstrahlen, welche keinerlei Sonnenschein in sich haben. Die leuchtenden Strahlen der Sonne fallen auf die Schneefelder und werden in tausendfältigem Echo von Krystall zu Krystall geworfen, allein die Strahlen finden fast keinen Eingang in die Krystalle selbst. Sie werden beinahe gar nicht absorbirt, und können deshalb kein Schmelzen hervorbringen. Allein eine Masse mächtiger dunkler Strahlen wird von der Sonne ausgesendet, und diese Strahlen sind es, wovon die Gletscher zurückweichen und der Schnee verschwindet; sie füllen die Ufer der Arve und des Arveyron und befreien die Rhone und den Rhein aus ihrer frostigen Gefangenschaft.

Ich setze einen concaven Silberspiegel hinter das elektrische Licht und vereinige seine Strahlen zu einem Brennpunkte von blendender Helle. Ich setze ein Gefäss voll Wasser in die Strahlenbahn zwischen dem Lichte und dem Brennpunkte, und bringe nun ein Stück Eis in den Brennpunkt. Das Eis wird nicht geschmolzen durch den concentrirten Strahl, welcher durch das Wasser hindurch ging, obwohl Streichhölzer am Brennpunkte sich entzünden, und Holz zu brennen beginnt. Die mächtige Wärme dieses Strahles ist also nicht im Stande das Eis zu schmelzen. Ich ziehe das Wassergefäss hinweg, das Eis wird augenblicklich flüssig und Sie sehen das Wasser an demselben herabtropfen. Ich bringe das Wassergefäss wieder zurück an seine vorige Stelle, das Schmelzen hört auf und es fallen keine Tropfen mehr. Das durchsichtige Wasser in diesem Gefäss übt keine merkliche Absorption auf die leuchtenden Strahlen aus, und doch entzieht es dem Strahle ein Etwas, das im Stande ist das Eis zu schmelzen, wenn man es darauf einwirken lässt. Dieses Etwas ist die dunkle Strahlung des elektrischen Lichtes. Ich bringe abermals eine Eisplatte vor die elektrische Lampe, und sende den leuchtenden Strahl zuerst durch die Wasserzelle und alsdann durch das Eis. Vermittels einer Linse wird ein Bild der Eisplatte auf diesen weissen Schirm geworfen. Der Strahl, der durch das Wasser gesichtet ist, hat keine Gewalt über das Eis. Allein bemerken Sie was geschieht, wenn das Wasser hinweg genommen ist: wir haben hier einen Stern und da einen Stern, und ein jeder dieser Sterne hat sechs Strahlen und wird vor unsern Augen grösser. Mit dem Grösserwerden der Blätter werden die Ränder gezahnt, allein der sechsstrahlige Typus bleibt erhalten. Wir haben hier in der That die Krystallisation des Eises umgekehrt durch



die unsichtbaren Strahlen des elektrischen Lichtes. In dieser wunderbaren Weise reissen sie den Molekularbau nieder und enthüllen uns die ausserordentlich schöne Structur der Substanz, mit welcher die Natur in jedem Winter unsere Teiche, Seen und Flüsse bedeckt.

Man könnte zahllose anscheinend anomale Wirkungen als Erläuterung für die Thätigkeit dieser lichtlosen Strahlen anführen. Hier sind z. B. zwei Pulver, beide weiss und dem Aussehen nach nicht zu unterscheiden. Die leuchtenden Strahlen der Lampe werden von den beiden Pulvern nicht absorbirt, durch diese Strahlen werden sie nicht erwärmt; und dennoch wird die eine der beiden Substanzen, Zucker, durch den concentrirten Strahl der elektrischen Lampe so mächtig erhitzt, dass sie zuerst raucht und schliesslich aufflammt, während die andere Substanz, Salz, kaum durch den Brennpunkt erwärmt wird. Hier setze ich ferner zwei vollkommen durchsichtige Flüssigkeiten in einem Reagenzglaschen in den Brennpunkt; die eine derselben gelangt innerhalb weniger Sekunden zum Kochen, während die andere in derselben Lage kaum erwärmt wird. Der Siedepunkt der ersteren Flüssigkeit, 78° C., wird schnell erreicht, der der zweiten Flüssigkeit hingegen, obwohl er nur 48° C. beträgt, wird an dieser Stelle niemals erreicht werden. Diese Anomalien sind einzig und allein dem ungesesehenen Elemente zuzuschreiben, welches mit den leuchtenden Strahlen des elektrischen Lichtes sich mischt, und in der That 90 Procent von dessen erwärmender Kraft ausmacht.

Ich habe hier eine Substanz, mittels welcher die dunkeln Strahlen aus der ganzen Strahlung der elektrischen Lampe ausgeschieden werden. Dieses Strahlenfilter ist eine schwarze Flüssigkeit, das heisst, schwarz wie die Nacht für die leuchtenden, aber hell wie Diamant für die

nichtleuchtenden Strahlen. Es schneidet die Ersteren erbarmungslos ab, gestattet jedoch den Letzteren freien Durchgang. Ich vereinige diese unsichtbaren Strahlen in einem Brennpunkte auf eine Entfernung von etlichen Fuss von der elektrischen Lampe; die dunkeln Strahlen bilden da ein unsichtbares Abbild von der Quelle, woraus sie stammen. Durch geeignete Mittel kann dieses unsichtbare Bild in ein sichtbares von blendender Helligkeit verwandelt werden. Ich könnte Ihnen ausserdem, wenn meine Zeit es gestattete, noch zeigen, wie wir durch einen Process der Verwandlung alle Farben des Spectrum aus diesen dunkeln Strahlen hervorzurufen vermögen. Ich könnte Ihnen ferner beweisen, dass diese Strahlen, mächtig wie sie sind und genügend, manche Metalle zu schmelzen, doch in das Auge eindringen und auf die Netzhaut auffallen können, ohne daselbst die leiseste Lichtempfindung zu erzeugen.

Die dunkeln Strahlen sind jetzt vor Ihnen vereinigt; in ihrem Convergenzpunkte ist jedoch nichts zu sehen. Ein geeignetes Thermometer würde Ihnen zeigen, dass sogar die Luft am Brennpunkte genau eben so kalt ist als rings umher. Beachten Sie den Schluss, der daraus folgt. Es wird hierdurch bewiesen, dass der Aether an dem Brennpunkt so gut wie abgelöst ist von der Luft; ferner, dass die heftigste Aetherbewegung bestehen kann ohne die geringste Luftbewegung. Ohne irgend wahrnehmbar zu sein, ist doch genug Wärme in diesem Brennpunkte, dass ganz London in Brand gesteckt werden könnte. Die Hitze daselbst ist im gegenwärtigen Augenblicke hinreichend um Eisen in eine Temperatur zu versetzen, dass es glühende Funken sprüht. Man kann Platina hier zum weissglühend machen, ja, es beinahe zum Schmelzen bringen. Diese Hitze kann, wie Sie sehen, Gold, Silber,

Kupfer und Aluminium schmelzen, und Holz lodert augenblicklich in Flammen auf, sobald man es in den Brennpunkt bringt.

Es ist bereits behauptet worden, dass die einfachen elementaren Atome wenig Gewalt besitzen, sowohl für den Vorgang der Strahlung, wie für den der Absorption. Man könnte dies durch eine lange Reihe von Thatsachen erläutern. Eine der merkwürdigsten derselben liefert jene äusserst entzündliche Substanz, der Phosphor, wenn man sie in diesen dunkeln Brennpunkt bringt. Es ist unmöglich hier ein Stück amorphen Phosphors zu entzünden. Allein gewöhnlicher Phosphor ist noch viel entzündlicher und sein Verhalten der strahlenden Wärme gegenüber noch viel merkwürdiger. Er kann den intensivsten Strahlen eines gewöhnlichen Feuers ausgesetzt werden, ohne dass er in Flammen aufgeht. Man kann ihn auch zwanzig bis dreissig Secunden in einen dunkeln Brennpunkt von solcher Kraft bringen, dass Platina darin weissglühend wird, ohne dass er sich entzündet. Trotz der Energie der hier vereinigten Aetherwellen, trotz der ausserordentlich grossen Brennbarkeit des einfachen Körpers, der ihren Strahlen ausgesetzt wird, betheiligen sich die Atome dieses Körpers nicht an der Bewegung dieser Wellen, und können deshalb von deren Wärme nicht hinreichend stark erregt werden.

Die Kenntnisse, welche wir jetzt besitzen, werden uns in den Stand setzen mit Nutzen eine praktische Frage zu untersuchen. Man trägt im Sommer helle Kleider, weil man sie kühler findet als die dunkelfarbigen. Der berühmte Benjamin Franklin stellte den folgenden Versuch an: Er legte Stückchen Tuch von verschiedener Farbe auf den Schnee, setzte sie dem directen Sonnenschein aus, und fand, dass sie ungleich tief in den Schnee ein-

sanken. Das schwarze Tuch sank am tiefsten, das weisse gar nicht ein. Franklin schloss aus seinem Versuch, schwarze Körper seien die besten und weisse die schlechtesten Absorbirer von strahlender Wärme. Lassen sie uns prüfen inwiefern sein Schluss zu dieser Allgemeinheit berechtigt ist. Ich habe hier zwei Karten, deren Eine mit einem ganz schwarzen, die Andere mit einem ganz weissen Pulver bedeckt ist. Ich lege die bepulverten Oberflächen vor das Feuer und lasse sie daselbst liegen, bis sie die höchste Temperatur erreicht haben, die in dieser Lage möglich ist. Welche der Karten ist am heissesten? Ich bedarf keines Thermometers um die Frage zu entscheiden. Ich lege einfach die Rückseite der Karte, worauf das weisse Pulver gestreut ist gegen meine Wange oder Stirn und finde sie unerträglich heiss. Lege ich die schwarze Karte darauf, so finde ich sie kühl. Das weisse Pulver hat mehr Wärme absorbirt als das schwarze. Dieses einfache Resultat vernichtet hunderte von Schlüssen, die aus dem Franklin'schen Versuche übereilt gezogen wurden. Hier sind ferner zwei sehr feine Quecksilberthermometer auf gleicher Entfernung von einer Gasflamme aufgehängt. Die Kugel des einen ist mit einer schwarzen, die des andern mit einer weissen Substanz bedeckt. Beide Kugeln empfangen die Strahlung der Flamme, allein die weisse Kugel hat mehr davon absorbirt, denn ihr Quecksilber steht viel höher als das der schwarzen Kugel. Ich könnte diesen Versuch auf hundert verschiedene Weisen ausführen, und Ihnen zeigen, dass man von der Dunkelheit eines Körpers noch keinen sichern Schluss auf seine Absorptionskräfte machen kann.

Der Grund hiervon ist einfach der, dass die Farbe uns nur einen Theil und zwar den kleinsten Theil der Strahlen anzeigt, welche auf den gefärbten Körper auf-

fallen. Wären alle Strahlen leuchtend, so könnten wir mit Sicherheit von der Farbe eines Körpers auf dessen Absorptionskräfte schliessen; allein die Hauptmasse der Strahlen von unserem Feuer, unseren Gasflammen, ja von der Sonne selbst besteht aus unsichtbaren Wärmestrahlen, hinsichtlich deren uns die Farbe nicht belehrt. Ein Körper kann in hohem Grade durchsichtig für eine Art, und sehr undurchsichtig für die andere Art der Strahlen sein. Das weisse Pulver, welches sich als so mächtig absorbirend gezeigt hat, war ausdrücklich wegen seiner grossen Durchgängigkeit für die sichtbaren Strahlen und seiner grossen Undurchgängigkeit für die unsichtbaren Strahlen angewendet worden; während das schwarze Pulver wegen seiner grossen Durchgängigkeit für die unsichtbaren, und seiner Undurchgängigkeit für die sichtbaren Strahlen gewählt wurde. Bei der Strahlung unseres Feuers bestehen ungefähr 98 Procent der ganzen Emission aus dunkeln Strahlen. Deshalb trug derjenige Körper, welcher für diese am undurchdringlichsten war, den Sieg in Bezug auf Absorptionskraft davon, obwohl er weiss war.

Ich möchte Sie hier auffordern, über die Art und Weise nachzudenken, wie wir aus den natürlichen That- sachen, das was man ihren geistigen Werth nennt, er- langen können. In allen Vorgängen der Natur findet gegenseitige Abhängigkeit und Harmonie statt; und der eigentliche Werth unserer Wissenschaft, als geistige Schu- lung betrachtet, besteht in der Verfolgung dieser gegen- seitigen Abhängigkeit und in der Darlegung dieser Harmo- nie. Die äusserlichen und sichtbaren Erscheinungen sind nur die Spuren, die der Geist verfolgt; und unsere Wissen- schaft wäre ihres Namens und Ruhmes nicht würdig, wenn sie sich bei den Thatsachen aufhielte, so nützlich diese auch in der Praxis sein mögen, und darüber die Gesetze,

welche die Erscheinungen begleiten und beherrschen versäumen oder vernachlässigen wollte. Versuchen wir es also das Franklin'sche Experiment nach seiner ganzen wissenschaftlichen Bedeutung zu verwerthen, indem wir die Kenntnisse, welche schon unsere Vorgänger für uns aufgespeichert haben, dabei benutzen. Denken wir uns zwei Stücke Tuch von demselben Gewebe, das eine weiss, das andere schwarz auf besonnten Schnee gelegt. Unsere Aufmerksamkeit auf das weisse Stück Tuch richtend, fragen wir uns, ob wir irgend welchen Grund haben, zu erwarten, dass dieses in den Schnee einsinken werde. Wir wissen bereits so viel, um sofort in verneinendem Sinne zu antworten. Es ist im Gegentheil Grund zur Erwartung vorhanden, dass das Stück Tuch, nachdem es genügend ausgesetzt war, eher auf einer Erhöhung als in einer Vertiefung gefunden werde, und dass wir an Stelle eines Einsinkens eine relative Erhöhung des Tuches vorfinden werden. Was die leuchtenden Strahlen betrifft, so sind sie dem Tuch und dem Schnee gegenüber gleich machtlos; sie können das Erstere nicht erwärmen, den Letzteren nicht schmelzen machen. Das Tuch ist weiss und der Schnee ist weiss, deshalb, weil ihre ungeordnet vermischten Theilchen und Fädchen nicht im Stande sind leuchtende Strahlen zu absorbiren. Das Einsinken oder Nichteinsinken des Tuches hängt also nur von den dunkeln Wärmestrahlen der Sonne ab; das Eis aber ist diejenige Substanz, welche die dunkeln Sonnenstrahlen mit der grössten Gier auffängt, ebenso wie der Schnee, welcher nur Eis in Pulverform ist. In dem Tuche wird weniger Wärme untergebracht sein, als in dem umliegenden Schnee, daher muss es wie ein Schild auf den darunter befindlichen Schnee wirken; und da der Schnee, welcher der Sonne ausgesetzt ist, rascher

schmelzen muss, so wird das Tuch nach einiger Zeit auf einer Erhöhung, ähnlich einem Gletschertisch zurückbleiben.

Obwohl nun der Schnee das Tuch sowohl in Bezug auf Strahlung wie auf Absorption übertrifft, so geschieht das doch nur in geringem Grade. Tuch ist in beiden Beziehungen sehr wirksam. Wenden wir uns nun zu dem Stückchen schwarzen Tuches, von dem ich annehme, dass es in Stoff und Gewebe dem weissen ganz gleich ist. Da unser Zweck darin besteht, die Wirkung der Farben zu vergleichen, so müssen wir alle andern Verhältnisse unverändert lassen, um diese Wirkungen ganz rein zu erhalten. Lassen Sie uns also annehmen, das schwarze Tuch sei gefärbtes weisses Tuch. Das Tuch an und für sich, ohne alle Rücksicht auf die Farbe absorbiert die Wärme fast eben so gut als der Schnee ringsum. Allein der Absorption des ungefärbten Tuches wird beim gefärbten noch diejenige der gesammten leuchtenden Strahlen hinzugefügt, und dieser grosse Zuwachs an Wärme ist mehr als genug, um dem schwarzen Tuch die Oberhand zu geben. Die Summe der Wirkungen auf die dunkeln und die leuchtenden Strahlen, übersteigt die Wirkung des Schnees auf die dunkeln Strahlen allein, und daher kommt es, dass das schwarze Tuch in den Schnee einsinkt. Dies die Theorie von Franklin's Experiment.

Ich habe während dieses Vortrages den Hauptnachdruck auf die chemische Zusammensetzung gelegt, weil sie die Erscheinungen der Strahlung und der Absorption am stärksten beeinflusst. Was die Gase, Dämpfe und die Flüssigkeiten, von denen diese Dämpfe herrührten, betrifft, so ist durch die verschiedensten und endgültigsten Versuche bewiesen worden, dass die Wirkungen der Strahlung und der Absorption molekulare sind; und dass sie auf che-

mischen, nicht aber auf mechanischen Bedingungen beruhen. Als ich versuchte dieses Princip auf feste Körper auszudehnen, stiess ich auf eine Menge von Thatsachen, welche von berühmten Physikern entdeckt waren, und welche diese Ausdehnung schlechterdings zu verbieten schienen. Melloni fand z. B., dass Lampenruss und Kreide dieselbe strahlende Kraft haben. Die Herren Masson und Courtépée führten eine äusserst fleissig ausgearbeitete Reihe von Versuchen an verschiedenartigen chemischen Niederschlägen aus, und fanden, dass sie insgesamt dasselbe Ausstrahlungsvermögen besaßen. Sie schlossen aus ihren Untersuchungen, dass, wo die Körper in einem äusserst feinen Zertheilungszustand sich befinden, der Einfluss dieses Zustandes mächtig genug ist, um denjenigen der chemischen Zusammensetzung dadurch vollständig zu verdecken und zu überwinden.

Allein mir scheint als ob bei diesen Untersuchungen ein ernstliches Versehen oder Uebersehen stattgefunden habe, dessen blosser Erwähnung Ihnen zeigen wird, wie vorsichtig man bei den Operationen der Experimentalphysik sein muss. Erlauben Sie mir auseinanderzusetzen, worin dieses Versehen bestand. Ich habe hier einen hohlen Metallwürfel; zwei seiner Flächen sind polirt. Ich fülle den Würfel mit siedendem Wasser und bestimme die Wärme, welche diese beiden Seiten ausströmen. Die eine derselben übertrifft die andere bei Weitem in Bezug auf Wärmestrahlung. Beide Oberflächen sind anscheinend metallisch; woher rührt also der Unterschied in ihrer Strahlung? Einfach aus folgender Ursache: Ich habe die eine Seite mit durchsichtigem Gummi bedeckt, durch welches der metallische Glanz hindurch scheint. Dieser Firniss ist aber, trotz seiner so vollkommenen Durchsichtigkeit für leuchtende Strahlen, doch für die



dunkeln Strahlen so undurchsichtig als Pech oder Lampenruss es sein würden. Er ist ein mächtiger Aussender für dunkle Strahlen, und eben so wirksam um dieselben zu absorbiren. Während er also in diesem Augenblicke grosse Mengen strahlender Wärme aussendet, lässt er nicht einen einzigen Strahl des dahinter befindlichen Metalles durch. Demnach ist der Firniss und nicht das Metall der wirklich strahlende Körper.

Melloni, Masson und Courtépée stellten ihre Versuche aber auf folgende Weise an: sie vermischten ihre Pulver und Niederschläge mit Gummiwasser und legten sie mittels eines Pinsels auf die Oberflächen eines Würfels gleich diesem. Sie sahen nun allerdings ihre rothen Pulver roth, die weissen weiss, und die schwarzen schwarz, allein sie sahen diese Farben durch eine Hülle von Firniss, welche jedes einzelne Theilchen ihrer Pulver einschloss. Während man also den Schluss zog, dass die Farbe keinerlei Einfluss auf die Strahlung habe, hatte man ihr noch gar keine Gelegenheit gegeben, sich geltend zu machen; und während man fand, dass alle chemischen Niederschläge eine gleichmässige Strahlung zeigten, war es nur die Strahlung eines gemeinsamen Firnisses, welche diese beobachtete Gleichmässigkeit zeigte. Auf diese Weise sind hunderte, ja tausende von Versuchen über strahlende Wärme von verschiedenen Naturforschern an gestellt worden; allein ich fürchte, dass die Arbeit noch einmal gemacht werden muss. Ich kenne in der That keinen anderen Fall, wobei ein so geringfügiges Versehen Seitens verschiedener bedeutender Leute nacheinander Statt fand und wodurch eine Menge sonst vortrefflicher Arbeit werthlos gemacht wurde.

Unser Raisonement auf bewiesene Thatsachen stützend, kommen wir demnach zum höchst wahrschein-

lichen Schlüsse, dass bei den eben erwähnten Versuchen nicht die Theilchen selbst strahlten, sondern dass die Hülle der Theilchen das wirklich strahlende war. Derartige Schlüsse zu ziehen, und ihre grössere oder kleinere Wahrscheinlichkeit aus experimentellen Ursachen herzuleiten ist eine geistige Uebung, welche ein Jeder der Physik studirt unablässig vornehmen muss. Aber wenn wir durch eine Reihe von Erscheinungen dem Lichte der Vernunft allein gefolgt sind, und ein Ergebniss auf rein geistigem Wege erhalten haben, so ist es unsere Pflicht die Schlüsse einer Prüfung durch den Versuch zu unterwerfen. Auf diese Weise festigen wir die Wissenschaft, indem wir keine Mühe und Arbeit scheuen, um gesundes Material für das Gebäude, das wir aufzuführen gedenken, zu sichern. Um unsere Ansicht über den Einfluss der Gummilösung zu prüfen, nehme ich zwei Pulver von demselben äusseren Ansehen; das eine ist eine Quecksilberverbindung, das andere eine Bleiverbindung. Auf die beiden Seiten dieses Würfels sind diese glänzend rothen Pulver ohne irgend welchen Firniss ausgebreitet. Indem ich den Würfel mit heissem Wasser fülle und die Strahlung der beiden Flächen bestimme, finde ich, dass die eine neun und dreissig Strahlen aussendet, während die andere vier und siebenzig giebt. Dies ist sicherlich ein grosser Unterschied. Hier habe ich einen andern Würfel, dessen Seiten mit denselben Pulvern bekleidet sind; nur mit dem Unterschiede, dass die Pulver diesmal mit einem durchsichtigen Gummi aufgetragen sind. Beide Flächen sind jetzt absolut gleich in Bezug auf Ausstrahlung. Beide ergeben jetzt etwas mehr als die mit ungefirnisstem Pulver bekleideten, einfach deshalb, weil das Gummi als strahlender Körper mächtiger ist, als jedes Einzelne von den Pulvern. Unter Ausschluss von jedwedem Firnisse vergleiche ich nun weiss

mit weiss und finde grosse Unterschiede, ebenso wenn ich schwarz mit schwarz vergleiche; und wenn ich weiss mit schwarz vergleiche, ist in manchen Fällen die Strahlung bei schwarz, in andern die bei weiss kräftiger. Bestimmt man ausserdem das Absorptionsvermögen dieser Pulver, so findet man, dass dies mit dem Ausstrahlungsvermögen stets Hand in Hand geht. Der gute Strahler absorhirt gut, und der schlechte Strahler absorhirt schlecht. Aus diesem Allem geht hervor, dass die Farbe in Bezug auf Strahlung und Absorption nicht leuchtender Wärme uns absolut nichts lehrt, und dass sogar in Bezug auf die Strahlung der Sonne, insofern diese überwiegend aus nichtleuchtenden Strahlen besteht, der Einfluss der Farbe ein sehr täuschender sein kann. Dies ist das rein wissenschaftliche Ergebniss unserer Untersuchung. Es ist jedoch nichts destoweniger wahr, dass bei Kleidungsstücken, schwarze Stoffe in Bezug auf Absorption der Sonnenhitze kräftiger wirken als weisse Stoffe, und zwar aus Gründen, welche ich bei der Untersuchung des Franklin'schen Experimentes gab.

In kurzen Umrissen habe ich einige Resultate neuerer Forschung vor Ihnen dargelegt. Fragen Sie mich, wozu das nützt, so weiss ich kaum, was ich Ihnen antworten soll, es sei denn, dass Sie mir den Ausdruck „nützen“ näher erklären. Wenn Sie mich fragen, ob jene dunkeln Strahlen, welche den Schnee der Alpen wegschaffen, jemals dazu verwendet werden können unsere Braten zu rösten, oder unsere Dampfmaschinen zu treiben, so muss ich Ihnen offen gestehen — trotzdem ich deren Fähigkeit dazu anerkenne — dass sie bis jetzt nicht im Stande sind, vortheilhaft mit unsern Kohlen nach dieser Richtung hin zu concurriren. Sie können jedoch eine Fülle von mir unbekanntem Verwendungen

finden; und wenn unsere Kohlenlager erschöpft sind, wird eine ätherischere Race möglicherweise auf diese transcendente Art dereinst ihre Nahrung zubereiten und ihre Arbeit verrichten. Allein ist es nöthig dass wir uns die Arbeit für die Wissenschaft nach dem Maassstabe der möglichen praktischen Anwendung messen lassen? Worin besteht der praktische Werth von Homer's Ilias? Sie lächeln und denken vielleicht Homer's Ilias sei als Bildungsmittel sehr gut. Hier liegt des Pudels Kern. Die Leute, welche praktischen Nutzen von der Naturwissenschaft fordern, vergessen, oder wissen es nicht, dass sie als Bildungsmittel Grosses leistet, dass die Kenntniss dieses wunderbaren Universum an und für sich gut ist, und dass es keinerlei praktischer Anwendung bedarf, um das Studium desselben zu rechtfertigen. Allein wenn gleich der Naturforscher es sehr bestimmt von der Hand weisen muss, seine Arbeit nach den praktischen Resultaten gemessen zu sehen, falls man nicht mit dem Ausdrucke „praktisch“ ebensowohl geistigen als materiellen Gewinn bezeichnen will, so weiss er doch sehr wohl, dass die grössten praktischen Erfolge zufällige Vorkommnisse waren bei dem Suchen nach rein wissenschaftlicher Wahrheit. Der elektrische Telegraph ist das stehende Wunder unseres Jahrhunderts, und die Leute, deren wissenschaftliche Kenntnisse und mechanisches Geschick ihn zu seiner jetzigen Vollendung brachten, verdienen alle Anerkennung. Sie haben in der That ihre Belohnung gefunden, sowohl an Ruhm als an substantziellen Gütern, welche ein dem Publikum direct geleisteter Dienst immer mit sich führt. Ich aber möchte fragen, wer verlieh diesen Telegraphenkörpern ihre Seele? Wer holte das Feuer vom Himmel, das an den Drähten entlang läuft? Dies ward vollbracht durch zwei Männer, wovon

der Eine in England<sup>1)</sup>, der Andere in Italien<sup>2)</sup> lebte und die es aufs gewissenhafteste vermieden, jemals einen praktischen Zweck bei ihren Untersuchungen vor Augen zu haben. Ihr einziger Antrieb war jener Zauber, den niemals betretene Gipfel auf den Bergsteiger ausüben, und der einen Caesar seine Siege vergessen machen würde, um die Quellen des Nil zu suchen. Die triumphirende Anwendung der Entdeckungen unserer Propheten, Könige und Priester der Wissenschaft zeigt, dass die Kenntnisse, welche sie erringen, das sind, was die Welt nützliche Kenntnisse zu nennen pflegt. Die Naturwissenschaften haben jedoch noch andere Zwecke zu erfüllen; sie sollen den menschlichen Geist ausrüsten und erziehen; und indem ich das ärmliche Bruchstück, welches ich Ihnen heute Abend vorführte zu Grunde lege, möchte ich Sie fragen, ob irgend ein Erziehungssystem heutzutage auch nur annähernd vollständig genannt werden kann, welches die Kenntniss der Natur vernachlässigt oder ganz bei Seite lässt.

---

1) Faraday.    2) Volta.

---

X.

---

CHEMISCHE STRAHLEN,

DIE

STRUCTUR UND DAS LICHT DES HIMMELS.

---

Ein Vortrag

gehalten in der Royal Institution, Freitag den  
15. Januar 1869.

---

„Dies ist ein sehr geheimnisvolles und sehr schönes Phänomen, wenn es vermittelt eines Polariskops beobachtet wird. Letzteres besteht aus einer Turmalinplatte, und einem Plättchen Isländischem Spath oder Salpeter, welches im rechten Winkel zu seiner optischen Axe geschnitten, und auf der vom Auge entfernten Seite des Turmalin angebracht ist. Wenn man an einem wolkenlosen Tage den Himmel in allen seinen Theilen durch diese zusammengesetzte Platte hindurch beobachtet, so wird man die Polarisationsringe mit mehr oder weniger Intensität in allen Regionen erscheinen sehen, ausgenommen in nächster Nähe und in grösster Entfernung von der Sonne. Das Maximum der Polarisation findet Statt in der  $90^{\circ}$  von der Sonne gelegenen Himmelszone oder in einem grössten Kreise, dessen einer Pol die Sonne ist, so dass die Ursache der Polarisation offenbar eine Zurückwerfung des Sonnenlichtes durch irgend Etwas ist. Die Frage ist nun, was ist dies Etwas? Wäre der Winkel der stärksten Polarisation  $76^{\circ}$ , so würden wir Wasser oder Eis für den zurückwerfenden Körper halten müssen. Allein obwohl wir früher dieser Ansicht waren (siehe Artikel: Light. Encycl. Metropol. §. 1143), so haben sorgfältige Beobachtungen uns doch überzeugt, dass  $90^{\circ}$  ungefähr der richtige Winkel ist; dass also der Polarisationswinkel  $45^{\circ}$  sein muss, gleichviel welches der Körper sei, von dem das Licht zurückgeworfen wird, wenn es durch ein einmaliges Zurückwerfen polarisirt wird; und der Brechungsindex, welcher die Tangente für diesen Winkel ist, gleich Eins sein muss: mit andern Worten, die Zurückwerfung müsste in Luft auf Luft erfolgen! Die einzig erdenkliche Weise, wie dieses geschehen könnte, wäre auf der Berührungsfäche, von zwei verschieden erwärmten Luftschichten, wie man solche an einem hellen sonnigen Tage fast an jedem Punkte der Atmosphäre voraussetzen könnte; allein gegen diese Annahme scheint eine fast unüberwindliche Einwendung zu bestehen. Die Polarisation ist am regelmässigsten und vollkommensten, wie wir uns kürzlich zu überzeugen Gelegenheit hatten, unter den möglichst günstigen Verhältnissen der Atmosphäre, nach Sonnenuntergang, im hellen Zwiellicht eines Sommerabends, wenn die Sonne etliche Grade unterhalb des Horizonts steht, lange nachdem alles Leben und alle Bewegung der Luft, welche von deren unregelmässiger Erwärmung herrührten, sich vollständig gelegt haben müssten. Andererseits wenn die Polarisation durch mehrere successive Spiegelungen bewirkt wird, woher soll es kommen, dass der überwiegende Theil derselben in einer und derselben Ebene geschieht; denn nur in diesem Falle könnten sie ihre polarisirende Wirkung gegenseitig verstärken, und woran soll es liegen, dass diejenigen Spiegelungen, die schliesslich zur Wirkung kommen, bei einer endlichen Ablenkung von  $90^{\circ}$  das Maximum ergaben. Je mehr man über den Gegenstand nachdenkt, desto mehr wird man ihn mit Schwierigkeiten umlagert finden; und wenn man diese beseitigen kann, so wird man dabei wahrscheinlich auch die Erklärung über die blaue Farbe des Himmels finden.“

Sir **John Herschel.**

## X.

# Chemische Strahlen, die Structur und das Licht des Himmels.

---

Die erste physikalische Untersuchung von einiger Wichtigkeit, an welcher ich mich gemeinschaftlich mit meinem Freunde Professor Knoblauch betheiligte, erschien unter dem Titel „die magnetisch-optischen Eigenschaften der Krystalle, und die Beziehungen von Magnetismus und Diamagnetismus zur Molekularstructur“<sup>1)</sup>. Diese Untersuchung zwang mich, über die Structur der Krystalle, über ihre optischen Eigenschaften, die zu dieser Structur in Beziehung stehen, und besonders über die wunderbaren Erscheinungen, welche Einige derselben im Felde eines hinreichend mächtigen Magneten zeigten, nachzudenken. Jene Erscheinungen waren offenbar der Art und Weise, in welcher die Krystalle durch die Krystallisationskraft aufgebaut sind, zuzuschreiben; und es war natürlich, wenn nicht unumgänglich, dass ich die ganze Einbildungskraft, welche ich besass, anwendete, um ein geistiges Bild

---

1) Philosophical Magazine. Juli 1850.



von dieser Molekulararchitektur zu erhalten. Diese Untersuchung gab meinem späteren wissenschaftlichen Denken seine Färbung und Richtung, indem sie mein Interesse für die Vorstellungen und Fortschritte der molekularen Physik erweckte. Der Einfluss derselben zieht sich durch die meisten meiner wissenschaftlichen Arbeiten hin. Der erste Vortrag z. B., welchen ich je an dieser Stelle hielt, war: „Ueber den Einfluss, den die Anordnung der Masse auf die Aeusserungsweise der Kräfte hat“; unter „Anordnung der Masse“ war die Art und Weise gemeint, in welcher die Molekel künstlich oder natürlich zusammengeordnet sind. Im Jahre 1853 veröffentlichte ich eine Abhandlung über „molekulare Einflüsse“, worin gewöhnliche Wärme zum Untersuchungsmittel für organische Structur gemacht wurde. In der „Baker’schen Vorlesung“, welche ich 1855 vor der Royal Society hielt, kamen dieselben Gedanken und Aeusserungen zum Vorschein. Die Baker’sche Vorlesung des Jahres 1864 trägt die Ueberschrift „Beiträge zur molekularen Physik“. Und bei sämtlichen Untersuchungen, welche mich während der letzten 10 Jahre beschäftigt haben, strebte ich nach dem Ziel und Zweck, in der strahlenden Wärme das Mittel zu finden, um die letzten Theilchen der Materie zu fassen. Die Arbeiten, welche heute zu besprechen sind, liegen in derselben Richtung. Bei den eben erwähnten Untersuchungen wurden Glas- und Messingröhren angewendet, welche ich zum Unterschiede „Experimentirröhren“ nannte, und worin Gase und Dämpfe, welche untersucht werden sollten, auf strahlende Wärme einwirkten. Vor einigen Monaten fand ich es nöthig, das Innere dieser Röhren sehr intensiv zu beleuchten, um die Vorgänge zu beobachten, die beim Eintritt der Gase und Dämpfe in dieselben darin Statt fanden. Das dazu erwählte Beleuchtungsmittel war das elektrische

Licht, dessen Strahlen, durch eine geeignete Linse gesammelt, längs der Axe der Röhre hindurchgesendet wurden. Der Schmutz und die Unreinigkeiten, worin wir gewöhnlich leben, enthüllte sich auffällig bei dieser Beleuchtungsmethode. Denn so viel wir auch die Röhren mit Wasser, Alkohol, Säuren oder Alkalien wuschen, bis ihr Aussehen bei gewöhnlichem Tageslicht absolut rein erschien, der elektrische Strahl zeigte uns in den meisten Fällen wie trügerisch dieses Aussehen war. In der That ist es nicht möglich hier in London mehr als nur annähernde Reinlichkeit zu erreichen, da die Luft, welche unsere Lungen hier erfüllt, allzusehr mit suspendirten Theilchen beladen ist.

Verschiedenartige Dämpfe liess ich in eine gläserne Experimentiröhre von drei Fuss Länge und etwa drei Zoll Durchmesser eintreten. In der Regel waren die Dämpfe vollkommen durchsichtig, und die Röhre schien nach ihrem Eintritt ebenso leer als zuvor. Etliche Male zeigte sich jedoch eine wolkige Beschaffenheit in der Röhre. Dies verursachte mir momentane Besorgniss; denn ich wusste nicht, ob ich bei der Darstellung meiner früheren Experimente den reinen wolkenlosen Dämpfen nicht solche Wirkungen zugeschrieben hatte, die in Wirklichkeit den neuerdings beobachteten Nebeln zugeschrieben werden mussten. Eine Art intermittirender Unruhe gehört indessen zum Normalzustande des Naturforschers, und treibt ihn zu näherer Prüfung, zu grösserer Genauigkeit und oft, in Folge davon, zu neuen Entdeckungen an. Bald fand sich, dass die Nebel, welche der Strahl zeigte, auch vom Strahle erzeugt waren, und diese Beobachtung öffnete ein neues Thor in jene Regionen, welche zwar für die Sinne unzugänglich, jedoch für das geistige Leben des Naturforschers so vielbedeutend sind.

Was sind nun diese Dämpfe, von denen wir sprechen? Es sind Zusammenhäufungen von Molekeln oder kleinen Stoffmassen, und jedes Molekel selbst ist eine Zusammenhäufung von kleineren Theilen, sogenannten Atomen. Ein Molekel Wasserdampf z. B. besteht aus zwei Atomen Wasserstoff und einem Atom Sauerstoff. Ein Molekel Ammoniak besteht aus drei Atomen Wasserstoff und einem Atom Stickstoff, und ähnlich bei anderen Substanzen. Demnach sind die Molekel, welche selbst unfassbar klein sind, aus bestimmt unterschiedenen, noch kleineren Theilen zusammengesetzt. Wenn daher von einem zusammengesetzten Dampfe gesprochen wird, so hat man sich darunter eine Zusammenhäufung von Molekeln vorzustellen, jedes vom anderen getrennt, obgleich ausserordentlich nahe beisammen, und jedes gebildet durch eine Gruppe von Atomen, die noch viel näher zusammenstehen.

So viel von dem Stoffe, der unserm Begriff des Dampfes entspricht <sup>1)</sup>. Hierzu muss nun noch die Vorstellung der Bewegung kommen. Die Molekel haben ihre eigenen Bewegungen als Ganze. Die sie bildenden Atome haben auch ihre eigenen Bewegungen, die unabhängig von denen der Molekel ausgeführt werden; gerade wie die verschiedenen Bewegungen auf der Erdoberfläche unabhängig von der Drehung unseres Planeten vor sich gehen.

Die Dampfmolekel werden durch Kräfte auseinandergehalten, die, wenn nicht ihrem Wesen, doch ihrer Wirkung nach Abstossungskräfte sind. Zwischen diesen

---

<sup>1)</sup> Newton schien anzunehmen: dass die Molekel mittelst eines Mikroskops sichtbar gemacht werden könnten, von den Atomen scheint er eine andere Meinung gehabt zu haben. Er bemerkt sehr fein: „Mir scheint es unmöglich, die noch geheimeren und edleren Bildungen der Natur innerhalb der Körperchen zu sehen, weil sie durchsichtig sind.

Herschel, „das Licht“, Art. 1145.

elastischen Kräften und dem atmosphärischen Druck, den der Dampf erleidet, tritt Gleichgewicht ein, sobald die Molekel in richtigem Abstand von einander stehen. Werden hierauf die Molekel durch eine momentane Kraft näher an einander gedrängt werden, so prallen sie wieder aus einander, sobald diese Kraft zu wirken aufhört. Werden sie dagegen von einer ähnlichen Kraft weiter aus einander gezogen, so nähern sie sich einander wieder, sobald die Kraft aufhört zu wirken. Der Fall ist ein anderer bei den Atomen.

Und hier lassen Sie mich bemerken, dass wir nun auf der alleräussersten Grenze stehen, welche die Molekularphysik bisher erreicht hat; und dass ich versuchen will, Sie mit gewissen Anschauungen vertraut zu machen, die bei den Chemikern noch nicht die allgemeine Gültigkeit erlangt haben, und die sogar manchem Chemiker als unhaltbar erscheinen mögen. Sie seien nun haltbar oder unhaltbar, jedenfalls ist eine Discussion der Frage von höchster Wichtigkeit für die Wissenschaft. So wollen wir uns denn unsere Atome denken, wie sie zu Molekeln gruppirt sind. Jedes Atom wird von seinem Nachbarn durch eine abstossende Kraft ferne gehalten. Warum geben aber diese sich gegenseitig abstossenden Glieder ihre Verbindung nicht auf? Die Molekel trennen sich von einander, wenn der äussere Druck vermindert oder entfernt wird, aber die Atome trennen sich nicht. Der Grund dieser Stabilität ist: dass zwei Kräfte, die eine anziehend, die andere abstossend, zwischen je zwei Atomen in Wirkung sind, und dass die Stellung eines jeden Atoms, seine Entfernung von seinen Gefährten, durch das Gleichgewicht dieser beiden Kräfte bestimmt wird. Kommen die Atome sich zu nahe, so überwiegt die Abstossung und treibt sie von einander; sind sie sich

zu ferne, so überwiegt die Anziehung und zieht sie zu einander. Der Punkt, auf welchem Anziehung und Abstossung sich gleich kommen, ist die Gleichgewichtslage des Atoms. Wo nicht absolute Kälte herrscht — und es giebt in unserm Winkel des Weltalls nichts Derartiges wie absolute Kälte — sind die Atome immer in einem Zustande der Schwingung, indem sie um ihre Gleichgewichtslage hin und her schwingen.

In Dampf, so zusammengesetzt, lassen wir nun einen Lichtstrahl dringen. Vor Allem aber, was ist ein Lichtstrahl? Sie wissen, dass er eine Folge von unzählbaren Wellen ist, die erregt und fortgepflanzt werden in dem fast unendlich dünnen und elastischen Medium, welches den Raum erfüllt und welches wir den Aether nennen. Sie wissen ferner, dass nicht alle Lichtwellen dieselbe Grösse haben; dass einige derselben viel länger und höher sind als andere; dass sich die langen Wellen mit derselben Geschwindigkeit durch den Raum bewegen wie die kurzen, gerade so wie kurze und lange Schallwellen mit derselben Geschwindigkeit durch die Luft hinlaufen, und dass daher die kurzen schneller auf einander folgen müssen, als die langen. Wie Sie wissen, giebt die verschiedene Schnelligkeit, mit der die Lichtwellen auf die Retina oder den Sehnerv stossen, in unserer Empfindung den Eindruck von Verschiedenheit der Farbe: es gehen jedoch noch unzählige Wellen von der Sonne und anderen leuchtenden Körpern aus, welche die Retina zwar treffen, aber unfähig sind, den Eindruck von Licht zu erregen; überschreitet die Länge der Wellen eine gewisse Grenze, oder bleibt sie unter einer gewissen Grenze, so können die Wellen keinen Gesichtseindruck erregen. Es muss ganz besonders beachtet werden, dass die Fähigkeit, Lichtempfindung zu erzeugen, nicht sowohl von der

Stärke der Wellen abhängt, als vielmehr von dem Rhythmus, in welchem sie auf einander folgen.

Sie sind nun in Besitz der Elemente sämtlicher Anschauungen, mit denen wir in der Folge zu thun haben werden. Und Sie bemerken wohl, dass obgleich wir von Dingen reden, die gänzlich ausserhalb des Gebiets der Sinne liegen, die Anschauungen doch so rein mechanisch sind, als wenn es sich um Massen gewöhnlichen Stoffes und um Wellen von wahrnehmbarer Grösse handelte. Ich glaube nicht, dass heutigen Tages ein wahrhaft wissenschaftlicher Kopf noch einen wesentlichen Unterschied zwischen chemischen und mechanischen Phänomenen machen wird. Dieselben weichen ja nur in Hinsicht auf die Grösse der wirksamen Massen von einander ab; aber in diesem Sinne unterscheiden sich auch die Phänomene der Astronomie von denen der gewöhnlichen Mechanik. Das Hauptstreben der Naturforschung eines späteren Zeitalters wird wahrscheinlich darin bestehen, in das vorhandene Chaos der chemischen Phänomene Ordnung zu bringen und es mechanischen Gesetzen zu unterwerfen.

Unsere Wege mögen nun richtig oder falsch sein, unsere Anschauungen auf Wahrheit oder Täuschung beruhen, für die Wissenschaft ist es von höchster Wichtigkeit, dass wir die vollkommenste Klarheit anstreben bei der Beschreibung von Allem, was in den Bereich unserer Vorstellungen kommt oder zu kommen scheint. Sind wir im Rechte, so fördert eine klare Darstellung die Sache der Wahrheit, sind wir im Unrechte, so ist dadurch schnelle Widerlegung des Irrthums gesichert. In diesem Sinne und mit dem Vorsatze, vor allen Dingen verständlich zu sein, wollen wir an unsere Vorstellungen von Aetherwellen und Molekeln gehen. Denken wir uns eine Welle oder eine Reihe von Wellen auf ein Molekel stossend, in

der Weise, dass alle seine Theile von derselben Bewegung getrieben werden, so wird das Molekel sich als ganze Masse bewegen; aber weil eine gemeinsame Bewegung sie treibt, werden seine Atome keine Neigung haben, sich zu trennen. Es würde eine Verschiedenheit in der Bewegung der einzelnen Atome nothwendig sein, um diese Trennung herbeizuführen, und wenn eine solche nicht durch den Stoss der Wellen erfolgte, so wäre kein mechanischer Grund für die Zersetzung des Molekels vorhanden.

Die Vorstellung der Zersetzung zusammengesetzter Molekel durch die Aetherwellen empfiehlt sich also wegen ihrer Wahrscheinlichkeit a priori. Eine nähere Untersuchung der Frage zwingt uns jedoch diese Vorstellung zu ergänzen; wenn auch nicht gerade wesentlich zu verändern. Es ist eine höchst wichtige Thatsache, dass die Wellen, welche wir bisher am wirksamsten fanden, die Atome zusammengesetzter Molekel auseinander zu schütteln, die geringste mechanische Kraft besaßen. Wogen, um einen starken Vergleich zu brauchen, sind nicht im Stande, Wirkungen hervorzubringen, die von kleinen Kräuselwellen mit Leichtigkeit erzielt werden. So bewirken z. B. auch die violetten und übervioletten Strahlen der Sonne am kräftigsten solche chemische Zersetzungen; doch ist im Vergleiche mit den rothen und überrothen Sonnenstrahlen die Arbeitsgrösse dieser „chemischen Strahlen“ unermesslich klein. In vielen Fällen müsste sie millionenmal vervielfacht werden, um der Stärke der überrothen Strahlen gleich zu kommen; und doch sind letztere machtlos, wo die kleineren Wellen wirken. Wir bemerken hier eine auffallende Aehnlichkeit zwischen dem Verhalten der chemischen Molekel und dem der menschlichen Netzhaut.

Die Energie, welche dem Auge durch eine Kerzenflamme aus einer Entfernung von einer halben englischen Meile zugeführt wird, ist mehr als genügend, um eine Gesichtsempfindung zu erregen, während Wellen von einer anderen Schwingungsdauer, aber von zwanzigtausendmillionenmal so starker Energie, auf meine Netzhaut einwirken konnte, ohne dass ich irgend welchen Eindruck verspürt hätte und ohne dass die geringste Wirkung, sei es mechanischer, physiologischer, chemischer oder thermischer Art hervorgerufen worden wäre.

Wenn demnach die Fähigkeit dieser kleineren Wellen, die Bande der chemischen Verbindung aufzulösen, nicht ein Erfolg ihrer Stärke ist, so muss er wie bei der Sehkraft der Erfolg ihrer Schwingungsdauer sein. Aber wie sollen wir uns diese Wirkung vorstellen? Die Erklärung möchte folgende sein: Der Stoss einer einzigen Welle macht nur einen unermesslich kleinen Eindruck auf ein Atom oder ein Molekel. Um die Wirkung zu verstärken, muss die Bewegung sich summiren, gleichsam anhäufen; Wellenstösse können sich aber nur dann anhäufen, wenn sie sich periodisch wiederholen und zwar in demselben Rhythmus wie die Schwingungen der Atome, auf die sie stossen. Ist dies der Fall, so findet jede folgende Welle das Atom in einer Stellung, die der Welle erlaubt, ihren Stoss zur Summe der vorhergehenden Stösse zu addiren. Mechanisch ist die Wirkung dieselbe, welche die tactmässigen Stösse eines Knaben auf eine Schaukel hervorbringen. Das einmalige Ticken einer Uhr übt keinen merkbareren Einfluss auf das stillstehende, gleich lange Pendel einer anderen; wenn das Ticken aber fortdauert, und die jedesmalige Bewegung ihren, wenn auch unberechenbar kleinen Stoss im geeigneten Moment zu der Summe der vorigen Stösse fügt, so wird die zweite Uhr wirklich zu



gehen anfangen. Ebenso bringt ein einzelner Luftstoss, auf die Zinke einer schweren Stimmgabel treffend, keine merkbare Bewegung und folglich auch keinen hörbaren Ton hervor; aber eine Reihe von Stössen, die einander in Zeitabständen folgen, die mit der Schwingungsperiode der Stimmgabel identisch sind, wird die Gabel tönen machen. Ich glaube, die chemische Wirkung des Lichts ist auf diese Weise anzusehen.

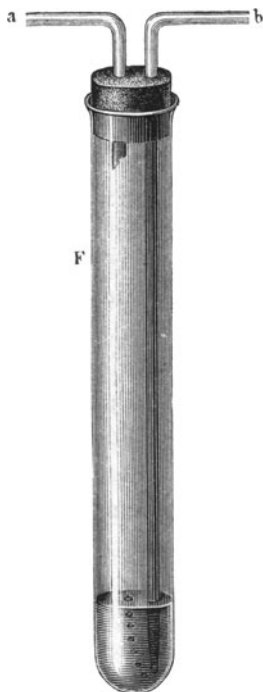
Thatsachen vereint mit Nachdenken führen uns zum Schlusse, dass die Anhäufung der Bewegung in den Atomen, welche in Folge ihres gleichen Rhythmus mit den kürzeren Wellen eintritt, die Ursache ist, welche die Atome von einander trennt. Dies halte ich für die mechanische Ursache jener Zersetzungen, welche durch die Aetherwellen hervorgebracht werden.

Und nun lassen Sie uns wieder zu der vorher erwähnten schwachen wolkigen Trübung zurückkehren, woraus, wie aus einem Samenkorn, alle diese Betrachtungen und Ueberlegungen entsprungen sind. Es ist längst bekannt, dass das Licht eine gewisse Anzahl von Körpern zersetzt. Durchsichtiges Aethyl- oder Methyljodid wird z. B. braun und undurchsichtig, wenn es dem Lichte ausgesetzt wird, weil dieses sein Jod frei werden lässt. Die Kunst der Photographie gründet sich auf die chemischen Wirkungen des Lichts; es mag demnach bekannt sein, dass die Wirkungen, auf welche uns die vorhergehenden theoretischen Betrachtungen vorbereiten sollten, nicht allein wahrscheinlich, sondern wirklich sind.

Die Methode, welche wir einschlagen wollen, und welche einfach darin besteht, die Dämpfe flüchtiger Substanzen der Einwirkung des Lichts auszusetzen, gestattet uns nicht allein schöne Experimente zu zeigen, sondern auch die Wirkungen des Lichts oder vielmehr der chemisch wirkenden

Strahlung in viel weiterer Ausdehnung zu verfolgen. Sie macht es uns ferner möglich, in unseren Laboratorien Wirkungen nachzuahmen, die bisher nur im Laboratorium

Fig. 2.



der Natur vor sich gingen. Die Substanzen, die wir nun zu prüfen haben werden sind solcher Art, dass, wenn ihre Molekel durch die Lichtwellen auseinander gerissen sind, die neu geformten Körper verhältnissmäßig schwerflüchtig sind. Um gasförmig zu bleiben, verlangen diese Zersetzungsproducte einen höheren Grad von Wärme, als die Dämpfe, aus denen sie herkommen; und wenn daher der Raum, in welchem diese neuen Körper frei geworden sind, eine geeignete Temperatur hat, werden sie nicht im gasförmigen Zustande bleiben, sondern sich als Wolken in eben

dem Strahle niederschlagen, dessen Einwirkung sie ihr Entstehen verdanken.

Ich habe hier eine kleine Flasche in der Hand, *F* (Fig. 2), dieselbe ist durch einen an zwei Stellen durchbohrten Stöpsel verschlossen. Eine enge Glasröhre *a*, welche unmittelbar unter dem Korke endet geht durch die eine Oeffnung; durch die andere geht eine gleiche Röhre *b*, die bis zum Boden der kleinen Flasche reicht. Die Flasche

ist etwa einen Zoll hoch mit durchsichtiger Flüssigkeit gefüllt. Der Name dieser Flüssigkeit ist Amylnitrit (salpetrigsaurer Amyläther) und jedes Molekel desselben enthält 5 Kohlenstoff, 11 Wasserstoff, 1 Stickstoff und 2 Sauerstoff-Atome. Auf diese Atomgruppe werden wir sogleich die Wellen unseres elektrischen Lichts loslassen. Unsere Experimentirrhöhre ist hier mit der kleinen Flasche *F* verbunden; doch kann vermittels eines Hahns die Verbindung zwischen der Flasche und der Experimentirrhöhre nach Belieben geöffnet oder geschlossen werden. Die andere Röhre, die durch den Pfropfen der Flasche in die Flüssigkeit hineingeht, steht mit einem U-förmigen Gefäss in Verbindung, welches letztere mit Stückchen reinen mit Schwefelsäure befeuchteten Glases angefüllt ist. Vor dem U-förmigen Gefäss ist eine kleine, mit Baumwolle ausgestopfte Röhre. Am anderen Ende der Experimentirrhöhre steht unsere elektrische Lampe; und hier ist schliesslich noch eine Luftpumpe, mittels welcher die Röhre luftleer gemacht ist. Wir sind nun zum Experimente bereit.

Oeffnen wir den Hahn vorsichtig, so geht die Luft des Zimmers zuerst durch die Baumwolle, und diese hält die unzähligen, organischen Keime und Staubtheilchen der Atmosphäre zurück. Die so gereinigte Luft tritt in das U-Gefäss, wo sie mittels Schwefelsäure getrocknet wird. Dann steigt sie durch die enge Röhre zum Boden der kleinen Flasche hinab und entweicht hier durch eine schmale Oeffnung in die Flüssigkeit. Durch diese steigt sie in Blasen auf und beladet sich mit einer gewissen Menge von dem Dampfe des Amyläthers; dann dringen Luft und Dampf zusammen in die Experimentirrhöhre ein.

Die genaueste Untersuchung wäre jetzt nicht im

Stande irgend Etwas in dieser Röhre zu entdecken; dieselbe ist, allem Anscheine nach, absolut leer. Wir wollen nun den elektrischen Strahl auf diesen unsichtbaren Dampf fallen lassen. Die Linse der Lampe steht so, dass der Strahl convergirt und den Focus nahe an der Mitte der Röhre bildet. Sie werden bemerken, dass der Raum noch einen Moment nach dem Eintritt des Strahls dunkel bleibt; doch wird die chemische Wirkung so schnell darauf eintreten, dass schon Aufmerksamkeit dazu gehört, diese Periode der Dunkelheit wahrzunehmen. Ich lasse die Lampe leuchten. Die Röhre scheint einen Augenblick leer; doch füllt gleich darauf eine leuchtende weisse Wolke den Strahlenkegel. Derselbe hat in der That die Molekel des Amyläthers durch Erschütterung zerstört, und, so weit er reicht, ist feiner Flüssigkeitsstaub entstanden, welchen der Strahlenkegel nun wie einen festen Lichtspeer aufleuchten macht. Ausserdem veranschaulicht dieser Versuch noch die Thatsache, dass ein Lichtstrahl, wie stark er auch sei, unsichtbar bleibt, bis er etwas trifft, worauf er scheinen kann. Der Raum, durchkreuzt von den Strahlen aller Sonnen und aller Sterne, wird selbst nicht gesehen. Nicht einmal der Aether, der den Raum füllt und dessen Bewegungen das Licht des Universums sind, ist an und für sich sichtbar.

Sie sehen, dass das am weitesten von der Lampe entfernte Ende der Experimentirröhre diese Wolken nicht zeigt. Nun ist freilich der Dampf des salpetrig-sauren Amyläthers auch dort; aber er wird von dem kräftigen Strahle, der hindurchgeht, nicht angegriffen. Wir wollen den fortgepflanzten Strahl, nachdem er durch die Röhre gegangen ist, mittels eines concaven Silberspiegels concentriren und wieder in die Röhre zurückschicken. Er ist noch immer machtlos. Obwohl ein Lichtkegel

von ausserordentlicher Intensität nun den Dampf durchschneidet, tritt kein Niederschlag und keine Spur von Wolkenbildung ein. Weshalb? Weil der sehr kleine Theil des Strahls, der im Stande ist den Dampf zu zersetzen, seine Kraft in den vorderen Theilen der Röhre erschöpft hat. Die Hauptmasse des Lichts, welche noch bleibt, nachdem die wenigen wirksamen Strahlen ausgeschieden sind, hat über die Molekel des Amyläthers keine Macht mehr. Wir haben hier ein schlagendes Beispiel für das, was wir schon vorher festgestellt haben, bezüglich des Einflusses der Schwingungsperiode im Gegensatz zu dem der Lichtstärke. Denn der Theil des Strahles, der hier wirkungslos bleibt, besitzt wahrscheinlich eine mehr als millionenfach bedeutendere Arbeitsgrösse als der wirkende Theil. Die Kraft, die wir hier brauchen, muss in besonderer Beziehung zu den Atomen stehen, und da diese besondere Beziehung gerade den schwachen Wellen zukommt, verleiht sie ihnen ihre ausserordentliche Wirkung. Kehren wir die Experimentiröhre um, so dass der unzersetzte Dampf der Wirkung des noch unveränderten Strahles ausgesetzt wird, so schlägt sich augenblicklich diese schöne leuchtende Wolke nieder.

Auch das Sonnenlicht bewirkt die Zersetzung des Amylätherdampfs. Ich setzte eine grosse planconvexe Linse in die Bahn eines Sonnenstrahls, wodurch sich ein schöner convergirender Kegel in dem Staube der Zimmerluft dahinter bildete. Brachte ich nun ein Ende der Röhre in das Licht hinter der Linse, so erfolgte sofort reichlicher Niederschlag innerhalb des Kegels. Der Dampf am hinteren Ende der Röhre wurde durch den am vorderen Ende befindlichen geschützt; kehrte ich aber die Röhre um, so schlug sich ein zweiter ähnlicher Wolkenkegel nieder.

Lassen Sie uns nun einen Augenblick innehalten und das Feld überblicken, welches wir soeben durchmessen haben. Wir haben gesagt, die Dämpfe seien ein Aggregat sich gegenseitig abstossender Molekeln, die durch äussern Druck verhindert werden, sich weiter und weiter von einander zu entfernen. Wir haben ferner gesagt, ein Molekel sei ein Aggregat von Atomen, welche in Stellungen des Gleichgewichtes durch die gleichmässige Wirkung von zwei entgegengesetzten Kräften gehalten werden und beständig zwischen diesen Stellungen hin und her schwingen. Wir haben gesagt, ein Lichtstrahl sei eine Reihenfolge von unzähligen Wellen und haben deren chemische Wirkungen erläutert. Wir haben gesehen, dass es nicht sowohl auf die Grösse der Kraft dieser Wellen, als auf ihre Schwingungsperioden ankommt, damit dieselben als chemisches Agens wirksam werden. Wir haben ferner gesehen, dass der leuchtende Strahl durch die Dämpfe welche er zersetzt, gesichtet und derjenigen Strahlen beraubt wird, welche die Zersetzung hervorzubringen im Stande sind. Die Wirkungen, welche der elektrische Strahl hervorbringt, werden ausserdem auch vom Sonnenlichte erzeugt. Hier nun möchte ich Sie bitten, sich mit dem Gedanken vertraut zu machen, dass keine chemische Wirkung durch einen Strahl erzielt werden kann, ohne dass der Strahl selbst dabei vernichtet wird. Doch wollen wir die Bezeichnung Strahl, als zu weit und unbestimmt, hiermit fallen lassen und unsere Aufmerksamkeit auf die Lichtwellen heften. Wir haben uns klar zu machen, dass die Wellen nur dadurch chemische Wirkung hervorbringen, dass sie ihre eigene Bewegung an die Molekel, die sie zersetzen, abgeben. Wir anticipiren hiermit einigermassen die Besprechung einer Frage, welche von grosser Bedeutung in der Molekularphysik

ist und welche noch näheres Eingehen verdient. Die Frage lautet: Wenn die Aetherwellen auf einen zusammengesetzten Dampf treffen, geht die Bewegung der Wellen auf die Molekel des Dampfes oder auf die Atome dieser Molekel über? Wir haben uns bisher auf die Ansicht gestützt, dass die Bewegung den Atomen mitgetheilt wird; denn wenn dem nicht so wäre, warum sollten sie auseinander geschüttelt werden? Die Frage jedoch verdient noch eine weitere Prüfung, und wir sind in der Lage eine solche anzustellen, deren Tragweite und Bedeutung Sie sogleich einsehen werden.

Wie bereits erklärt werden die Molekel in ihrer Gleichgewichtslage erhalten, indem einerseits die gegenseitige Abstossung, andererseits der äussere Druck wirkt. Ihr Schwingungsrhythmus muss, wenn sie überhaupt schwingen, wie bei einer vibrirenden Saite, von der elastischen Kraft abhängen, die zwischen ihnen besteht. Wenn diese Kraft verändert wird, so muss sich gleichzeitig auch der Schwingungsrhythmus ändern, und nach der Veränderung können die Molekel nicht mehr dieselben Wellen absorbiren, die sie vorher absorbirten. Nun wird aber die elastische Kraft zwischen Molekel und Molekel völlig verändert, wenn ein Dampf in den flüssigen Zustand übergeht. Absorbirt nun eine Flüssigkeit Wellen von demselben Schwingungsrhythmus, wie ihr Dampf es thut, so beweist dies, dass die Absorption nicht durch die Molekel geschieht. Lassen Sie uns in diesem wichtigen Punkte vollkommen klar werden. Diejenigen Wellen werden absorbirt, deren Schwingungen mit denen der Molekel oder Atome, auf welche sie stossen, gleichen Takt haben; ein Grundgesetz, welches auch folgendermaassen ausgedrückt wird: ein Körper absorbirt dieselben Strahlen, welche er selbst ausstrahlt. Dieses grosse Ge-

setz bildet, wie Sie wissen, den Grundstein der Spectralanalyse; es gestattete Kirchhoff die Fraunhofer'schen Linien zu erklären und die chemischen Bestandtheile der Sonnenatmosphäre zu bestimmen. Wenn also, nachdem ein Dampf in den flüssigen Zustand übergegangen ist, dieselben Wellen absorbirt werden, wie vor dieser Verwandlung, so ist dies ein Beweis, dass die Molekel, deren Schwingungsrhythmus ja gänzlich verändert sein muss, nicht die Träger der Absorption sein können; und wir werden zu dem Schlusse getrieben, dass es die Atome sein müssen, auf welche die Wellenbewegung übertragen wird, da deren Schwingungsrhythmus durch die Veränderung des Aggregatzustandes nicht beeinflusst wird. Sollte nun durch den Versuch bewiesen werden, dass ein Dampf und seine Flüssigkeit sich derart identisch verhalten, so würde dadurch die Ansicht, auf die wir uns stützten, auf neue und schlagende Weise befestigt werden.

Gehen wir nun zu der experimentellen Probe zurück. Vor der Experimentirrhöhre, die eine Quantität Amylätherdampf enthält, steht eine Glaszelle von ein Viertelzoll Dicke, gefüllt mit demselben flüssigen Amyläther. Ich schicke den elektrischen Strahl zuerst durch die Flüssigkeit und dann durch ihren Dampf. Die Leuchtkraft des Strahles ist sehr gross, auf den Dampf hat er jedoch keinen Einfluss. Die Flüssigkeit hat den Strahl seiner wirksamen Wellen gänzlich beraubt. Nehmen wir die Flüssigkeit fort, so tritt augenblicklich eine chemische Wirkung ein, und einen Moment darauf ist die scheinbar leere Röhre mit dieser hellen Wolke gefüllt, welche von einem Theile des Strahles niedergeschlagen und von einem andern Theil desselben erleuchtet wird. Ich bringe die Flüssigkeit an ihre frühere Stelle: die chemische Wirkung hört sofort auf. Ich entferne sie abermals, und



die Wirkung stellt sich von Neuem ein. Hierdurch enthüllen wir einigermaassen die Geheimnisse dieser Welt der Molekel und Atome.

Anstatt Luft zu dem Träger zu machen, der den Dampf in die Experimentirröhre bringt, können wir auch Sauerstoff, Wasserstoff oder Stickstoff dazu benutzen. Bei Wasserstoff kommen eigenthümliche Erscheinungen vor, welche dem Herabsinken der Wolken in dem äusserst dünnen Gase, in welchem sie schwimmen, zuzuschreiben sind. Dieselben scheinen wie ein Beispiel für die übrigens unhaltbare Ansicht, welche behauptet, dass die Wolken unserer Atmosphäre nicht schweben könnten, wenn die Wolkentheilchen nicht kleine Blasen statt voller Kugeln wären. Vor Ihnen befindet sich eine Röhre, welche mit Dämpfen von Amylnitrit gefüllt ist, welches durch Wasserstoffgas in die Röhre gebracht wurde. Indem ich den Strahl durch die Röhre sende, schlägt sich eine feine bläulichweisse Wolke nieder. Einige Pumpenzüge befreien die Röhre von dieser Wolke, lassen jedoch einen Rest des Dampfes zurück. Wenn ich den Strahl jetzt hinein fallen lasse, entsteht eine zweite noch feinere Wolke. Dies kann wohl ein halb dutzendmal wiederholt werden. Es wird immer ein Rest von Dampf übrig bleiben, der genügt um eine Wolke von ausgezeichneter Zartheit, sowohl in Bezug auf Farbe als auf Zusammensetzung zu bilden.

Statt des salpetrigsauren Amyläthers kann eine grosse Anzahl anderer Substanzen angewandt werden, die, wie die genannte, bis jetzt noch nicht als empfindlich für chemische Lichtwirkung bekannt waren. Einen weiteren Punkt wünsche ich noch anschaulich zu machen, weil der betreffende Vorgang derselben Art ist, wie einer der wichtigsten grossen Naturprocesse. Wie Sie wissen, schwebt in unserer Atmosphäre kohlen-saures Gas, welches der

Pflanzenwelt Nahrung giebt. Diese Nahrung könnte jedoch ohne die Beihülfe der Sonnenstrahlen nicht von den Pflanzen aufgenommen werden. Und doch sind, soviel wir wissen, diese Strahlen ohne Wirkung auf die freie Kohlensäure unserer Atmosphäre. Die Sonne kann das Gas nur zersetzen, wenn es von den Pflanzenblättern eingesogen ist. In den Blättern befindet sich nämlich die Kohlensäure in nächster Nähe von solchen Stoffen, welche bereit sind, von der Lockerung ihrer Molekel durch die Lichtwellen Nutzen zu ziehen. Indem dadurch eine Neigung zur Zersetzung herbeigeführt wird, kann das Blatt sich des Kohlenstoffes aus dem Gase bemächtigen und sich ihn aneignen, während der Sauerstoff der Atmosphäre zurückgegeben wird.

In der Experimentirrhöhre, die Sie hier sehen, ist ein anderer Dampf als der bisher angewendete. Er heisst salpetrigsaurer Butyläther<sup>1)</sup>. Schickt man den elektrischen Strahl durch die Röhre, lässt sich kaum eine chemische Wirkung bemerken. Nun setze ich aber dem Dampfe eine Quantität Luft zu, welche in Blasen durch flüssige Salzsäure gestiegen ist. Wird nun der Strahl darauf gerichtet, so ist die Wirkung so schnell und die niedergeschlagene Wolke so dicht, dass Sie mit angepannter Aufmerksamkeit kaum die anfängliche Dunkelheit, die dem Niederschlag vorhergeht, bemerken können. Diese enorm gesteigerte Wirkung verdanken wir der Anwesenheit der Salzsäure. Wie das Chlorophyll und die Kohlensäure in den Pflanzenblättern, so wirken diese beiden Substanzen auf einander nur unter dem Einfluss der Wellen des elektrischen Lichts.

Bei diesen Versuchen hat der leuchtende Strahl zwei

---

<sup>1)</sup> Ich verdanke Herrn Ernst Chapman einen Vorrath dieser kostbaren Substanz.

verschiedenen Zwecken gedient. Ein kleiner Theil desselben wurde auf die Zersetzung der Dämpfe verwendet, während die grosse Masse des Lichtes dazu diente die aus dieser Zersetzung hervorgehenden Wolken zu beleuchten. Man kann diesen Wolken jeden beliebigen Grad von Feinheit geben, da die Dampfmenge in unserer Experimentiröhre nach Belieben beschränkt werden kann. Wenn die Quantität gehörig geregelt ist, sind die niedergeschlagenen Partikelchen zuerst unfassbar klein und auch durch die höchste mikroskopische Vergrösserung nicht sichtbar zu machen. Wahrscheinlich sind ihre Durchmesser dann nicht grösser als der millionste Theil eines Zolls. Sie wachsen allmählig, und indem sie an Umfang zunehmen, geben sie auch eine beständig wachsende Menge Wellenbewegung aus, bis schliesslich die von ihnen gebildete Wolke so stark leuchtet, dass dieser Hörsaal mit ihrem Licht erfüllt wird. Während des Wachsens der Partikelchen zeigen sich oft die schönsten Regenbogenfarben. Ich habe Aehnliches zuweilen mit Staunen und Entzücken in der Alpenatmosphäre wahrgenommen; allein niemals waren die Erscheinungen so herrlich als hier bei unseren Experimenten im Laboratorium. Doch haben wir uns jetzt nicht mit Regenbogenfarben, so schön sie auch sein mögen, zu beschäftigen, sondern mit andern Wirkungen, welche in Verbindung mit den beiden grossen Räthseln der Meteorologie stehen: nämlich mit der Farbe des Himmels und mit der Polarisation seines Lichts.

Es ist, wie schon gesagt, möglich, durch gehörige Regulirung der Dampfmenge unsere niedergeschlagenen Partikelchen von ganz übermikroskopischer Kleinheit zu Körperchen von merkbarer Grösse anwachsen zu lassen, und mit Hülfe dieser auf einer gewissen Stufe ihres Wachstums stehenden Partikelchen können wir ein Blau erzielen,

welches dem des tiefsten und reinsten italienischen Himmels gleichkommt, wenn es dasselbe nicht übertrifft. Lassen Sie uns vor Allem diesen Punkt feststellen. Mit unserer Experimentirrhöhre steht ein Barometer in Verbindung, dessen Quecksilbersäule gegenwärtig anzeigt, dass die Röhre luftleer ist. In die Röhre führe ich eine Quantität der Mischung von Luft und salpetrigsaurem Butylätherdampf ein, welche die Quecksilbersäule um ein zwanzigstel Zoll hinunterdrückt; das heisst die Luft und der Dampf zusammen üben einen Druck gleich dem sechshundertsten Theil einer Atmosphäre. Ich füge nun eine Quantität Luft mit Salzsäuredampf hinzu, die das Quecksilber noch einen halben Zoll weiter herabdrückt, und in diese zusammengesetzte und äusserst verdünnte Atmosphäre lasse ich den Strahl des elektrischen Lichtes fallen. Die Wirkung erfolgt langsam; doch allmählig erscheint in der Röhre dieses prächtige Azur, das sich eine Zeit lang verstärkt, ein Maximum in Tiefe und Reinheit erreicht und dann, in dem Maasse, wie die Partikel grösser werden, in ein weissliches Blau übergeht. Dieses Experiment ist ein bezeichnendes Beispiel für ein allgemein gültiges Gesetz. Man könnte noch verschiedene andere farblose Substanzen mit den mannigfaltigsten chemischen und optischen Eigenschaften zu diesem Experimente benutzen. Zu Anfang würde die sich bildende Wolke jedesmal dieses herrliche Blau zeigen und dadurch den augenscheinlichen Beweis liefern, dass Theilchen von äusserst geringer Grösse ohne eigene Farbe und ganz unabhängig von denjenigen optischen Eigenschaften, welche grössere zusammenhängende Stoffmassen besitzen, die Farbe des Himmels erzeugen können.

Wir haben jedoch noch ein anderes Verhältniss am Firmamente zu besprechen, dessen Eigenthümlichkeiten

noch feiner und noch verborgener sind als selbst die Farbe. Ich meine jenes „geheimnisvolle schöne Phänomen“ <sup>1)</sup>, die Polarisation des Himmelslichtes. Die Polarität eines Magnets besteht in seiner Zweiendigkeit, und die Enden oder Pole wirken nach entgegengesetzter Weise. Polare Kräfte sind diejenigen, wie Sie wohl Alle wissen, in welchen sich die Zweiheit der Anziehung und Abstoßung kund giebt. Und eine Art Zweiseitigkeit — gelegentlich bemerkt von Huyghens, besprochen von Newton, hauptsächlich aber entdeckt durch einen französischen Physiker Namens Malus beim Beobachten eines Sonnenstrahls, der an einem der Fenster des Palais du Luxembourg in Paris reflectirt wurde — trägt den Namen der Polarisation. Wir haben mit der Idee eines polarisirten Strahles ein bestimmtes Bild zu verbinden, was seine Entdecker noch nicht zu thun vermochten. Zu ihrer Zeit waren die menschlichen Gedanken weder genügend gereift, noch die optische Theorie genügend vorgeschritten, um den physikalischen Begriff der Polarisation zu fassen oder auszudrücken. Wenn ein Gewehr abgeschossen wird, so pflanzt sich die Explosion als Welle durch die Luft fort. Die Luftschalen — wenn ich so sagen darf —, welche um das Centrum der Erschütterung herumliegen, werden nacheinander in Bewegung gesetzt, indem jede Schicht ihre Bewegung der nächstfolgenden überträgt und selbst in ihre Gleichgewichtslage zurückkehrt. Während also die Welle weite Entfernungen durchmisst, führt jedes bei ihrer Fortpflanzung mitwirkende Luftpartikelchen nur eine kleine Hin- und Herbewegung aus <sup>2)</sup>. Bei der Schall-

---

<sup>1)</sup> Herschel's „Meteorologie“ Art. 233.      <sup>2)</sup> Tyndall, „Vorlesungen über den Schall“, S. 3.

bewegung gehen die Schwingungen der Luftpartikel in der Richtung vor sich, in welcher der Schall vorwärts schreitet. Sie werden daher Longitudinal- oder Längsschwingungen genannt. Im Falle des Lichts haben wir im Gegentheil Transversal- oder Querschwingungen; das heisst die einzelnen Aethertheilchen bewegen sich rechtwinklig zur Richtung, in welcher das Licht sich fortpflanzt, hin und her. In dieser Hinsicht gleichen die Lichtwellen den gewöhnlichen Wasserwellen mehr als den Schallwellen. Bei einem gewöhnlichen Lichtstrahle werden die Schwingungen der Aetherpartikelchen in jeder zum Strahle senkrechten Richtung ausgeführt. Lässt man aber den Strahl schräg auf eine ebene Glasfläche stossen, wie in dem Falle von Malus: so werden die Partikel des reflectirten Theiles nicht mehr gleichmässig nach allen Richtungen rings um den Strahl schwingen. Bei der Reflection, wenn sie im richtigen Winkel stattfindet, werden die Schwingungen alle auf eine einzige Ebene beschränkt, und also beschaffenes Licht heisst geradlinigpolarisirtes Licht.

Ein Lichtstrahl, der durch gewöhnliches Glas geht, führt seine Schwingungen in dieser Substanz genau so, wie in Luft oder dem Aetherraume aus. Nicht so in verschiedenen durchsichtigen Krystallen. Denn diese haben auch ihre Zweiseitigkeit, und die Anordnung ihrer Partikel erlaubt nur Schwingungen in gewissen ganz bestimmten Richtungen. Da ist zum Beispiel der wohlbekannte Krystall Turmalin, der eine ausgesprochene Feindseligkeit gegen alle Schwingungen zeigt, die rechtwinklig zur Krystallisationsaxe ausgeführt werden. Er löscht solche Schwingungen schnell aus, während er die der Axe parallel laufenden bereitwillig fortpflanzt. Die Folge davon ist, dass der Lichtstrahl, der durch eine

beliebig dicke Masse dieses Krystalls gedungen ist, polarisirt daraus hervorgeht. Ebenso verhält sich der schöne Krystall, den man unter dem Namen des isländischen oder doppelt brechenden Spathes kennt. Nach einer, aber bloss dieser einzigen, Richtung vom Licht durchstrahlt, zeigt dieser Krystall die Neutralität des Glases; nach allen anderen Richtungen hin spaltet er den durchgehenden Lichtstrahl in zwei verschiedenartige Hälften, die beide vollkommen polarisirt sind, da ihre Schwingungen in zwei rechtwinklig zu einander liegenden Ebenen ausgeführt werden.

Durch eine geeignete Vorrichtung kann man einen der beiden polarisirten Strahlen, worein der isländische Spath einen gewöhnlichen Lichtstrahl theilt, hinwegnehmen. Dies gelang einem Manne Namens Nicol in so genialer und so vollkommener Weise, dass der nach seiner Methode geschnittene Spath nun allgemein als Nicol'sches Prisma bekannt ist. Ein solches Prisma kann den Lichtstrahl polarisiren; ist aber der Strahl, ehe er auf das Prisma stösst, bereits polarisirt, so lässt ihn dasselbe in einer Stellung durch, während es ihn in einer anderen zurückhält. Unser Weg liegt nun bis zu einem gewissen Grade klar vor uns. Sehen wir uns verschiedene Stellen des blauen Firmaments durch ein Nicol'sches Prisma an und drehen wir dann das Prisma um seine Axe, so bemerken wir bald Veränderungen in der Helle des Himmels. In gewisser Stellung des Spaths scheint das Licht gewisser Stellen des Himmels frei durchzugehen; während man das Prisma nur durch einen Winkel von  $90^\circ$  um seine Axe zu drehen braucht, um beim Beobachten derselben Stellen die Intensität des Lichts wesentlich abnehmen zu sehen. Bei genauer Untersuchung findet sich, dass die durch das Drehen des Prisma hervorgerufene Verän-

derung am grössten ist, wenn man den Himmel in einer Richtung ansieht, welche zu den Sonnenstrahlen einen rechten Winkel bildet.

Erlauben Sie mir, über einige thatsächliche Beobachtungen zu berichten, welche vor einigen Tagen zu Primrose Hill angestellt wurden. Die Sonne war ihrem Untergehen nahe und etliche zerstreute neutralfarbige Wolken, welche das vergehende Licht nicht aufzufangen vermochten, schwebten in der Luft. Sah man diese quer durch die Bahn der Sonnenstrahlen an, so konnte man sie durch Umwenden des Nicols bald als weisse Wolken auf dunklem Grunde, bald als dunkle Wolken auf hellem Grunde erscheinen lassen<sup>1)</sup>. In gewissen Stellungen des Prisma war das Himmelslicht zum grossen Theil erloschen und dann erschienen die Wolken weiss gegen die Dunkelheit des Raumes. Liess man das Prisma eine Wendung von 90° machen, so war die Helligkeit des Himmels hergestellt und die Wolken erschienen im Gegensatz dazu wieder dunkel.

Derartige Experimente beweisen, dass das blaue Licht des Firmaments polarisirt ist, und dass die vollkommenste Polarisation in einer gegen die Sonnenstrahlen senkrecht laufenden Richtung stattfindet. Wäre das Azur des Himmels von derselben Art wie das gewöhnliche Sonnenlicht, so würde das Drehen des Prisma keinerlei Einfluss darauf haben. Es würde während der ganzen Drehung des Prisma gleichmässig durchdringen. Das Licht des Himmels wird zum grossen Theil ausgelöscht, weil ein grosser Theil davon polarisirt ist.

Wenn ein Lichtstrahl im richtigen Winkel auf eine

---

<sup>1)</sup> Als ich dies niederschrieb, hatte ich noch nicht bemerkt, dass eine gleiche Beobachtung schon von dem unermüddlichen Brewster gemacht worden war.



ebene Glasfläche fällt, so wird er polarisirt. Theilweise polarisirt wird er durch alle schrägen Reflexionen. Unter einem gewissen Einfallswinkel aber wird das zurückgeworfene Licht vollständig polarisirt. Ein ausserordentlich schönes und einfaches, durch Sir David Brewster gefundenes Gesetz, macht es uns leicht, den Polarisationwinkel einer jeden Substanz, deren Brechungsverhältniss bekannt ist, zu finden. Dieses Gesetz wurde von Brewster auf experimentalem Wege entdeckt; allein die Wellentheorie des Lichts lehrt uns den Grund des Gesetzes vollständig kennen. Geometrisch lässt sich der Satz folgendermaassen ausdrücken: wenn ein Lichtstrahl schräg auf eine Glasplatte fällt, wird er zum Theil reflectirt, zum Theil gebrochen. Bei einem besonderen Einfallswinkel stehen die reflectirten und gebrochenen Theile des Strahls rechtwinklig gegen einander. Dann ist der Einfallswinkel der Polarisationwinkel. Er ändert sich mit dem Brechungsindex der Substanz, indem er für Wasser  $52\frac{1}{2}$ , für Glas  $57\frac{1}{2}$  und für Diamant 68 Grad beträgt.

Um die vollkommenste Polarisation des Himmelslichts zu bewirken, muss, wie bereits erwähnt ward, das Firmament in einer gegen die Sonnenstrahlen senkrechten Richtung betrachtet werden. Dies kann man anders ausdrücken, indem man sagt: die Stelle der maximalen Polarisation liege um einen Winkel von  $90^\circ$  von der Sonne entfernt. Dieser Winkel, derart eingeschlossen von den directen und reflectirten Strahlen, enthält sowohl den Einfalls- als den Reflexionswinkel. Mithin ist der Einfallswinkel, welcher der maximalen Polarisation des Himmels entspricht, gleich der Hälfte von  $90^\circ$ , also  $45^\circ$ . Dies ist also der atmosphärische Polarisationwinkel, und es fragt sich nun, welche der bekannten Substanzen einen

Brechungsindex besitzt, der diesem Polarisationswinkel entspricht. „Wenn wir diese Substanz fänden“, sagt Sir John Herschel, „so könnten wir dadurch zu dem Schlusse geführt werden, dass die Polarisation des Himmels durch in die Atmosphäre verstreute Theilchen derselben bewirkt wird. Wäre der Winkel der maximalen Polarisation  $76^{\circ}$  (anstatt  $90^{\circ}$ ), so würden wir Wasser oder Eis als den reflectirenden Körper betrachten können, wie unbegreiflich auch das Vorhandensein unverdampfter Wassertheilchen in einer wolkenlosen Atmosphäre und an einem heissen Sommertage erscheinen könnte.“ Ein Polarisationswinkel von  $45^{\circ}$  entspricht nun aber dem Brechungsindex 1, was so viel heisst, als dass gar keine Brechung stattfindet, in welchem Falle aber auch keine Reflexion vorhanden sein sollte.

Brewster und Andere kamen demnach auf den Gedanken, dass das Zurückwerfen von den Lufttheilchen selbst herrühre. Dr. Rubenson in Upsala berechnete den Winkel, der zwischen den directen und den zurückgeworfenen Strahlen eingeschlossen ist, auf  $90^{\circ} 2'$ . „Die Hälfte von diesem,“ sagt Herr Buchan in seinem ausgezeichneten kleinen Handbuche der Meteorologie, „ist so nahe dem Polarisationswinkel der Luft, dass wir zweifellos annehmen dürfen, das Licht des Himmels werde durch Zurückwerfung von den Lufttheilchen polarisirt“.

Mein Verfahren, Ihnen einen so verwickelten Gegenstand vorzutragen, mag Ihnen vielleicht ungeeignet erscheinen; doch bitte ich Sie daraus mein Vertrauen zu Ihrer Intelligenz zu erkennen, welches mich dazu brächte. Auch glaube ich, dass selbst ein Verstand, dessen Kraft und Nahrung aus ganz anderen Quellen entnommen sind, Interesse an Gegenständen, wie der vorliegende, nehmen

muss, so dunkel und schwer verständlich sie auch sein mögen. Es lässt sich nicht erwarten, dass Alle von Ihnen die Einzelheiten dieser Erklärung sich zu eigen machen, aber sicherlich wird jeder Anwesende begreifen, welche ausserordentlich wichtige Rolle das Gesetz von Brewster spielt, wenn es sich um Speculationen über die Farbe und Polarisation des Himmels handelt. Ich werde nun Folgendes vor Ihnen zu beweisen suchen: erstens, übereinstimmend mit unserem früheren Experiment, dass das Himmelsblau durch ausserordentlich kleine Theilchen jeder Art Materie hervorgebracht werden kann; zweitens, dass eine Polarisation, welche der des Himmels gleich ist, durch solche Theilchen hervorgebracht wird, und drittens, dass Materie in diesem feinen Zustand der Theilung, wo ihre Partikelchen im Vergleich zu der Höhe und Spannung einer Lichtwelle verhältnissmässig klein sind, sich dem Gesetz von Brewster völlig entzieht; da die Richtung der maximalen Polarisation ganz unabhängig von dem Polarisationswinkel ist, wie er bis her definiert wurde.

In diese Experimentiröhre führe ich auf die bereits beschriebene Weise Dämpfe ein, welche durch Lichtwellen zersetzbar sind. Die Mischung von Luft und Dämpfen ist dicht genug, um die Quecksilbersäule um einen Zoll herabzudrücken. Ich füge dieser Mischung Luft hinzu, welche in Blasen durch Salzsäure aufgestiegen ist, bis die Quecksilbersäule um 30 Zoll herabgedrückt, mit anderen Worten, bis die Röhre gefüllt ist.

Und nun lasse ich den elektrischen Strahl auf die Mischung fallen. Eine Zeit lang sieht man nichts. Die chemische Wirkung geht ohne Zweifel vor sich, und die Condensation tritt ein; aber die condensirten Molekel haben sich noch nicht zu genügend grossen Theilchen

verbunden, um die Lichtwellen merklich zu zerstreuen. Wie ich vorher schon sagte — und diese Behauptung ist auf Versuche gegründet — sind die hier erzeugten Theilchen zuerst so klein, dass ihre Durchmesser wahrscheinlich nicht den millionsten Theil eines Zolles übersteigen, während sich wahrscheinlich zur Bildung dieser Partikel ganze Schaaren von Molekeln zusammensetzen. Unterstützt durch solche Anschauungen, taucht unser geistiger Blick immer tiefer in die Natur der Atome und zeigt uns unter Anderem, wie weit wir noch von der Verwirklichung jener Hoffnung Newton's sind, dass eines Tages die Molekel durch Mikroskope gesehen werden möchten. Während ich spreche, bemerken Sie, wie diese zarte blaue Farbe in der Experimentirrhöhre entsteht und kräftiger wird. Kein Himmelbau könnte reicher und reiner sein; aber die Theilchen, die diese Farbe erzeugen, liegen ganz ausserhalb der Sehkraft unserer Mikroskope. Dabei entwickelt sich eine gleichmässige Farbe, die ebensowenig irgend eine Unterbrechung erkennen lässt, ebensowenig von den einzelnen Theilchen Kunde giebt, denen sie ihr Entstehen verdankt, als ein Körper es thut, dessen Farbe von wirklicher molekularer Absorption herührt. Dies Blau ist zuerst so tief und dunkel wie der von den höchsten Spitzen der Alpen gesehene Himmel, und zwar aus demselben Grunde. Allein es wird allmählig heller, immer sein Blau beibehaltend, bis zuletzt ein weisslicher Schimmer sich mit dem reinen Azur mischt und dadurch anzeigt, dass die Partikel nicht mehr so verschwindend klein sind, um allein die kürzesten Wellen zurückzuwerfen <sup>1)</sup>).

---

<sup>1)</sup> Möglicher Weise könnte schon lange, ehe das Blau sichtbar wird, eine photographische Aufnahme gemacht werden, denn die ultravioletten Strahlen werden zuerst reflectirt.

Die hierbei angewandte Flüssigkeit ist Allyljodid; aber ich könnte ebenso gut aus dem Dutzend Substanzen hier vor mir jede beliebige zu demselben Zweck benutzen. Mit salpetrigsaurem Amyläther, Schwefelkohlenstoff, Benzol, Benzoëäther etc. kann dieselbe blaue Farbe erreicht werden. In allen Fällen, wo irgend ein Stoff langsam aus dem molekularen in den zusammenhängenden Zustand übergeht, wird der Uebergang durch die Erscheinung von Blau bezeichnet. Noch mehr:— Sie haben gesehen, wie ich die blaue Farbe (ich nenne sie nicht gern blaue „Wolke“, weil ihr Bau und ihre Eigenschaften von denen gewöhnlicher Wolken so verschieden sind) durch dies Stück Kalkspath betrachtete. Es ist ein Nicol'sches Prisma, und ich wollte, ich könnte Jedem von Ihnen ein solches in die Hand geben. Nun, dieses Blau, so betrachtet, zeigt sich als ein vollendetes Stück Himmel, als der Himmel selbst. Denn wenn wir quer durch den beleuchtenden Strahl darauf blicken, wie wir quer gegen die Sonnenstrahlen den Himmel ansehen, haben wir nicht nur partielle, sondern vollkommene Polarisation. Bei der einen Stellung des Nicol'schen Prisma scheint das Licht ganz ungehindert zum Auge zu gelangen; bei der anderen wird es vollständig abgeschnitten und die Experimentirröhre erscheint optisch vollkommen leer. Man thut gut, hinter die Experimentirröhre eine schwarze Fläche zu stellen, damit kein anderes Licht das Auge beirren kann. Bei passender Stellung des Prisma sieht man diese schwarze Fläche ungetrübt und unverändert; denn die Theilchen in der Röhre sind an und für sich unsichtbar, und das Licht, das sie reflectirten, ist erloschen. Wenn das Licht des Himmels ebensogut polarisirt wäre, würden wir auch, durch ein richtig gestelltes Nicol'sches Prisma blickend, nicht dem milden Leuchten

des Firmamentes begegnen, sondern in das lichtlose Schwarz des Raumes hineinschauen.

Die Construction des Nicols ist derart, dass dieses Schwingungen, die in einer bestimmten Richtung ausgeführt werden, durchlässt, aber auch nur diese. Alle Schwingungen, die rechtwinklig zu dieser ersten Richtung vor sich gehen, werden vollständig zurückgehalten, während von den schräg dagegen ausgeführten Schwingungen nur entsprechende Bruchtheile durchgelassen werden. Es ist daher leicht zu begreifen, dass aus der Stellung, in welche der Nicol gebracht werden muss, um das Licht unserer beginnenden Wolke durchzulassen oder aufzuhalten, die Richtung der Schwingungen dieses Lichts ersehen werden kann. Sie werden sich ohne Schwierigkeit ein Bild dieser Schwingungen machen können. Denken Sie sich von einem beliebigen Punkte der „Wolke“ eine Linie senkrecht zum leuchtenden Strahl gezogen. Längs der Linie schwingen die Aetherpartikelchen, die das Licht von der Wolke zum Auge führen, in einer sowohl zur Linie als zum Strahle senkrechten Richtung. Und wenn ebenso jede beliebige Anzahl von Linien von der Wolke aus gezogen wird, wie Speichen am Rade, so oscilliren doch die Aetherpartikelchen längs aller dieser in gleicher Weise. Denkt man sich daher die sich bildende Wolke rechtwinklig zu ihrer Länge von einer ebenen Fläche durchschnitten, so müssen die vollkommen polarisirten Schwingungen, die nach den Seiten ausgeschickt werden, alle dieser Ebene parallel laufen.

Unsere sich bildende blaue Wolke besitzt die Eigenschaften eines Nicol'schen Prisma, und mit ihr und dem wirklichen Nicol können wir alle die Wirkungen erzielen, die zwischen dem polarisirenden und analysirenden Theile eines Polariskops vorgehen. Wenn

zum Beispiel eine dünne Platte Selenit (krystallisirter schwefelsaurer Kalk) zwischen den Nicol und die beginnende Wolke geschoben wird, erhalten wir das schöne Phänomen der Polarisationsfarben. Die Farbe der Gypsplatte hängt, wie viele von Ihnen wissen, von Dicke derselben ab. Ist diese überall gleich, so ist auch die Farbe überall dieselbe. Wenn hingegen die Platte keilförmig ist, so dass sie allmählig und gleichmässig von ihrer scharfen Kante zum entgegengesetzten Rande hin dicker wird: so erhalten wir schöne glänzende Farbenbänder, die der Schneide des Keils parallel laufen. Vielleicht ist die beste Form für Platten zu derartigen Experimenten diese in meiner Hand hier, die mir vor einigen Jahren ein in seiner Art genialer Mann, der verstorbene Mr. Darker aus Lambeth, machte. Sie besteht in einer Platte Selenit, in der Mitte dünn, nach den Rändern zu allmählig dicker werdend. Stellen wir sie zwischen den Nicol und die Wolke, so erhalten wir anstatt einer Reihe von Parallelbändern ein System farbiger Ringe. Die Farben sind am lebhaftesten, wenn wir nach der beginnenden Wolke senkrecht zu ihrer Länge blicken. Ganz dieselben Erscheinungen werden wahrgenommen, wenn wir das blaue Firmament in einer zu den Sonnenstrahlen senkrechten Richtung ansehen.

Wir haben bisher unsere Wolke mit gewöhnlichem Licht beleuchtet und den Theil dieses Lichts, den die Wolke seitwärts um sich herum nach allen Richtungen ausstrahlt, vollkommen polarisirt gefunden. Wir wollen nun die Wirkungen untersuchen, welche eintreten, wenn das die Wolke erleuchtende Licht selbst polarisirt ist. Vor der elektrischen Lampe, zwischen ihr und der Experimentirröhre steht dieses schöne Nicol'sche Prisma, welches gross genug ist, den ganzen Licht-

strahl aufzunehmen und zu polarisiren. Das Prisma steht so, dass die Schwingungsebene des Lichtes, welches aus dem Prisma hervorgeht und auf die Wolke fällt, senkrecht ist. Wie verhält sich die Wolke nun zu diesem Licht? Diese formlose Zusammensetzung unbeschreiblich kleiner Theilchen ohne bestimmte Structur zeigt die Zweiseitigkeit des Lichtes in der schlagendsten Weise. Sie ist gänzlich ausser Stande, nach oben oder unten zu reflectiren, während sie ruhig das Licht horizontal nach rechts und links wirft.

Ich drehe den polarisirenden Nicol so, dass die Schwingungsebene horizontal wird. Die Wolke reflectirt nun das Licht frei senkrecht nach oben und unten; aber sie ist nicht im Stande, einen Strahl horizontal nach rechts oder links zu senden.

Denken Sie sich nun die Atmosphäre unseres Planeten von einer dem Licht undurchdringlichen Hülle umgeben, die nach der Seite der Sonne hin eine Oeffnung hätte, durch welche ein Sonnenstrahl einfallen könnte. Auf allen Seiten von nicht direct erleuchteter Luft umgeben, würde die Spurlinie des Sonnenstrahls der Spur, welche der elektrische Strahl in einem dunklen von unserer beginnenden Wolke gefüllten Raume macht, vollkommen gleichen. Sie würde blau sein und würde ringsum nach allen Richtungen das Licht in genau demselben polarisirten Zustande verbreiten, in dem sich das Licht unserer beginnenden Wolke befindet. In der That würde das Azur, das der Sonnenstrahl zeigte, dem Azur solcher Wolke gleich sein. Und wenn man, anstatt das gewöhnliche Sonnenlicht in die Oeffnung zu lassen, ein Nicol'sches Prisma dort anbrächte, welches das Sonnenlicht bei seinem Eintritt in unsere Atmosphäre polarisirte, so würden sich die Partikel, von denen die Farbe des Himmels



abhängt, gerade so verhalten, wie die unserer Wolke. Nach zwei Richtungen hin würden wir das Sonnenlicht reflectirt sehen, nach zwei anderen nicht. Wir könnten in der That von solchem vereinzelteten Sonnenstrahl, der die unerleuchtete Luft durchschneidet, jede der Wirkungen erhalten, die unsere Wolke soeben gezeigt hat. Indem wir solche Wolken erzeugen, bringen wir so zu sagen Stückchen des Himmels in unsere Laboratorien und erreichen mit ihnen alle die Wirkungen, die am offenen Firmament vorkommen.

Der wirkliche Himmel ist, wie bereits erwähnt, weniger vollkommen als wir ihn künstlich herzustellen vermögen. Denn vermischt mit den unendlich kleinen Theilchen, welche die wahre Himmelsmaterie ausmachen, sind andere, die zu grob sind um vollkommen polarisirtes Licht im rechten Winkel zu den Sonnenstrahlen zurück zu werfen. Deshalb bleibt immer ein Rest von Licht, wengleich die Helligkeit des Himmels bis zum Aeussersten vermindert ist; das Erlöschen ist nur ein theilweises, nicht ein totales wie bei unserer Wolke.

Ueberlegen wir die Sache. Die vollkommene Polarisation kann nur durch äusserst kleine Theilchen erzeugt werden. Denken Sie sich dieselben allmählig grösser werdend, wie das bei unseren Versuchen ja auch wirklich eintritt. Das Erlöschen des Lichtes durch das Prisma ist vollkommen, so lange die Polarisation vollkommen ist. Aber was würden Sie nachher erwarten? Offenbar dass die Polarisation nach einiger Zeit aufhörte vollkommen zu sein. Hier jedoch muss sich das Verhältniss zwischen der Grösse der Theilchen und der Grösse der Lichtwellen wieder geltend machen. Die Theilchen sind grösser im Verhältniss zu den blauen als zu den rothen Wellen; die blauen Wellen müssen demnach zuerst frei werden von einem

Zustande, der von der Kleinheit der Theilchen abhängt. Sie werden sich zuerst aus den Fesseln der Polarisation frei machen; und bei diesem Freiwerden zeigen sie ein viel reineres und glänzenderes Azurblau als zuerst beim Niederschlag der Theilchen. Könnten wir unseren Himmel auch nur einen Tag lang mit dieser Farbe überwölben, wir würden unzufrieden werden mit unserem matten nordischen Himmel. Sie werden bemerken, dass Ueberlegung und Versuch überall Hand in Hand gehen; Erstere voraussagend, Letzterer bestätigend, und jede derartige Bestätigung liefert einen gewichtigen Beweis für die Wellentheorie, worauf diese Voraussagen sich gründeten.

Das bereits erwähnte Ringsystem des Selenit ist ein äusserst zartes Reagens für die Entdeckung polarisirten Lichtes. Wenn wir normal, das heisst senkrecht auf eine beginnende Wolke blicken, so sind die Farben der Ringe aufs Schönste entwickelt; sie werden jedoch sofort weniger lebhaft, wenn wir die Wolke schräg ansehen. Aber wir wollen fortfahren, durch den Nicol und Selenit senkrecht auf die Wolke zu blicken. Die Theilchen nehmen an Grösse zu, die Wolke wird gröber und weisser, die Sättigung der Selenitfarben allmählig schwächer. Zuletzt hört die Wolke auf, polarisirtes Licht längs der Normalrichtung auszugeben, und die Selenitfarben verschwinden gänzlich. Wenn wir jetzt die Wolke schräg ansehen, so treten die Farben wieder sehr lebhaft auf, obgleich nicht ganz so frisch und klar wie vorher. In dieser Weise strömt die Wolke, welche jetzt aufgehört hat, vollkommen polarisirtes Licht senkrecht zu ihrer Länge zu entsenden, dasselbe reichlich in schräger Richtung aus. Die Richtung der Maximalpolarisation ändert sich mit der Textur der Wolke.

Dies ist jedoch noch nicht Alles, und um das

Uebrige auch nur theilweise verständlich zu machen, muss ich vorher ein Wort über die Erscheinung der Farben in der Selenitplatte sagen. Wenn, wie vorher erwähnt, die Platte eine gleichmässige Dicke hat, ist auch ihre Färbung in weissem polarisirten Lichte gleichmässig. Nehmen Sie denn also an, dass durch passende Stellung des Nicols die Farbe der Platte zu ihrem höchsten Glanz gestiegen sei, und denken Sie, die Farbe sei Grün. Dreht man den Nicol um seine Achse, so wird das Grün schwächer. Wenn der Rotationswinkel auf 45 Grad steigt, verschwindet die Farbe; wir passiren dann, was man einen neutralen Punkt nennen könnte, wo der Selenit sich nicht wie ein Krystall, sondern wie ein Stück Glas ohne Krystallstructur verhält. Setzen wir die Drehung fort, so erscheint wieder eine Farbe; allein es ist nicht mehr Grün, sondern Roth. Dieses erreicht sein Maximum in einer Entfernung von 45 Grad vom neutralen Punkt, oder mit anderen Worten, in einer Entfernung von 90 Grad von der Stellung, die das Grün in seinem Maximum zeigte. Bei weiterer Entfernung von 45 Grad von der Stellung des maximalen Roth verschwindet die Farbe zum zweiten Male. Wir haben da einen zweiten neutralen Punkt, hinter welchem das Grün wieder anfängt und seine höchste Sättigung am Ende einer Rotation von 180 Grad erreicht. Durch Drehung des Nicol um einen Winkel von 90 Grad rufen wir also die Complementärfarbe der anfänglich vorhandenen hervor.

Wie man ferner aus diesen Thatsachen ersehen kann, verändert das Ringsystem des Selenit seinen Charakter, wenn der Nicol gedreht wird. Die Mitte des Kreises kann dunkel sein, während die umgebenden Ringe lebhaft gefärbt sind. Dann macht eine Drehung des Nicols durch einen Winkel von 90° die Mitte hell, während jeder Punkt, der

zuerst von einer gewissen Farbe eingenommen war, nun deren Complementärfarbe zeigt. Vermöge sonderbarer innerer Vorgänge, die ich hier nicht beschreiben kann, theilt sich die Wolke in unserer Experimentirtöhre zuweilen in Abschnitte von verschiedener Textur. Einzelne Abschnitte sind gröber als andere, während es auch oft vorkommt, dass manche davon dem blossen Auge regenbogenfarbig erscheinen und andere nicht. Blickt man durch den Selenit und Nicol in normaler Richtung auf die Wolke, so kommt es oft vor, dass der ganze Charakter des Ringsystems sich am Uebergang von einem Abschnitt zum anderen verändert. Ein Abschnitt, der eine dunkle Mitte und ein dem entsprechendes System von Ringen zeigt, macht den Anfang. Durch einen neutralen Punkt geht man auf einen anderen Abschnitt über, findet hier die Mitte hell und jeden der ersten Ringe durch einen solchen von der Complementärfarbe, in genau demselben Abstände von der Mitte stehend, ersetzt. Zuweilen kommen nicht weniger als vier solche Umkehrungen in der Wolke einer Experimentirtöhre von drei Fuss Länge vor. Diese Veränderungen rühren aber daher, dass die Schwingungsebene des polarisirten Lichts sich beim Uebergang von einem Theile der Wölke zum anderen plötzlich um einen Winkel von  $90^\circ$  dreht, welcher Wechsel einzig der verschiedenen Textur der beiden Theile zuzuschreiben ist.

Sie werden nun eine sehr schöne Erscheinung verstehen können, — soweit dieselbe überhaupt zu verstehen ist — welche unter günstigen Umständen auch in unserer Atmosphäre beobachtet werden könnte. Diese Experimentirtöhre wurde bis zu einem Zoll Druck mit dem Dampf von Allyljodid gefüllt. Den übrigen 29 Zoll Druck entsprechend, die nöthig sind, um die Röhre ganz zu füllen, ist Luft eingetreten, welche durch wässrige

Salzsäure aufgestiegen ist. Neben den Dämpfen des Allyljodids haben wir also auch die Dämpfe von Wasser und Säure in der Röhre. Das Licht hat einige Zeit auf die Mischung gewirkt und eine schöne, blaue Farbe hervorgebracht. Wie vorher erwähnt, unterscheidet sich die „beginnende Wolke“ in Textur und optischen Eigenschaften durchaus von einer gewöhnlichen Wolke. Aber man kann den Wasserdampf in dieser Röhre sich niederschlagen lassen, so dass er eine Wolke, ähnlich denen in unserer Atmosphäre, bildet. Diese neue und eigentliche Wolke wird sich in dem Azur der anderen niederschlagen. Mit der Experimentirröhre ist nun ein luftleeres Gefäß verbunden, das etwa ein Drittel des Inhalts der Röhre fasst, und der Verbindungsweg zwischen beiden ist bis jetzt durch einen Hahn geschlossen. Öffnet man den Hahn, so wird die Mischung von Dämpfen und Luft aus der Experimentirröhre in das leere Gefäß strömen, und in Folge der Abkühlung, die jede Verdünnung mit sich bringt, wird der Dampf in der Experimentirröhre zu einer wirklichen Wolke zusammenfallen. Jetzt sind Sie auf das Experiment vorbereitet. Ich betrachte zuerst diesen Azur in der Weise, dass er mir ein lebhaftes Ringssystem mit dunkler Mitte giebt. Drehe ich den Hahn, so wird die Luft verdünnt und die Wolke niedergeschlagen. Was ist die Folge davon? Dass augenblicklich der Mittelpunkt des Systems hell wird, und jede einzelne Farbe, die in einem bestimmten Abstände von der Mitte steht, sich in ihre Complementärfarbe verwandelt. Während ich die Wolke beobachte, schmilzt sie allmählig hinweg wie eine atmosphärische Wolke im Azur des Himmels wohl auch zu thun pflegt. Und dem entsprechend ist hier unser Azur zurückgeblieben. Die Wolke von gröberer Textur scheint wie ein Schleier hinweggezogen, das Blau

kommt wieder, und das frühere Ringsystem mit seiner dunklen Mitte und entsprechend gefärbten Kreisen stellt sich wieder ein.

Mit vieler Geduld sind Sie mir über ein schwieriges Terrain gefolgt und als vorsichtiger Führer glaube ich, auf der gewonnenen Anhöhe ausruhen zu sollen. Wir könnten noch höher steigen, allein nicht, ohne auf sehr grosse Schwierigkeiten zu stossen. Ohne Zweifel werden wir diese Schwierigkeiten besiegen und in späterer Zeit gemeinschaftlich noch grössere Höhen erreichen.

---

### Der Himmel in den Alpen.

Die Gesichtswahrnehmung eines Objectes verlangt immer eine Verschiedenheit der Wirkung auf verschiedene Theile der Netzhaut des Beschauers. Der Gegenstand muss sich von dem umgebenden Raume durch seinen Ueberschuss oder Mangel an Licht im Vergleich mit jenem Raume unterscheiden. Aendert man die Beleuchtung entweder des Gegenstandes oder die seiner Umgebung, so verändert man damit die Erscheinungsweise des Gegenstandes. Denken Sie sich zum Beispiel Wolken in der Atmosphäre schwimmend, von Stellen blauen Himmels unterbrochen. Alles, was die Beleuchtung des Einen ändert, verwandelt die Erscheinung beider, da die Erscheinung, wie gesagt auf einer Differenzwirkung beruht. Nun kann, wie Sie wissen, das Licht des Himmels zum grossen Theil durch ein Nicol'sches Prisma aufgehoben werden, weil es polarisirt ist, während das Licht einer Wolke unpolarisirt, wie es ist, nicht aufgehoben werden kann. Daher die Möglichkeit sehr beträchtlicher

Veränderungen nicht allein im Aussehen des Firmaments, das in der That verändert wird, sondern auch im Aussehen der Wolken, die dies Firmament als Hintergrund haben. Man kann zum Beispiel Wolken von solcher Tiefe der Beschattung finden, dass sie verschwinden, wenn das Prisma das Licht hinter ihnen wegnimmt, weil sie nicht zu unterscheiden sind von der übrig bleibenden stumpfen Färbung des Himmels, welche nach dem Erlöschen der Helligkeit noch stehen bleibt. Eine weniger dunkle Wolke, die aber immer noch dunkel genug bleibt, um, mit blossem Auge gesehen, dunkel auf hellem Grunde zu erscheinen, wird durch das Erlöschen des Himmels hinter ihr plötzlich als weisse Wolke auf dunkeltem Grunde hervortreten. Wenn eine röthliche Wolke bei Sonnenuntergang zufällig in der Region der höchsten Polarisation schwimmt, verursacht die Dämpfung des Himmelslichts dahinter, dass sie in hellerem Roth aufflammt. Am Osterabend vorigen Jahres zeigte der Himmel über Dartmoor, der gerade durch einen Schneesturm gereinigt war, ein eigenthümlich wildes Aussehen. Ringsum am Horizonte war er von stahlartigem Glanze, während röthliche Haufenwolken und Federwolken nach Süden zogen. Liess man das Himmelslicht hinter denselben verschwinden, so erschienen diese schwimmenden Massen gleich heisser Asche, auf die man bläst; sie wurden plötzlich zu hellem Feuer angefacht. In den Alpen trifft man die prachtvollsten Beispiele rothglühender Wolken und Schneemassen, so dass die eben erwähnte Wirkung dort unter den günstigsten Umständen studirt werden kann. Am 23. August 1869 war das abendliche Alpenglühen wunderschön, obwohl es noch nicht sein Maximum an Tiefe und Glanz erreichte. Gegen Sonnenuntergang erstieg ich eine Anhöhe, um eine bessere Ansicht vom Weisshorn zu gewinnen. Die Seite

des Gipfels, welche man von der Bel-Alp sieht, war der Sonne abgekehrt und hellviolett. Ich wünschte einen der rosenroth gefärbten Strebepfeiler des Gebirges zu sehen, und dies gelang mir auf einem einige hundert Fuss über dem Hotel gelegenen Punkte. Auch das Matterhorn, obgleich zum grössten Theil im Schatten, hatte einen hochrothen Vorsprung, während ein tiefes, trübes Gelbroth längs seiner westlichen Schulter lagerte. Ausser dem Haupte des Doms waren noch vier seiner scharfen Spitzen und Pfeiler — alle mit reinem Schnee bedeckt — von dem Licht des Sonnenuntergangs geröthet. Die Schulter des Alphubel war ähnlich gefärbt, während die grosse Masse des Fletschorns über und über glühte; desgleichen auch der schneeige Grat des Monte Leone.

Sah ich das Weisshorn durch den Nicol an, so war das Glühen seines Vorsprungs je nach der Stellung des Prisma stark oder schwach. Auch der Gipfel war einer Veränderung unterworfen. Bei gewisser Stellung des Prisma zeigte er ein blasses Weiss gegen einen dunklen Hintergrund. Bei Drehung des Prisma um einen rechten Winkel hob er sich dunkel violett von einem lichten Hintergrunde. Das Roth des Matterhorn wechselte in ähnlicher Weise; aber auch das Gebirge im Ganzen erlitt auffallende Veränderungen in der Bestimmtheit seiner Umrisse. Die Luft war mit einem silberartig schimmernden Dunst erfüllt, in welchem das Matterhorn beinahe verschwand. Der Nicol konnte diesen Nebel gänzlich aufheben, und dann trat das Gebirge mit staunenswerther Klarheit und Schärfe aus der umgebenden Luft hervor. Die Veränderungen des Doms waren noch wunderbarer. Dem dahinter liegenden Himmel konnte eine grosse Menge Licht entzogen werden, weil er sich in der Schicht grösster Polarisation befand. Wurde der Himmel



gedämpft, so erglühten die vier kleineren Spitzen und der Gipfel des Doms zugleich mit der Schulter des Alpehubs, als ob sie plötzlich entzündet würden. Alles erlöschte jedoch, sobald ich den Nicol um  $90^\circ$  drehte. Aber es war nicht die Hemmung des Himmelslichts allein, welche diesen überraschenden Eindruck hervorbrachte. Die Luft zwischen den Bergen und mir war mit schimmerndem Dufte erfüllt und die Beseitigung dieses Glanzes verstärkte das klare Hervortreten des Gebirges ganz beträchtlich.

Am Morgen des 24. August kamen ähnliche Wirkungen zum Vorschein. Um 10 Uhr Vormittags übte der Nicol auf das Aussehen aller drei Berge, Dom, Matterhorn und Weisshorn, einen beträchtlichen Einfluss aus. Da in diesem Falle die Linie, die man vom Auge zum Dom gezogen dachte, genau senkrecht zur Richtung der Sonnenschatten und folglich beinahe senkrecht zu den Sonnenstrahlen war, zeigten sich an diesem Berge die auffallendsten Erscheinungen. Der graue Gipfel des Matterhorns liess sich kaum von dem leuchtenden Dufte ringsum unterscheiden. Doch wenn der Nicol den Duft aufhob, trennte sich der Gipfel vom Uebrigen los und erhob sich in kühner Bestimmtheit. Man muss sich erinnern, dass um diese Wirkungen hervorzubringen, nichts verändert wird als der Himmel hinter, und der leuchtende Duft vor den Gebirgen, dass diese verändert werden, weil das Licht, welches vom Himmel und dem leuchtenden Dufte ausgeht, geradlinig-polarisirtes Licht ist, und weiter, dass das Licht der Schneemassen und Gebirge, welches merklich unpolarisirt ist, nicht direct durch den Nicol berührt wird. Ferner ist zu bedenken, dass der Nebel oder Duft nicht etwa deshalb die Berge unbestimmt macht, weil er als undurchsichtiger Körper davor liegt, sondern dass es das Licht des Nebels ist, welches das

Auge blendet und verwirrt und so die Klarheit der Gegenstände, die hindurch gesehen werden, abschwächt.

Diese Resultate haben einen sehr directen Einfluss auf das, was die Künstler „Luftperspective“ nennen. Wenn wir vom Aletschhorn oder von einem niedrigeren Berge aus auf die in Menge aneinander gereihten Spitzen hinunterblicken, besonders wenn die Gebirge dunkel gefärbt, oder etwa mit Fichten bewachsen sind, so hebt ein dünner blauer Nebel jede Spitze, jeden Grat von den dahinterliegenden Gebirgen ab und macht zugleich die Entfernungsverhältnisse der Gebirge unter einander unverkennbar deutlich. Wenn man diesen Nebel durch den Nicol in senkrechter Richtung zu den Sonnenstrahlen betrachtet, so wird er in den meisten Fällen ganz ausgelöscht, weil das Licht, das er nach dieser Richtung ausgiebt, vollkommen polarisirt ist. Tritt dies ein, so ist die Luftperspective zerstört, und Gebirge, die in sehr verschiedener Entfernung liegen, scheinen sich in derselben senkrechten Ebene zu erheben. So befindet sich zum Beispiel nahe der Bel-Alp die Schlucht des Massa, und jenseits derselben ein hoher, mit dunklen Tannen bewachsener Bergrücken. Man kann diese Anhöhe in der Weise sehen, dass sie sich von den dunklen Abhängen jenseits des Rhonethales abhebt und dass zwischen beiden der blaue Duft lagert, welcher die fernen Gebirge weit zurückwirft. Zu gewissen Stunden des Tages jedoch lässt sich dieser Duft auslöschen, und dann scheint der Berg und die Gebirge jenseits der Rhone in gleicher Entfernung vom Auge zu liegen. Letztere erscheinen dann wie eine unmittelbar ansteigende Fortsetzung des Ersteren. Der Duft wechselt mit der Temperatur und Feuchtigkeit der Atmosphäre. An bestimmten Orten und zu gewissen Zeiten ist er fast so blau wie der Himmel selbst; um seine

Farbe zu sehen, muss man jedoch die Aufmerksamkeit von den Gebirgen und den sie deckenden Bäumen ablenken. Der blaue Duft ist factisch ein Stück mehr oder weniger vollkommenen Himmels; er entsteht in derselben Weise und ist denselben Gesetzen unterworfen, wie das Firmament selbst. Wir leben im Himmel, nicht unter ihm.

Das bereits erwähnte Verhalten der Selenitplatte gab hierzu noch weitere Erläuterung. An manchem sonnigen Augusttag war, von der Bel-Alp aus gesehen, der Duft im Rhonethale sehr stark. Gegen Abend zeigte der Himmel oberhalb des Berges, der meinem Beobachtungsorte gegenüber lag, auf der Platte eine Reihe der glänzendsten bunten Regenbogenringe. Senkte man den Selenit, bis er nicht mehr die Dunkelheit des Raumes, sondern die dunklen Fichten jenseits des Rhonethales als Hintergrund hatte, so nahm die Frische der Farben nicht wesentlich ab. Die Entfernung von mir quer durch das Thal bis zu den Gebirgen gegenüber, in gerader Linie gemessen, mochte neun englische Meilen betragen. Demnach könnte eine Luftmasse von neun Meilen Dicke unter günstigen Umständen fast ebenso lebhaftere Polarisationsfarben geben als der Himmel selbst.

Noch einmal: Das Licht einer Landschaft besteht, wie das der meisten Dinge, aus zwei Theilen; der eine Theil kommt einfach von äusserlicher Reflection, und dieses Licht hat immer dieselbe Farbe wie das, welches auf die Landschaft geworfen wird. Der andere Theil jedoch kommt aus einer gewissen Tiefe im Inneren der Gegenstände, welche die Landschaft bilden, und dieser Theil des gesammten Lichts ist es, der den Gegenständen ihre verschiedenen Farben verleiht. Das weisse Sonnenlicht dringt in alle Gegenstände bis zu einer gewissen Tiefe ein und wird zum Theil durch innere Reflection wieder

hinausgeworfen, indem jede besondere Substanz, den Gesetzen ihres Molecularbaues gemäss, das Licht absorbiert und zurückstrahlt. So wird das Sonnenlicht von der Landschaft gleichsam „geschieden“, und diese erscheint dann in solchen Farben und Farbennüancen, wie sie nach dem Scheidungsprocess noch zu des Beschauers Auge gelangen. Auch kommt uns das frische Grün des Grases oder die dunklere Färbung der Fichte nie rein zu Augen, sondern stets ist ihnen eine gewisse Menge wirklich fremden Lichts beigemischt; das von ihrer Oberfläche reflectirt wird. Den Wäldern und Wiesen giebt dies äusserlich reflectirte Licht einen gewissermaassen harten Glanz. Unter günstigen Umständen lässt es sich aber durch ein Nicol'sches Prisma aufheben, so dass wir die wahre Farbe von Gras und Blättern zu sehen bekommen, und dann zeigen Bäume und Wiesen eine so satte und weiche Färbung wie nie zuvor; solange das äussere Licht sich der wahren inneren Ausstrahlung beimischen durfte. An Fichtennadeln lässt sich diese Wirkung sehr gut beobachten, an grossblättrigen Bäumen noch besser, und ein glitzernes Maisfeld zeigt die allermerkwürdigsten Veränderungen, wenn man es durch einen Nicol betrachtet und diesen dabei dreht.

Gedanken und Fragen, wie die hier berührten, bewogen mich im vorigen August, den Gipfel des Aletschhorns zu besteigen. Die Wirkungen, die wir in dem vorigen Paragraphen beschrieben haben, wiederholten sich fast alle auf dem Gipfel des Gebirges. Ich durchforschte den ganzen Himmel mit meinem Nicol, und sowohl allein, als auch in Verbindung mit der Selenitplatte gebraucht, gab er kund, dass die zu den Sonnenstrahlen senkrechte Richtung die Richtung grösster Polarisation sei. An keinem Theile des Himmels war jedoch die Polarisation voll-

ständig. Der künstliche Himmel, den wir in den oben erwähnten Experimenten hervorbrachten, konnte in dieser Hinsicht vollkommener als der natürliche hergestellt werden. Auch stand das prächtige Blau, welches beim künstlichen Himmel übrig blieb, wenn seine Polarisation nicht mehr vollkommen war, in starkem Widerspruch mit der matten, glanzlosen Färbung, die am Firmament nach dem Erlöschen des stärkeren Lichts zurückblieb; doch lässt sich durch gewisse Substanzen dieser trübe Ton auch künstlich erzielen.

Längs der ganzen Kette vom Matterhorn zum Mont-Blanc hatte der Nicol sehr starke Wirkung auf das Licht des Himmels dicht über den Gebirgen. Die Veränderungen der Lichtstärke waren zuweilen ganz erstaunlich. Der Beschauer wird es nach einiger Uebung leicht finden, den Nicol rasch genug von einer Lage in eine andere zu bringen, so dass das abwechselnde Verlöschen und Wiederaufleuchten des Lichts in einem Augenblicke geschieht. Als ich dies gegenüber der oben erwähnten Gebirgskette vornahm, erinnerte der Wechsel von Licht und Dunkelheit an Wetterleuchten hinter den Gebirgen. Es lag etwas Ehrfurcht gebietendes, ja Schauerliches in der Schnelligkeit, mit der die mächtigen Massen längs jener Linie der Einwirkung des Prisma gehorchten und ihre ganze Erscheinungsweise und die Schärfe ihrer Umrisse danach änderten.

---

XI.

---

STAUB UND KRANKHEIT.

---

Ein Vortrag

gehalten in der Royal Institution am 21. Januar 1870.

---

„Tout miasme contagieux a les propriétés, 1) de reproduire son analogue dans une maladie qu'il a occasionnée; 2) de se répandre et de s'étendre à l'infini, en vertu de ce développement secondaire, c'est-à-dire, aussi longtemps qu'il existe une matière propre à recevoir le miasme, et en à produire un nouveau. Ces deux propriétés lui sont communes avec les germes des animaux et des plantes.“

**Hildebrand.**

## XI.

### Ueber Staub und Krankheit.

---

Wenn Sonnenlicht durch ein dunkles Zimmer geht, so wird seine Bahn an den von demselben beleuchteten, in der Luft schwebenden Staubtheilchen erkennbar. „Die Sonne entdeckt Atome, die bei Kerzenlicht unsichtbar sind und lässt sie enthüllt in ihren Strahlen tanzen“, sagt Daniel Culverwell.

Bei meinen Untersuchungen über Zersetzung der Dämpfe durch Licht war ich genöthigt, diese „Atome“ und diesen Staub zu entfernen. Es war dabei von grösster Wichtigkeit, dass der die Dämpfe enthaltende Raum keinen sichtbaren Gegenstand umfasse, dass keine Substanz, die auch nur im geringsten Grade das Licht hätte zerstreuen können, bei dem Beginn eines Versuches, sich in der von dem leuchtenden Strahl durchlaufenen Experimentirrhöhre befinde.

Lange Zeit beunruhigte mich dabei das Vorhandensein von schwebendem Staub, der, obgleich er bei einfachem Tageslichte unsichtbar war, sofort bei Anwendung eines stark condensirten Strahles zur Erscheinung kam.



Zwei Röhren wurden hinter einander in der Luftbahn aufgestellt: die eine enthielt gestossenes Glas, welches mit concentrirter Schwefelsäure, die andere Marmorstücke, welche mit einer starken Lösung ätzenden Kalis angefeuchtet waren. Zu meinem Erstaunen drang der Staub durch beide hindurch. Wenn man die Luft dieses Raumes langsam genug durch die Röhren leitete, um dieselbe zu trocknen und die Kohlensäure aus ihr zu entfernen, so brachte sie in die Experimentirröhre eine ansehnliche Masse mechanisch suspendirter Materie mit, welche beleuchtet wurde, wenn der Strahl durch die Röhre ging. Die Wirkung war wesentlich dieselbe, wenn man die Luft in Blasen durch die flüssige Säure und durch die Kalilösung aufsteigen liess.

So wurden am 5. October 1868 nach einander mehrere Ladungen von Luft durch das Kali und die Schwefelsäure in die ausgepumpte Experimentirröhre aufgenommen. Die Röhre war optisch leer ehe die Luft eingelassen wurde, und enthielt nichts was fähig sein konnte das Licht zu zerstreuen. Nachdem die Luft in die Röhre eingelassen war, wurde in allen Fällen die kegelförmige Bahn des elektrischen Strahles völlig sichtbar. In der Zeit, von welcher ich hier spreche, war dies täglich zu beobachten.

Ich versuchte auf verschiedene Weise diese schwebende Materie aufzufangen, und an dem eben erwähnten Tage liess ich sie, ehe ich die Luft durch den Trockenapparat leitete, behutsam über die Spitze der Flamme einer Spirituslampe streichen. Die schwebende Materie kam nun nicht mehr zum Vorschein, da sie von der Flamme verbrannt war. Sie war also organischen Ursprungs. Auf dieses Resultat war ich durchaus nicht gefasst, denn

ich hatte mir gedacht der Staub unserer Luft sei zum grossen Theil unorganisch und nicht verbrennbar.

Ich hatte einen kleinen, jetzt vielfach von den Chemikern gebrauchten Ofen gebaut, der eine Platinaröhre enthielt, welche bis zur Rothglühhitze erhitzt werden konnte <sup>1)</sup>. Die Röhre enthielt eine Rolle von Platindrahtgewebe, welches zwar die Luft durchstreichen liess, hingegen den Staub mit dem weissglühenden Metall in nächste Berührung brachte. Nun liess ich die Luft des Laboratoriums in die Experimentirröhre ein, und zwar bald durch die kalte, bald durch die erhitzte Platinaröhre. Auch liess ich die Luft mit verschiedener Geschwindigkeit zutreten. In der ersten Spalte der folgenden Tabelle ist die Menge der Luft, mit welcher gearbeitet wurde, durch die Zahl der Zolle ausgedrückt, um die das Quecksilbermanometer der Luftpumpe fiel, als die Luft hineintrat. In der zweiten Spalte ist der Zustand der Platinaröhre angegeben und in der dritten der Zustand der in der Experimentirröhre befindlichen Luft.

Menge der Luft.	Zustand der Platinaröhre.	Zustand der Experimentirröhre.
15 Zoll . . . . .	Kalt . . . . .	Mit Atomen angefüllt.
15 Zoll . . . . .	Glühend . . . . .	Optisch leer.

Der Ausdruck „optisch leer“ zeigt uns an, dass wo die Bedingungen für völliges Verbrennen vorlagen, die schwebende Materie ganz und gar verschwand. Sie war vollständig verbrannt und hinterliess keinen wahrnehmbaren Rückstand. Das Experiment wurde oftmals und stets mit demselben Erfolg wiederholt.

Da ich auf diese Weise nachgewiesen hatte, dass alle sichtbaren in der Luft der Wohnräume Londons

---

<sup>1)</sup> Pasteur ist, glaube ich, der Erste, der eine solche Röhre in Anwendung gebracht hat.

schwebenden Atome organischen Ursprungs seien<sup>1)</sup>, so versuchte ich es dieselben im Brennpunkt eines Hohlspiegels zu verbrennen. Hierzu benutzte ich einen der mächtigen Hohlspiegel, die ich bei meinen Experimenten über die Verbrennung durch dunkle Strahlen angewandt hatte; aber der Versuch schlug fehl. Ohne Zweifel sind die schwebenden Theilchen für strahlende Wärme theilweise durchsichtig und insofern durch diese Hitze nicht verbrennbar. Ihre rasche Bewegung über den Brennpunkt hinweg trägt gleichfalls dazu bei, dass sie dem Untergang entgehen. Sie halten sich dort nicht lange genug auf, um verzehrt zu werden. Eine Flamme musste sie verzehren können, aber ich hatte anfänglich gemeint, die Anwesenheit der Flamme würde ihre eigene Wirkung auf die Atome nicht zum Vorschein kommen lassen.

In einen cylinderförmigen Strahl, der den Staub des Laboratoriums stark beleuchtete, wurde eine angezündete Spirituslampe aufgestellt. Um den Rand der Flamme und sich mit dieser vermischend, beobachtete man merkwürdige, dunkle, sich kräuselnde Linien, die einem intensiv

---

<sup>1)</sup> Nach einer mir durch Dr. Percy freundlichst übermittelten Analyse enthielt der von den Wänden des „British Museums“ gesammelte Staub stark 50 Proc. unorganischer Substanz. Ich setze volles Vertrauen in die Beobachtungen dieses hervorragenden Chemikers; sie beweisen, dass der schwebende Staub in unseren Zimmern wie durch ein Sieb von der schwereren Substanz getrennt wird. Als direct auf diesen Punkt bezüglich kann folgende Stelle von Pasteur angeführt werden: — „Mais ici se présente une remarque: la poussière que l'on trouve à la surface de tous les corps est soumise constamment à des courants d'air; qui doivent soulever ses particules les plus légères, au nombre desquelles se trouvent, sans doute, de préférence les corpuscules organisés, oeufs ou spores, moins lourds généralement que les particules minérales. —“

schwarzen Rauche gleichen. Senkte man die Flamme unter den Strahl, so wirbelten dieselben dunklen Massen in die Höhe. Sie waren zeitweise schwärzer als der schwärzeste Rauch, der jemals dem Schornstein eines Dampfschiffes entstiegen ist, und sahen gewöhnlichem Rauch so vollkommen ähnlich, dass der geübteste Beobachter geschlossen haben würde, die scheinbar reine Flamme der Alkohollampe bedürfe nur eines Strahles von gehöriger Intensität, um ihre Wolken freigewordenen Kohlenstoffes zu verrathen.

War diese Schwärze wirklich Rauch? Diese Frage drängte sich sofort auf. Um sie zu beantworten, wurde ein rothglühendes Schüreisen unter den Strahl gestellt, und auch diesem entstiegen schwarze gewellte Streifen. Dann wurde eine grosse Wasserstofflampe in Anwendung gebracht, welche jene wirbelnden, schwarzen Massen in noch grösserer Fülle als die Spirituslampe oder das Schüreisen hervorrief. Rauch konnte es somit nicht sein.

Was war aber diese Schwärze? Sie war einfach die Dunkelheit des Sternerraumes, d. h. eine Dunkelheit, die daher rührt, dass auf der Bahn des Strahles keine Substanz vorhanden ist, die im Stande wäre, das Licht desselben zu zerstreuen. Als die Flamme unter den Strahl gestellt war, wurde die schwebende Substanz an Ort und Stelle zerstört, und die nun von dieser Materie befreite Luft stieg in den Strahl hinauf, drängte die beleuchteten Theilchen fort und setzte an die Stelle von deren Lichte die ihr eigene vollkommene Dunkelheit. Nichts konnte einen schlagenderen Beweis für die Unsichtbarkeit des Agens liefern, vermittelt dessen alle Dinge sichtbar werden. Der Strahl strich nämlich ungesehen über den schwarzen, von der durchsichtigen Luft gebildeten Spalt hinweg, während zu beiden Seiten desselben die dicht vertheil-

ten Staubtheilchen unter der starken Beleuchtung wie ein lichter zusammenhängender Körper zum Vorschein kamen.

Aber hier stossen wir auf eine bedeutende Schwierigkeit. Es ist nämlich nicht nöthig die Atome zu verbrennen, um die dunkle Strömung hervorzurufen. Ohne eigentliches Verbrennen können Ströme erzeugt werden, welche die schwebende Materie ausschliessen, und daher inmitten der sie umgebenden Helle dunkel erscheinen. Ich bemerkte diese Wirkung zuerst, als ich eine rothglühende kupferne Kugel unter den Strahl setzte und sie da liess, bis ihre Temperatur niedriger als 80° R. geworden war. Obgleich in sehr geschwächtem Maasse, treten die dunkeln Ströme doch noch hervor. Auch vermittels einer mit heissem Wasser angefüllten Flasche kann man solche Ströme erzeugen.

Um diese Wirkung genau zu beobachten, wurde quer durch den Strahl ein Platinadraht gespannt, dessen beide Enden mit den beiden Polen einer Voltaschen Batterie verbunden waren. Um die Stärke des Stroms zu reguliren, wurde ein Rheostat in den Kreislauf aufgestellt. Indem man mit einem schwachen Strom anfang, wurde allmählig die Temperatur des Drahtes erhöht, aber ehe derselbe die Glühhitze erreichte, erhob sich ein flacher Luftstrom, der, seitwärts besehen, dunkler und schärfer erschien, als eine der dunkelsten Fraunhofer'schen Linien im Sonnenspectrum. Rechts und links von diesem dunkeln senkrechten Streifen strömte die schwebende Materie aufwärts, indem sie auf's Bestimmteste den nicht leuchtenden Luftstrom begrenzte. Wie lässt sich dies erklären? Einfach so: der heisse Draht verdünnt die mit ihm in Berührung stehende Luft, ohne zugleich die schwebende Materie leichter zu machen. Der zusammenlaufende Strom der reinen Luft stieg daher nach oben zwischen den trägen

Theilchen, die er rechts und links mit sich fortzog, zugleich aber auch durch eine für sie undurchdringliche schwarze Scheidewand trennte. Dieser elementare Versuch setzt uns in den Stand, die dunkeln Ströme zu erklären, die durch Körper hervorgebracht werden, welche nicht bis zur Verbrennung erwärmt sind.

Wenn der Draht weissglühend ist, so steigt von ihm ein intensiv dunkler Streifen auf. Dies rührt, wie ich behauptete, von der Zerstörung der schwebenden Materie her. Aber selbst, wenn die Temperatur die des kochenden Wassers nicht übersteigt, erzeugt der Draht einen dunkeln, aufsteigenden Strom. Dies ist, meiner Meinung nach, der Vertheilung der schwebenden Masse zuzuschreiben. Man denke sich den Draht von der mit Stäubchen erfüllten Luft umringt. Nun meine ich, dass derselbe die Luft erhitzt und sie verdünnt, ohne in demselben Grade die schwebende Masse leichter zu machen. Es entsteht demnach die Neigung in einem Strom reiner Luft in der Staubluft aufzusteigen. Man stelle sich die Bewegung der Luft rings um den Draht vor. Betrachten wir ihren Querschnitt, so werden wir am unteren Ende des Drahtes die Luft sich nach links und rechts in zwei Zweigströmen wenden sehen, an beiden Seiten aufsteigend und wieder umkehrend, um die theilweise Leere, die über dem Draht entstanden ist, auszufüllen. Da nun jeder neue Zufluss der mit Stäubchen erfüllten Luft mit dem heissen Draht in Berührung kommt, so bricht sich die reine Luft, wie schon erwähnt, zuerst durch die trägen Staubtheilchen Bahn. Sie werden nachgezogen, aber ein Streifen gereinigter Luft befindet sich vor denselben. Die zwei mit reiner Luft erfüllten Streifen der beiden Zweigströme, vereinigen sich oberhalb des Drahtes, und indem sie die ihnen früher angehörenden Staubtheilchen nach rechts und links liegen

lassen, bilden sie durch ihre Vereinigung den dunkeln Streifen, der in dem Experiment beobachtet wurde. Dieser Process erneuert sich fortdauernd. Sobald die mit Staubtheilchen erfüllte Luft den Draht berührt, findet diese Vertheilung statt, und ein bleibender dunkler Streif wird erzeugt. Könnten die Luft und die Atome, welche sich unter dem Draht befinden, durch die Masse desselben hindurchgehen, so würde ein senkrechter Strom von Atomen, aber kein dunkler Streifen entstehen. Denn, obgleich in diesem Fall die Staubtheilchen beim Beginn der Bewegung zurückbleiben würden, würden sie bald dem aufsteigenden Strome lebhaft folgen, und so die Dunkelheit aufheben.

Wir haben gesagt, dass wenn der Platinadraht intensiv erhitzt wird, die schwebende Materie nicht nur vertheilt, sondern zerstört wird. Beweisen wir dies. Ich spannte einen ungefähr 4 Zoll langen Draht durch die Luft einer gewöhnlichen Glasglocke, die auf ihrem Gestell ruhte. Ihr unterer Rand ruhte auf Baumwolle, die auch den Rand umgab. Der Draht wurde mittelst eines elektrischen Stromes weissglühend gemacht. Die Luft dehnte sich aus und ein Theil derselben wurde durch die Baumwolle nach Aussen getrieben, während, wenn der Strom unterbrochen wurde und die Luft innerhalb der Glocke sich abkühlte, die ausgetriebene Luft bei ihrer Rückkehr die Staubtheilchen nicht mehr mit sich führte. Beim Beginn des Experiments war die Glocke mit schwebender Substanz erfüllt; nach einer halben Stunde war sie optisch leer.

Ein zweiter Versuch wurde in folgender Weise angeordnet: auf dem hölzernen Postament eines würfelförmigen Glaskastens von  $11\frac{1}{2}$  Zoll Seitenlänge, wurden aufrechtstehende Stützen befestigt, und von einer Stütze zur anderen 38 Zoll Platinadraht in 4 Parallellinien gespannt.

Die Enden des Platinadrahts wurden an zwei starke Kupferdrähte angelöthet, die durch den Fuss des Behälters gingen und mit einer Batterie verbunden werden konnten. Wie beim letzten Experiment ruhte der Behälter auf Baumwolle. Ein Strahl, den man durch denselben leitete, zeigte die schwebende Masse. Der Platinadraht wurde zum Weissglühen gebracht. Nach fünf Minuten war eine merkbare Abnahme der Masse eingetreten, nach zehn Minuten war sie völlig verzehrt. Dies beweist, dass wenn der Platinadraht genügend erhitzt ist, die schwebende Materie, statt sich zu vertheilen, zerstört wird.

Aber lässt die Beschaffenheit der Masse in der That keine Zerstörung zu, wenn der Platinadraht nur mässig erhitzt ist? Darauf ist Folgendes zu erwidern: —

1. Eine Platinaröhre mit einem Stöpsel von Platindrahtgewebe wurde mit einer Experimentirröhre verbunden, durch welche ein starker Strahl von einer an einem Ende der Experimentirröhre befindlichen elektrischen Lampe geleitet werden konnte. Die Platinaröhre wurde erhitzt, bis sie schwach aber deutlich im Dunkeln glühte. Die Experimentirröhre wurde ausgepumpt, und dann mit Luft angefüllt, die durch die glühende Röhre geleitet worden war. Eine ansehnliche Quantität der schwebenden Masse, die dem Verbrennen entgangen war, kam durch den elektrischen Strahl zum Vorschein.

2. Die Röhre wurde zu stärkeren Glühen gebracht und die Luft langsam hindurch geleitet. Obwohl an Quantität vermindert, ging doch ein Theil der schwebenden Masse in die ausgepumpte Experimentirröhre über.

3. Die Platinaröhre wurde noch stärker erhitzt; jetzt ging die schwebende Masse in kaum wahrnehmbaren Spuren durch.

4. Das Experiment wurde wiederholt, aber mit dem



Unterschiede, dass die Luft langsam durch die glühende Röhre geleitet wurde. Hierdurch wurde die schwebende Masse völlig zerstört.

5. Nun wurde die Temperatur der Platinaröhre erniedrigt bis zum eben noch sichtbaren Rothglühen. Die Luft, welche noch langsamer hindurchgeleitet wurde als im letzten Experiment, zog eine Wolke von schwebender Masse mit sich fort.

Wenn also die schwebende Masse durch starkes Rothglühen zerstört wird, muss sie unfehlbar durch eine Flamme zerstört werden, deren Temperatur erheblich höher ist, als irgend eine hier angewandte, und also ist die Dunkelheit, welche in einem leuchtenden Strahl vermöge einer darunter stehenden Lampe erzeugt wird, wie schon erwähnt, der Zerstörung der schwebenden Masse zuzuschreiben. Die Platinaröhre liess aber bei schwacher Rothglühhitze und noch mehr beim schwächsten Grade derselben, die Staubtheilchen ungehindert durchgehen. Im letzteren Fall belief sich die Temperatur auf 800° oder 900° Fahrenheit, und war nicht im Stande, die schwebende Materie zu zerstören, und noch viel weniger konnte ein bis auf 212° erhitzter Platinadraht dieses leisten. Solch ein Draht kann die Substanz nur vertheilen, jedoch nicht zerstören.

Der schwebende Staub wird durch eine intensive örtliche Beleuchtung sichtbar. Man sieht ihn im Gegensatz zu dem anstossenden beleuchteten Raume; je glänzender die Beleuchtung, desto bemerkbarer ist der Unterschied. Nun ist der in den vorhergehenden Experimenten angewandte Strahl nicht durch seinen ganzen Querschnitt hindurch von gleicher Helle. Wenn man mit einer weissen Ruthe oder einem elfenbeinernen Falzbein schnell quer durch den Strahl fährt, so wird der Eindruck seines Durch-

schnitts auf der Netzhaut verweilen. Der Durchschnitt scheint einen Augenblick wie ein leuchtender Kreis in der Luft zu schweben, und zwar ist sein Rand viel heller als sein Mittelpunkt. Der Kern des Strahles erscheint also von einer intensiv beleuchteten Scheide eingeschlossen. Eine ergänzende Wirkung wird beobachtet, wenn der Strahl von dem dunkeln Streifen des Platinadrahts durchgeschnitten wird. Je glänzender die Beleuchtung, desto grösser muss die relative Dunkelheit sein, welche auf die Entziehung des Lichts folgt. Daher wird der dunkle Streifen von dem Querdurchschnitt der Scheide wie von einem dunkleren Ring umgeben.

Wenn man Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Kohlensäure so zubereitet, dass sie alle schwebenden Atome ausschliessen, so erzeugen jene Stoffe, wenn sie in den Strahl gegossen oder geblasen werden, die gleiche Dunkelheit. Leuchtgas thut dasselbe. Eine gewöhnliche, mit der Oeffnung nach unten in die Luft gestellte Glasglocke lässt die Bahn des Strahls bei seinem Durchgang durch das Glas deutlich erkennen. Leitet man mittelst einer Röhre, die bis an den obersten Theil der Glocke reicht, Leuchtgas oder Wasserstoff in dieselbe, so wird sie allmählig vom Gas von oben nach unten angefüllt. Die leuchtende Bahn verschwindet sofort, sobald das Gas den Raum einnimmt, durch welchen der Strahl hinläuft. Hebt man die Glocke in der Weise, dass die gewöhnliche Grenze des Gases und der Luft sich über dem Strahl befindet, so leuchtet seine Bahn wieder auf. Kehrt man die Glocke um, nachdem sie gefüllt ist, dann steigt das Gas wie ein schwarzer Rauch unter den beleuchteten Theilchen in die Höhe.

Die Luft unserer Zimmer in London ist mit diesem organischen Staub angefüllt und selbst die Landluft ist

von demselben nicht frei. Während er bei gewöhnlichem Tageslicht unsichtbar bleibt, lässt ein hinreichend starker Sonnenstrahl diesen in der Luft schwebenden Staub fast wie einen halb festen Körper erscheinen. Niemand könnte im ersten Augenblick ohne Widerwillen seinen Mund dem erleuchteten Brennpunkt des elektrischen Strahles nähern und den dort sichtbaren, dick angehäuften Staub einathmen. Und die Betrachtung, dass, obgleich wir die schwebenden Theilchen nicht sehen, wir sie doch jede Stunde und jede Minute unseres Lebens in unseren Lungen aufnehmen, trägt auch nicht dazu bei, diesen Widerwillen aufzuheben.

#### Die Keimtheorie der ansteckenden Krankheiten.

Wir können uns der Berührung mit der in der Luft schwebenden Masse nicht entziehen. Wunderbar bleibt, nicht, dass wir hin und wieder von derselben zu leiden haben, sondern nur, dass ein so kleiner Theil davon, der noch dazu nur in seltenen Fällen über weite Flächen verbreitet ist, für den Menschen tödtlich zu werden scheint. Welcher Theil derselben ist dies nun? Vor einiger Zeit herrschte der allgemeine Glaube, dass epidemische Krankheiten sich gewöhnlich durch eine Art von Malaria fortpflanzen, welche aus organischer im Zustand der Zersetzung begriffener Masse bestehen sollte. Man nahm an, dass, wenn solche Stoffe durch die Lungen, die Haut oder den Magen in dem Körper aufgenommen wurden, sie diesem den Zersetzungsprocess, dem sie selbst unterlagén, mittheilen konnten. Eine derartige Kraft waltet sichtlich bei der Hefe. Ein wenig Sauerteig genügt, um den ganzen Teig zu durchsäuren; ein kleinstes Theilchen der Substanz, bei der

man einen Zustand der Zersetzung annahm, war offenbar im Stande, seinen eigenen Verwesungsprocess in's Unendliche fortzusetzen. Warum sollte nicht eine Spurfaulender Malaria in ähnlicher Weise innerhalb des menschlichen Organismus wirken? Im Jahre 1836 wurde diese Frage auf sehr wunderbare Weise gelöst, indem von Cagniard de la Tour die Hefenpflanze entdeckt wurde, ein lebender Organismus, der, in das geeignete Medium gesetzt, sich ernährt, wächst und sich selbst reproducirt und in dieser Weise den Process, welchen wir Gährung nennen, vollzieht. Durch diese frappante Entdeckung wurde der Gährungsprocess mit dem organischen Wachsthum in Verbindung gebracht.

Unabhängig hiervon entdeckte Schwann aus Berlin ungefähr um dieselbe Zeit die Hefenpflanze, und im Februar 1837 theilte er das wichtige Ergebniss mit, dass, wenn man eine Fleischabkochung gehörig vor der gewöhnlichen Luft schützt und ihr nur ausgeglühte Luft zuführt, sich niemals Fäulniss einstellt. Er behauptete daher, dass die Fäulniss durch etwas, das aus der Luft stammt, erzeugt wird und dass dieses Etwas durch eine hinreichend hohe Temperatur zerstört werden könne. Die Ergebnisse von Schwann wurden unabhängig von ihm durch Versuche von Helmholtz, Ure und Pasteur bestätigt und auch andere von Schultze, Schroeder und Dusch verfolgte Methoden führten zum selben Resultate. Aber in Bezug auf die Gährung kamen die Chemiker, wahrscheinlich unter dem Einfluss von Gay-Lussacs grosser Autorität, auf die alte Vorstellung von einer in Verwesung begriffenen Substanz zurück. Nach derselben war es nicht die lebende Hefenpflanze, sondern die toden oder absterbenden Theile derselben, die, durch den Sauerstoff angegriffen, die Gährung hervorbrachten. Diese Idee

wurde schliesslich von Pasteur umgestossen. Er bewies, dass die sogenannten „Gährungsstoffe“ dies gar nicht sind, dass die wirklichen Gährungsstoffe organische Wesen sind, welche in den bisher dafür gehaltenen Substanzen die ihnen nöthige Nahrung finden.

Neben diesen Forschungen und Entdeckungen, durch sie und andere ähnliche bestärkt, hat sich die „Keimtheorie“ der epidemischen Krankheiten entwickelt. Die Idee, dass epidemische Krankheiten von Keimen herrühren, die in der Atmosphäre schweben, in den Körper eindringen und durch die Entwicklung parasitischen Lebens in demselben Störungen erzeugen, wurde zuerst von Kircher ausgesprochen und von Linnäus begünstigt. Diese Theorie fand, während sie noch gegen grosse Schwierigkeiten anzukämpfen hatte, weitere Ausführung und Vertheidigung bei dem Präsidenten der Royal Institution, Sir Henry Holland. Er vertheidigte zu einer Zeit, da die meisten seiner Collegen diese Theorie als blossë Chimäre ansahen, die Ansicht, dass die Keimtheorie in der einen oder andern Form wahr sei. Die Stärke derselben besteht in der vollkommenen Parallele der Erscheinungen ansteckender Krankheiten mit denen des Lebens. Wie aus einer Eichel eine Eiche hervorgeht, welche im Stande ist eine ganze Menge von Eicheln zu erzeugen, von denen jede wiederum die Fähigkeit besitzt, ihren Mutterbaum zu reproduciren; und wie in dieser Weise aus einem einzigen Setzling ein ganzer Wald hervorgehen kann, so wird behauptet, säen diese epidemischen Krankheiten buchstäblich ihren Samen aus, lassen neue Keime entstehen und streuen sie aus, welche, indem sie im menschlichen Körper die für sie passende Nahrung und Temperatur finden, sich schliesslich ganzer Bevölkerungen bemächtigen. Meines Wissens giebt es nichts in der reinen

Chemie, das der Kraft der Selbstvermehrung gleicht, wie sie der Materie eigen ist, welche epidemische Krankheiten erzeugt. Wenn man Weizen säet, so bekommt man nicht Gerste, wenn man Pocken säet, so bekommt man nicht Scharlachfieber, sondern Pocken in's Unendliche vermehrt, und nichts Anderes. Die Substanz einer jeden ansteckenden Krankheit erzeugt sich selbst wieder mit einer Gesetzmässigkeit, als wäre sie (wie Miss Nightingale sich ausdrückt) ein Hund oder eine Katze.

#### Schmarotzer-Krankheiten der Seidenwürmer. Untersuchungen von Pasteur.

Es wird allerseits zugegeben, dass einige Krankheiten das Erzeugniss parasitischen Wachstums sind. Sowohl beim Menschen, als auch bei niedrigeren Geschöpfen, hat man das Vorhandensein solcher Krankheiten nachgewiesen. Ich bin im Stande, Ihnen einen Bericht über eine epidemische Krankheit dieser Art vorzulegen, die auf's Gründlichste von M. Pasteur untersucht und auf's Erfolgreichste von ihm bekämpft worden ist. Fünfzehn Jahre lang hatte eine Seuche unter den Seidenwürmern in Frankreich geherrscht. Die Raupen waren erkrankt und in Massen gestorben, während diejenigen, welchen es gelang, ihre Cocons zu spinnen, nur einen Bruchtheil der normalen Quantität Seide lieferten. Im Jahre 1853 ergab der Seidenbau in Frankreich ein Einkommen von hundert und dreissig Millionen Francs. Während der zwanzig vorausgegangenen Jahre hatten sich die Einkünfte verdoppelt gehabt und die künftige Zunahme derselben unterlag keinem Zweifel. Das Gewicht der im Jahre 1853 erzeugten Cocons betrug 26 Millionen Kilogramm; 1865 war es auf 4 Millionen

herabgesunken, so dass dieses Sinken in dem einen zuletzt erwähnten Jahr einen Verlust von 100 Millionen Francs bedingte.

Die von diesem Unglück hauptsächlich betroffene Gegend war zufälliger Weise die Heimath des berühmten Chemikers Dumas, jetzt ständiger Secretär der französischen Akademie der Wissenschaften. Er wandte sich an seinen Freund, Collegen und Schüler Pasteur, und ersuchte diesen so inständig, sich mit der Untersuchung der Krankheit zu befassen, dass unter den vorliegenden Verhältnissen das Anliegen fast zu einem persönlichen wurde. Pasteur hatte bis dahin nie einen Seidenwurm gesehen und in der Antwort an seinen Freund legte er grosses Gewicht auf seine Unerfahrenheit in der Sache. Aber Dumas kannte die zu einer derartigen Arbeit erforderlichen Eigenschaften zu gut, als dass er Pasteur's ablehnende Gründe hätte gelten lassen. „Jemets“, sagte er, „un prix extrême à voir votre attention fixée sur la question, qui intéresse mon pauvre pays; la misère surpassa tout ce que vous pouvez imaginer.“

Ein förmlicher Regen von Flugschriften über die Seuche war über das Publikum ergossen worden; nur hier und da wurde die Einförmigkeit dieser Maculatur durch das Erscheinen einer mehr oder weniger nützlichen Schrift unterbrochen. Im Jahre 1860 schrieb M. Cornalia: Die Pharmacopöe des Seidenwurms ist jetzt eben so verwickelt, wie die des Menschen. Gase, Flüssigkeiten und feste Körper haben ihren Beitrag liefern müssen. Vom Chlor bis zur unterschwefligen Säure, von der Salpetersäure bis zum Rum, vom Zucker bis zum schwefelsauren Chinin, Alles hat für dieses unglückliche Insect herhalten müssen.“

Mit bereitwilligem Vertrauen begrüsst die rathlosen Seidenzüchter jedes neue Mittel, wenn man es ihnen nur

mit gehöriger Dreistigkeit anpries. Es schien fast unmöglich, das blinde Vertrauen, das sie in ihre blinden Führer setzten, zu erschüttern. Im Jahre 1863 unterzeichnete der französische Minister der Landwirthschaft eigenhändig einen Contract, der auf Zahlung von 500,000 Francs lautete, für ein Mittel, welches seine Urheber für unfehlbar erklärten. Es wurde in 12 verschiedenen Departements von Frankreich versucht und erwies sich als völlig unbrauchbar. In keinem einzigen Falle war es wirksam. Unter diesen Umständen gab M. Pasteur den Bitten seines Freundes nach und begab sich Anfang Juni 1865 nach Alais. Das wichtigste Departement für den Seidenbau in Frankreich war es gleichzeitig dasjenige, das am traurigsten durch die Epidemie heimgesucht worden war.

Früher war der Seidenwurm von der „Muscardine“ befallen worden, einer Krankheit, von der Bassi nachgewiesen, dass sie von einer Schmarotzerpflanze herührt. Obgleich diese Krankheit nicht erblich war, so wurde sie doch jährlich durch die parasitischen Keime fortgepflanzt, welche durch die Winde weitergetragen oft die Krankheit an Orten säete, die von dem Mittelpunkt der Ansteckung weit entfernt waren. Die „Muscardine“ soll jetzt sehr selten auftreten, aber im Laufe der letzten fünfzehn oder zwanzig Jahre hat sich an ihrer Stelle die neue, noch tödtlichere Krankheit eingestellt.

Ein häufiges, äusseres Zeichen dieser neuen Krankheit sind die schwarzen Flecken, welche die Seidenraupen bedecken, daher der Name „Pébrine“, der zuerst von M. de Quatrefages auf diese Krankheit angewendet und dann von Pasteur aufgenommen worden ist. Die Pébrine zeigt sich an dem gehemmten und ungleichmässigen Wachsthum der Raupen, an der Trägheit ihrer Bewegun-



gen, an ihrer Appetitlosigkeit und an ihrem frühzeitigen Tode. Die Spur, welche zur Entdeckung der Ursache führte, war folgende: Im Jahre 1849 bemerkte Guerin Méneville im Blut der Seidenraupen vibrirende Körperchen, bei denen er ein selbstständiges Leben voraussetzte. Filippi überführte ihn des Irrthums und bewies, dass die Bewegung der Körperchen die wohlbekannte Brown'sche Bewegung sei. Aber Filippi beging selbst den Irrthum, anzunehmen, dass diese Körperchen dem normalen Leben des Insektes angehörten. Thatsächlich sind sie die Ursache seines Todes — die eigentliche Krankheit selbst. Dies wurde von Cornalia vortrefflich auseinandergesetzt, während Lebert und Frey später die Körperchen nicht nur im Blut, sondern in allen Geweben des Insektes fanden. 1857 entdeckte Osimo dieselben in den Eiern, und auf diese Beobachtung gründete Vittadami 1859 ein praktisches Verfahren, vermittelt dessen man die gesunden von den kranken Eiern sollte unterscheiden können. Die Probe erwies sich oft als trüglich und ist nie in ausgedehntem Maassstabe angewendet worden.

Diese Körperchen bemächtigen sich des Darmkanals und verbreiten sich von hier durch den ganzen Körper der Raupe. Sie erfüllen die Seidenhöhlen, und das von diesem Uebel befallene Insekt macht oft die Bewegungen des Spinnens, während es ihm an dem dazu nöthigen Material gebricht. Statt, dass seine Organe mit der durchsichtigen, klebrigen Flüssigkeit der Seide erfüllt sind, werden dieselben durch die in ihnen angehäuften Körperchen aufgetrieben. Pasteur richtete seine ganze Aufmerksamkeit auf dieses Merkmal der Seuche. Der Kreislauf, den das Leben des Seidenwurms beschreibt, ist in Kürze folgender: — Aus dem fruchtbaren Ei geht die

kleine Raupe hervor, welche wächst und sich häutet. Der Process des Häutens wiederholt sich im Leben des Insekts zwei oder dreimal, nach gewissen Zeitabschnitten. Nach der letzten Häutung kriecht die Raupe auf die für sie bereitgehaltenen Brombeerstauden und spinnt auf denselben ihre Cocons. So geht sie in den Zustand der Verpuppung über; aus der Puppe kommt der Nachtfalter und dieser legt Eier, welche den Ausgangspunkt eines neuen Kreislaufes bilden. Pasteur bewies nun, dass die Körperchen der Seuche ihren Anfang im Ei nehmen, und sich doch der Entdeckung entziehen können; dass sie auch als Keime in der Raupe liegen und doch der mikroskopischen Untersuchung Trotz bieten können, Mit dem Wachsthum der Raupe wachsen auch die Körperchen und werden grösser und bestimmter. In der vorgeschrittenen Puppe sind sie schon besser wahrnehmbar als in der Raupe, während im Nachtfalter, der von einem irgend wie erkrankten Ei oder Raupe herrührt, die Körperchen unfehlbar auftreten, und ganz ohne Schwierigkeit entdeckt werden können. Dies war das erste grosse Ergebniss, das von Pasteur im Jahre 1865 festgestellt wurde. Die italienischen Naturforscher hatten bisher, wie schon vorhin gesagt, eine Untersuchung der Eier empfohlen, bevor man sich an das Brüten derselben wage. Pasteur bewies, dass sowohl die Eier als die Raupen von der Krankheit befallen sein und dennoch für gesund gehalten werden konnten; die Zucht solcher Eier und Raupen musste nothwendig Unglück nach sich ziehen. Er machte daher bei seinem Bestreben, die Race zu erneuern, den Schmetterling zum Ausgangspunkt.

Im September 1865 machte Pasteur der Akademie der Wissenschaften seine erste Mittheilung über diesen Gegenstand. Eine stürmische Kritik erhob sich sofort.

In der That, hier trat ein Chemiker auf, der vorschnell sein eigenes Fach aufgab und sich erdreistete, Aerzten und Physiologen Vorschriften über einen Gegenstand zu geben, den zu beurtheilen ihnen doch vorzugsweise zukam. „On trouva étrange que je fusse si peu au courant de la question, on m’opposa des travaux qui avaient paru depuis longtemps en Italie, dont les résultats montraient l’inutilité de mes efforts, et l’impossibilité d’arriver à un résultat pratique dans la direction où je m’étais engagé. Que mon ignorance fût grande au sujet des recherches sans nombre qui avaient paru depuis quinze années.“ Unbeirrt durch dieses Gerede setzte Pasteur seine Arbeit fort. Bei der Wahl der zum Brüten bestimmten Eier pflegten die Seidenzüchter diejenigen auszusuchen, die den besten Jahresernten angehörten. Sie konnten daher das häufige und oft völlige Fehlschlagen ihrer auserlesenen Eier nicht begreifen, denn sie wussten es nicht und konnten es auch vor Pasteur’s Untersuchungen nicht wissen, dass die schönsten Cocons dem Verderben verfallene Schmetterlinge in sich bergen können. Indessen war es nicht leicht, die Seidenbauer dazu zu bewegen, sich einer neuen Führung anzuvertrauen. Um nun ihre Einbildungskraft anzuregen und wo möglich ihr praktisches Verfahren zu bestimmen, verfiel Pasteur auf das Hilfsmittel der Prophezeiung. Im Jahre 1866 besichtigte er in St. Hippolyte-du-Fort vierzehn verschiedene Eierpackete, die für das Ausbrüten bestimmt waren. Nachdem er eine hinreichende Anzahl der Schmetterlinge, von welchen diese Eier stammten, untersucht hatte, sagte er schriftlich voraus, was sich im Jahre 1867 zutragen würde, und übergab diese Prophezeiung in einem versiegelten Briefe dem Maire von St. Hippolyte.

Im Jahre 1867 theilten die Seidenbauer dem Maire

ihre Resultate mit. Nun wurde der Brief Pasteur's geöffnet und gelesen und es fand sich, dass zwölf Mal unter vierzehn Fällen die beobachteten Thatsachen auf das Genaueste mit seiner Prophezeiung übereinstimmten. Eine grosse Zahl der Eierbündel war vollständig, die Uebrigen beinahe vollständig zu Grunde gegangen, wie es Pasteur vorhergesagt hatte. Nur in zwei Fällen erhielt man, trotz der vorausgesagten Zerstörung, die Hälfte einer Durchschnittsernte. Sämmtliche Eierbündel hatten jedoch bei ihren Besitzern für völlig gesund gegolten. Man hatte die Eier in der bestimmten Hoffnung, dass die auf sie verwandte Arbeit sich lohnen würde, sorgfältig gepflegt und ausgebrütet gehabt. Wären dagegen im Jahre 1866 nur wenige Minuten auf die Untersuchung der Schmetterlinge verwendet worden, so hätte man sich die Arbeit erspart und die Enttäuschung verhütet. Um dieselbe Zeit wurden Pasteur noch zwei andere Päckchen Eier übergeben. Er erklärte sie für gesund und dieselben lieferten eine ausgezeichnete Ernte und bestätigten somit seine Behauptungen. Andere und wegen ihrer Ausführlichkeit noch merkwürdigere Prophezeiungen sind in Pasteur's Werk berichtet.

Pasteur unterwarf die Entwicklung der Körperchen einer genauen Untersuchung. Mit einer bewundernswerthen Gewandtheit und umfassenden Gründlichkeit untersuchte er die verschiedenen Arten der Fortpflanzung der Seuche. Er erhielt vollständig gesunde Raupen von Schmetterlingen, die von den Körperchen völlig frei waren, und indem er bald 10, bald 20, 30 oder 50 von den Raupen auswählte, inficirte er sie mit Stoffen, welche Krankheitskörperchen enthielten. Zunächst mischte er diese Letzteren unter die Nahrung der Raupen. Hier ein Beispiel unter vielen:

Er zerrieb eine mit Körperchen erfüllte Raupe in Wasser und strich diese Mischung über die Maulbeerblätter. Nachdem er sich versichert hatte, dass die Blätter gefressen worden waren, beobachtete er die Folgen davon von einem Tag zum anderen. Neben den angesteckten Raupen zog er andere gesunde auf, die er möglichst vor Ansteckung bewahrte. Diese Letzteren bildete er zu seinem „lot témoin“, d. h. zu seinem Ausgangspunkt für die Vergleichung aus. Am 16. April 1868 inficirte er dreissig Raupen auf die erwähnte Weise. Bis zum 23. des Monats blieben sie ganz gesund. Am 25. waren sie es noch anscheinend, an diesem Tage fand man jedoch schon Körperchen in den Eingeweiden zweier Raupen. Zuerst bilden sich dieselben in den Häuten der Eingeweide. Am 27. April, also elf Tage nachdem das vergiftete Futter verabfolgt worden war, untersuchte er zwei andere Raupen, und fand in beiden Fällen nicht nur den Darmkanal angegriffen, sondern auch das Seidenorgan mit Körperchen angefüllt. Am 28sten waren die übrigen 26 Raupen mit den schwarzen Flecken der Pébrine bedeckt. Am 30sten war der Unterschied in der Grösse der angesteckten und nicht angesteckten Raupen sehr auffallend; die kranken waren  $\frac{1}{3}$  kleiner als die gesunden. Am 2ten Mai wurde eine Raupe, die sich eben zum vierten Mal gehäutet hatte, untersucht. Ihr ganzer Organismus war derartig mit Körperchen angefüllt, dass man kaum begriff, wie sie überhaupt weiter leben konnte. Die Krankheit nahm zu, die Raupen starben und wurden untersucht, und am 11ten Mai waren von Dreissig nur noch Sechs übrig. Obgleich sie unter allen die Gesundesten waren, fand man bei der Untersuchung auch sie mit Körperchen angefüllt. Keine Einzige von den dreissig Raupen war ihrem Schicksal entgangen und eine einzige Fütterung mit

Körperchen hatte genügt, um sie alle zu vergiften. Dagegen spannen die gesund erhaltenen Raupen ihre schönen Cocons, und nur bei zwei von ihnen stammenden Schmetterlingen fanden sich Spuren von Körperchen, welche aber ohne Zweifel während des Grossziehens in sie hineingekommen waren.

Mit der zunehmenden Kenntniss des Gegenstandes wuchs bei Pasteur auch der Wunsch nach grösserer Genauigkeit, und schliesslich theilt er uns von Tag zu Tag die wachsende Anzahl der durch sein Mikroskop wahrgenommenen Körperchen mit. Nach einer Fütterung mit inficirtem Stoff fand er die Parasiten in einer täglich wachsenden Anzahl von Raupen, bis die Zahl der Kranken hundert Procent erreichte. In einem einzigen Felde seines Mikroskopes stieg zugleich die Anzahl der Körperchen von 0 auf 1, auf 10, auf 100, ja, sogar manchmal auf 1000 oder 1500. Nun modificirte er die Bedingungen der Ansteckung. Er impfte die Körperchen auf gesunde Raupen und beobachtete das daraus erfolgende Wachsthum der Krankheit. Er zeigte, dass die Raupen sich gegenseitig sichtbare Wunden mit den Füssen beibringen, und sich dadurch die Krankheit einimpfen. Er wusch bei einigen Raupen die Vorderfüsse und fand Körperchen im Wasser. Auch bewies er, dass die Ansteckung durch das einfache Zusammenleben von gesunden und kranken Raupen sich übertragen kann. Die Letzteren beschmutzten durch ihre Ausleerungen die Blätter, verwundeten andere Raupen mit ihren Vorderfüssen und verbreiteten so die Ansteckung auf beiderlei Weise. Der Tod der Raupen erfolgte nicht durch ein bloss hypothetisches, ansteckendes Medium, sondern durch einen bestimmt organisirten, für sich bestehenden Stoff. Pasteur machte den Versuch, ob das Contagium auch in die Ferne wirke, und stellte die That-

sache fest. Wie sich nach Pasteur's früheren Arbeiten erwarten liess, war die Untersuchung wirklich erschöpfend, da die Gewandtheit und Eleganz seines Verfahrens völlig der Kraft und Klarheit seiner Gedanken entsprach.

Das folgende Citat aus Pasteur's Werk ergiebt deutlich in welcher Beziehung seine Untersuchungen zu dieser grossen Frage stehen.

„Wenn man dem geschicktesten Züchter und selbst Jemandem der in der Mikroskopie gewandt ist, grosse Ernten vorführt, welche die in unseren Experimenten beschriebenen Symptome aufweisen, so wird sein Urtheil nothwendig irrthümlich sein, wenn er sich auf die vor meinen Untersuchungen vorhandenen Kenntnisse beschränkt. Die Raupen werden ihm auch nicht den geringsten Flecken der Pébrine darbieten; das Mikroskop wird das Vorhandensein der Körperchen nicht enthüllen; die Sterblichkeit der Raupen wird gleich Null, oder wenigstens sehr unbedeutend sein, und die Cocons werden nichts zu wünschen übrig lassen. Unser Beobachter wird daher ohne Zögern den Schluss ziehen, dass die erzeugten Eier zum Ausbrüten geeignet seien. In Wahrheit sind jedoch alle Raupen dieser schönen Ernten bereits vergiftet; sie tragen von Anfang an den Krankheitskeim in sich, welcher die Fähigkeit besitzt, sich ins Unendliche in den Puppen und Schmetterlingen zu vermehren, von diesen auf die Eier überzugehen, und somit die folgenden Geschlechter mit Unfruchtbarkeit heimzusuchen. Welches ist nun die erste Ursache dieses Uebels, das sich unter so trügerischem Aeussern verbirgt? Bei unseren Untersuchungen können wir diese Ursachen, so zu sagen, mit Händen greifen. Das Uebel rührt nämlich ausschliesslich von einer einzigen mit Körperchen vergifteten Fütterung her, und zwar ist die Wirkung derselben, je

nach dem Lebensalter der Raupe, welche das vergiftete Futter genossen hat, eine langsamere oder eine schnellere.“

Pasteur beschreibt seine Methode, gesunde Eier zu erhalten, bis in's Einzelne; eine Methode, die nichts Geringeres bezweckt, als die frühere Blüthe des Seidenbaues in Frankreich wieder herzustellen. Seine Arbeit fand auch ihre Rechtfertigung durch die Berichte über die praktische Anwendung und den unvergleichlichen Erfolg seiner Methode, und diese Berichte kamen ihm gerade zu der Zeit zu, als er im Begriffe stand, seine zusammengestellten Untersuchungen zu veröffentlichen. In Frankreich und Italien ist sein Verfahren mit den überraschendsten Erfolgen angewendet worden. Es war ein beschwerlicher Kampf, der zu diesem Triumph führte, aber der Widerstand stachelte Pasteur an und that somit, wenn auch unabsichtlich, gute Dienste. „Seit dem Beginn meiner Untersuchungen“, sagt er, „bin ich stets den eigensinnigsten und ungerechtesten Widersprüchen ausgesetzt gewesen, aber ich habe es mir zur Pflicht gemacht, alle Spuren jener Kämpfe aus diesem Buche entfernt zu halten.“ In Beziehung auf die Schmarotzerkrankheiten bedient er sich der folgenden, gewichtigen Worte: „Il est au pouvoir de l'homme de faire disparaître de la surface du globe les maladies parasitaires, si, comme c'est ma conviction, la doctrine des générations spontanées est une chimère.“

Pasteur wies darauf hin, wie leicht es sein würde, eine Insel wie z. B. Corsica zu isoliren und sie gänzlich vor der Raupenkrankheit zu bewahren. In Beziehung auf andere Epidemien hat Mr. Simon gezeigt, in wie auffallender Weise die Scilly-Inseln während des Zeitraumes von 1851 bis 1860 von denselben verschont geblieben sind. Von



627 Bezirken Englands blieb nur ein Einziger gänzlich verschont von den in allen anderen Districten im Allgemeinen oder theilweise herrschenden Krankheiten. Im Verlauf von vollen zehn Jahren fand daselbst kein einziger Todesfall in Folge von Masern, Pocken oder Scharlach statt. Und zwar erklärt sich diese auffallende Thatsache nicht durch sonstige Vorzüge des Orts für die Gesundheit im Allgemeinen, da er im Uebrigen ein Durchschnittsmittel an Erkrankungen aufzuweisen hat, sondern einfach durch seine insulare Lage. Es war nämlich der District der Scilly-Inseln, dem von Aussen her in der That kaum irgend welche Fieberansteckung zugeführt werden konnte. Das Verschontbleiben dieses Districts ist aber ein annähernder Beweis, dass wenigstens im Verlauf jener zehn Jahre innerhalb seiner Grenzen kein Contagium von Masern, Scharlach oder Pocken von selbst entstanden war. Wir wollen hinzusetzen, dass nur in sieben Districten Englands kein Todesfall durch Diphteritis vorgekommen war, und dass die Scillyinseln zu denselben gehörten.

Eine zweite Schmarotzerkrankheit der Seidenwürmer, in Frankreich unter dem Namen „la flacherie“ bekannt, gleichzeitig mit der Pébrine auftretend, doch von derselben ganz unterschieden, ist auch untersucht worden. Indessen ist hier genug darüber gesagt, um diejenigen, welche sich für diese Fragen interessiren, auf die Originalwerke aufmerksam zu machen, wo sie weitere Belehrung finden können. M. Pasteur lenkt die Aufmerksamkeit in einem an mich gerichteten Brief auf einen Punkt von praktischer Bedeutung:

„Permettez-moi de terminer ces quelques lignes que je dois dicter, vaincu que je suis par la maladie, en vous faisant observer que vous rendriez service aux Colonies

de la Grande-Bretagne en répandant la connaissance de ce livre, et des principes que j'établis touchant la maladie des vers à soie. Beaucoup de ces colonies pourraient cultiver le mûrier avec succes, et en jetant les yeux sur mon ouvrage vous vous convaincrez aisément qu'il est facile aujourd'hui, non-seulement d'éloigner la maladie régnante, mais en outre de donner aux récoltes de la soie une prospérité qu'elles n'ont jamais eue."

#### Entstehung und Fortpflanzung des Ansteckungsstoffes.

Vor Pasteur hegte man die verschiedensten und widersprechendsten Meinungen hinsichtlich der ansteckenden Natur der Pébrine; Einige behaupteten die Ansteckung auf's Bestimmteste, Andere leugneten sie eben so hartnäckig. Aber in einem Punkte kamen Alle überein. Sie glaubten an das Vorhandensein eines verderblichen Medium, welches durch irgend eine verborgene und geheimnisvolle Einwirkung, der man die Ursache der Krankheit zuschrieb, epidemisch wurde. Diejenigen welche mit der medicinischen Literatur bekannt sind, werden gewiss an dieser Stelle eine lehrreiche Analogie beobachten. Einerseits finden wir gebildete Schriftsteller, welche die epidemischen Krankheiten einem „verderblichen Medium“ zuschreiben, das von selbst in überfüllten Hospitälern und über übelriechenden Kanälen entsteht. Nach denselben bildet sich die Materie der epidemischen Krankheit de novo in einer faulenden Atmosphäre. Andererseits haben wir Schriftsteller, ausgezeichnet durch Klarheit, Kraft, präzise Ideen und praktische Methoden; diese behaupten, dass die Substanz welche die epidemischen Krankheiten erzeugt, stets von

einem Mutterstamme herrühren müsse. Da sie sich wie ein Keimstoff zeigt, so wird sie als solcher aufgefasst. Diese Schriftsteller glauben ebenso wenig an eine spontane Entstehung von Krankheiten, als etwa an die der Mäuse. Pasteur erfuhr zum Beispiel, dass die Pébrine seit langer Zeit als eine Krankheit der Seidenwürmer bekannt sei. Die von ihm bekämpfte Entwicklung jener Krankheit war nur eine Ausbreitung einer schon vorhandenen Kraft, das lichterlohe Aufflammen eines schon vorher unter der Asche glimmenden Feuers. Hierin liegt nichts Ueberraschendes. Denn obgleich epidemische Krankheiten zu ihrer Entstehung eines besonderen Ansteckungstoffes bedürfen, so müssen doch Nebenbedingungen einen mächtigen Einfluss auf die Entwicklung desselben ausüben. So kann man Saamen nach allen Regeln der Kunst säen, und doch können die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse derartig sein, dass das nun erfolgende Wachsthum dadurch gehemmt, ja, vielleicht ganz gehindert wird. Vom Standpunkt der Keimtheorie betrachtet, ist die ausnahmsweise Energie, welche epidemische Krankheiten von Zeit zu Zeit entwickeln, sehr wohl mit dem Verfahren der Natur in Uebereinstimmung zu bringen. Man hört bisweilen von Diphtheritis als einer neuen Krankheit der letzten zwanzig Jahre sprechen, aber nach einer mir von Mr. Simon zugegangenen Mittheilung ist sie seit drei Jahrhunderten in Spanien (dort Garotillo genannt) und später in Italien, wo entsetzliche Epidemien derselben zu wüthen begannen, allen Aerzten der Folgezeit wohl bekannt gewesen. So hat ungefähr im September 1758 Dr. Starr in Liskeard in einer Mittheilung an die „Royal Society“ diese Krankheit unter dem Namen „morbus strangulatorius“ als eine in Cornwall herrschende, heftige Epidemie mit allen in neuerer Zeit so allgemein be-

kannt gewordenen, charakteristischen Symptomen genau beschrieben. Diese Thatsache ist um so interessanter, als die Diphtheritis bei ihrem späteren Wiederauftreten abermals eine entschiedene Vorliebe für jene entlegene Grafschaft zeigte. Viele glauben auch, dass der vor fünf Jahrhunderten herrschende „Schwarze Tod“ auf dieselbe geheimnissvolle Weise verschwunden sei, wie er erschien; aber Mr. Simon erklärt, dass diese Krankheit wahrscheinlich bis zum heutigen Tage in einigen Theilen des nordwestlichen Indiens noch herrscht.

Erlauben Sie mir Ihnen hier einen kleinen Beitrag aus meiner eigenen Erfahrung zu geben. Als ich mich im vorigen Jahre auf der Bel-Alp befand, erhielt der an jenem Ort angestellte englische Geistliche Briefe mit der Nachricht, dass Scharlachfieber unter seinen Kindern ausgebrochen sei. Erinnerung ich mich recht, so lebte er auf der gesunden Anhöhe von Dartmoor, und es war daher schwer zu begreifen, auf welche Weise das Scharlachfieber nach jenem Orte hingeweht werden konnte. Dicht an seinem Hause ging ein Kanal vorbei, und dieser erschien ihm nun als die verdächtige Ursache. Manche unserer medicinischen Autoren würden ihn in dieser Annahme bestärkt haben, während Andere, die einer anderen Schule angehören, einem Kanal, und wäre er noch so unrein, die Kraft, eine specifische Krankheit zu erzeugen, absprechen würden. Bei sorgfältiger Ueberlegung erinnerte er sich, dass sein Sohn nebst einem andern Knaben mit einem Schaukelpferd gespielt, und dass jener andere Knabe kurz vorher Scharlachfieber gehabt hatte. Kanäle und Senkgruben sind jetzt keineswegs so schlecht angeschrieben, als sie es früher waren. Es kommen bisweilen in London die bösartigsten Ausdünstungen der Themse gleichzeitig mit einem niedrigen Procentsatz an Todesfällen vor.

Denn, wenn die besondere Substanz oder die Keime der epidemischen Krankheit nicht vorhanden sind, so wird eine schlechte Luft, und wenn sie sonst noch so schädlich ist, die Krankheit nicht erzeugen. Schlechte Luft kann zwar einer Epidemie Vorschub leisten, aber sie kann sie nicht erzeugen. Andererseits kann durch Uebertragung eines specifischen Keimes oder Giftes, die Krankheit sich in Gegenden entwickeln, wo die Kanalisirung gut und die Luft rein ist.

Finden Sie eine neue Distelart auf Ihrem Felde, so sind Sie davon überzeugt, dass der Saamen derselben hierher geweht worden ist. Eben so gewiss erscheint es nun, dass die ansteckende Substanz des Scharlachs oder sonst irgend eines ansteckenden Fiebers, an den Ort, wo es eben auftritt, verpflanzt worden ist. Dr. William Budd hat der Entstehung derartiger Krankheiten von Ort zu Ort mit unübertrefflicher Klarheit und zwingender Folgerichtigkeit nachgespürt, und gezeigt, wie dieselben sich in bestimmten Mittelpunkten unter Bevölkerungen, die denselben atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt sind, festsetzen, gerade wie man Getreidekörner mit sich führen und aussäen kann. Hildebrand, auf dessen hervorragendes Werk „Du Typhus contagieux“ Dr. de Mussy meine Aufmerksamkeit gelenkt hat, erzählt folgenden merkwürdigen Fall, der sowohl die Dauerhaftigkeit als die Uebertragbarkeit des Scharlachgiftes beweist: „Un habit noir que j'avais en visitant une malade attaquée de scarlatine, et que je portai de Vienne en Podolie, sans l'avoir mis depuis plus d'un an et demi, me communiqua, des que je fus arrivé, cette maladie contagieuse, que je répandis ensuite dans cette province, où elle était jusqu'alors presque inconnue.“ Vor einigen Jahren wurde Dr. de Mussy selbst nach einem Landhause in Surrey

gerufen, um eine junge Dame zu behandeln, welche an einer offenbar von Scharlach herrührenden Wassersucht litt. Die ursprüngliche Krankheit war sehr milde aufgetreten und in Folge dessen gar nicht bemerkt worden, aber es wurden Umstände berichtet, die einen jeden Zweifel in Bezug auf die Natur und die Ursache des Uebels nahmen. Er frug sich zunächst, wie war die junge Dame zu dem Scharlachfieber gekommen? Sie war seit zwei Monaten auf Besuch in dem Hause und erkrankte erst, nachdem sie schon einen Monat im Hause gewesen war. Die Haushälterin klärte das Geheimniss sofort auf. Bei ihrer Ankunft hatte die junge Dame den besonderen Wunsch ausgedrückt, das hübsche Zimmer in einem isolirten Thurme zu bewohnen, in diesem Zimmer hatte sechs Monate zuvor ein Gast am Scharlachfieber krank gelegen. Die Stube war zwar gescheuert und frisch getüncht, allein die Teppiche waren nicht aufgenommen worden.

Tausende von derartigen Fällen könnten angeführt werden, in welchen die Krankheit in anscheinend geheimnissvoller Weise auftrat, wobei jedoch eine genaue Untersuchung die eigentliche Entstehung derselben ans Licht brachte. Ist es nun wissenschaftlich gerechtfertigt, seine Zuflucht zu der Theorie zu nehmen, dass ein zufälliges Zusammentreffen von Atomen eine spezifische Krankheit hervorrufen könne, lediglich, weil in einzelnen Fällen sich die Entstehung derselben nicht genau nachweisen lässt? Gewiss werden diejenigen, welche die Natur der Atome am genauesten kennen, und welche der Materie auf's Bereitwilligste selbst in Bezug auf höhere Dinge als die besprochenen, mancherlei Fähigkeiten zuschreiben, die letzten sein, derartige leichtfertige Hypothesen gelten zu lassen.

### Die Anwendung der Keimtheorie auf die Chirurgie.

Nicht nur die Medicin, sondern auch die Chirurgie sucht aus der Keimtheorie aufklärende und leitende Principien für sich zu gewinnen. Professor Lister in Edinburgh gründet auf dieselbe das antiseptische System, und wenn die Thatsachen richtig sind, so sind die Resultate erstaunlich. Wie schon erwähnt, wurde die Keimtheorie der Fäulniss von Schwann entdeckt, aber die von Professor Lister dieser Theorie beigefügten Erläuterungen sind von allgemeiner Bedeutung, dass es nicht nur gerechtfertigt, sondern geboten ist, sie hier zu erwähnen.

„Es scheint mir“, sagt Professor Lister, „dass Schwann's Beobachtungen nicht die verdiente Anerkennung gefunden haben. Es wurde allgemein zugegeben, dass der Gährungsprocess im Zucker durch die „*torula cerevisiae*“ veranlasst würde, aber dass die Fäulniss von einer ganz ähnlichen Ursache herrühre, wurde nicht zugegeben. Und doch bieten die beiden Fälle eine sehr schlagende Aehnlichkeit dar. In jedem derselben nämlich unterliegt eine feste chemische Verbindung (in dem einen Falle Zucker, im anderen Eiweiss) aussergewöhnlichen chemischen Veränderungen und zwar vermittelt einer ausserordentlich geringen Menge von Masse, die wir vom chemischen Standpunkte aus als unthätig ansehen müssen. Um dies an der Fäulniss durch ein Beispiel zu erläutern, wollen wir einen Umstand in Betracht ziehen, der oft bei der Behandlung grosser chronischer Abscesse beobachtet worden ist. Um den Zutritt der atmosphärischen Luft

abzuschneiden, pflegten wir früher den Eiter mittelst der Kanüle und des Trokars zu entleeren. Dieses Instrument ist zusammengesetzt aus einem silbernen Röhrchen und einem in die Röhre passenden, jedoch über dieselbe hervorragenden stählernen Stilet. Zuvor in Oel getaucht wurde es in die Höhlung des Abscesses hineingestossen, der Trokar wurde herausgezogen und der Eiter ergoss sich nun durch die Kanüle, während man durch einen sanften Druck auf den kranken Theil die Möglichkeit des Zurückströmens des Eiters verhinderte. Alsdann wurde auch die Kanüle entfernt und dabei die möglichste Vorsicht zur Vermeidung des Eindringens der Luft angewendet. Diese Methode war häufig in Beziehung auf ihren unmittelbaren Zweck erfolgreich; der Patient wurde von der Masse der angehäuften Flüssigkeit befreit und erfuhr keine Unbequemlichkeit durch die Operation. Aber es war ziemlich gewiss, dass der Eiter sich im Laufe der Zeit wieder anhäufen werde, und daher war man genöthigt, diesen Process immer von Neuem zu wiederholen. Und leider war man dabei vor schlimmen Folgen nicht absolut sicher gestellt. Wie sorgfältig man auch zu Werke gehen mochte, es kam doch manchmal vor, dass selbst bei einem scheinbar in der Heilung begriffenen Stiche sich Fiebersymptome im Laufe des ersten oder zweiten Tages einstellten, und dass man bei Untersuchung des Abscesses mitunter die Haut etwas geröthet fand, woraus sich auf irgend einen Reiz schliessen liess, während gleichzeitig eine rasche Wiederanhäufung der Flüssigkeit stattgefunden hatte. Unter diesen Umständen wurde es nothwendig den Abscess durch einen Einschnitt zu öffnen, worauf eine der Grösse des Abscesses entsprechende Menge, wir wollen z. B. ein Quart annehmen, vor Fäulniss stinkenden Eiters ausfloss. Wie war nun diese Veränderung vor sich



gegangen? Ich wage zu behaupten, dass man ohne die Keimtheorie keine vernunftgemässe Erklärung dafür auffinden könnte. Die Veränderung musste durch etwas von aussen Hineingebrachtes veranlasst sein. Selbst wenn man voraussetzte, es habe eine Entzündung der Stichwunde stattgefunden, so war damit die Erscheinung noch nicht erklärt. Denn eine blossе Entzündung, sei sie acut oder chronisch, kann wohl eine Eiterbildung, aber nicht Fäulniss verursachen. Der zuerst abgeflossene Eiter war vollkommen gutartig und nur ein Einfluss von aussen her konnte die Veränderung in seiner Beschaffenheit erklären. Was war aber dieses Etwas? Der Eintritt des Sauerstoffes wurde durch das Eintauchen des Instrumentes in Oel und durch die nachfolgenden Vorsichtsmaassregeln verhindert. Und selbst zugegeben, dass einige Atome dieses Gases eingedrungen sein könnten, so ist doch kaum anzunehmen, dass diese in kurzer Zeit solche Veränderungen in einer grossen Menge eiweisshaltigen Stoffes hervorzubringen vermöchten. Ueberdies ist die eiterbildende Haut reichlich mit Capillargefässen versehen, durch welche zu den Pulsadern gehöriges, sauerstoffhaltiges Blut ununterbrochen fliesst; es ist daher nicht zu bezweifeln, dass der Eiter, schon vor seinem ersten Ausfliessen, der Einwirkung unterworfen war, die das genannte Element auf ihn hätte ausüben können.

Unter diesen Umständen ist die Fäulniss durch die Sauerstofftheorie gar nicht zu erklären. Lässt man dagegen die Keimtheorie gelten, so schwindet sogleich jegliche Schwierigkeit. Da die Kanüle und der Trokar der Luft ausgesetzt gewesen sind, so wird sich Staub auf denselben niedergelassen haben und er wird auch in dem Winkel zwischen dem Trokar und der silbernen Röhre vorhanden sein. An dieser geschützten Stelle wird aber der Staub

nicht abgewischt werden, wenn das Instrument durch das Gewebe eingeführt wird. Beim Zurückziehen des Trokars werden naturgemäss etliche Theilchen des Staubes auf dem Rande der Kanüle liegen bleiben und im Abscess zurückgelassen; es ist daher nichts wahrscheinlicher, als dass einige Atome durch den Strom des ausfliessenden Eiters nicht mitgenommen, wohl aber beim Herausnehmen der Röhre aus ihrer Lage gedrängt werden und nun in der Höhlung zurückbleiben. Durch die Keimtheorie wissen wir, dass diese Staubtheilchen ziemlich sicher die Keime fäulnisserzeugender Organismen enthalten. Bleibt aber nur ein einziges derselben in der eiweisshaltigen Flüssigkeit zurück, so wird es sich bei der hohen Temperatur des menschlichen Körpers auf's Rascheste entwickeln, wodurch die Erklärung für alle Erscheinungen gegeben ist.

Aber so schlagend auch in diesem Beispiel die Aehnlichkeit zwischen der Fäulniss und der Weingährung ist, namentlich wenn man die Grösse der hervorgebrachten Wirkung mit der Kleinheit, oder chemisch ausgedrückt, mit der Trägheit der Ursache vergleicht, so verlangt man doch natürlich weitere Beweise für die Aehnlichkeit dieser beiden Processe. Durch das Mikroskop lässt sich der Gährungspilz (*Torula*) der Most- und Biergährung nachweisen. Es entsteht nun die Frage nach irgend einem ähnlichen Organismus im faulenden Eiter, und dieser, meine Herren, findet sich wirklich. Wenn man einen Tropfen der faulenden Substanz mit einem guten Vergrösserungsglase untersucht, so findet man in demselben Myriaden von kleinen, gegliederten Körpern, Vibrionen genannt, wimmeln, die ihre Lebenskraft durch die Energie ihrer Bewegungen unzweifelhaft darthun. Es ist keine blosser Wahrscheinlichkeit, sondern eine Thatsache, dass

die ganze Masse jenes Quartes Eiter von lebenden Organismen bevölkert worden ist und zwar in Folge der Einführung der Kanüle und des Trokars, denn der zuerst abgezapfte Eiter war eben so frei von Vibrionen als von Fäulniss. Wenn dem so ist, so hört die Grösse der chemischen Veränderungen, welche im Eiter stattgefunden haben, auf, unsere Verwunderung zu erregen. Wir wissen, dass es eine Haupteigenthümlichkeit gewisser organischer Gebilde ist, chemische Veränderungen in den umgebenden Stoffen mit einer Energie hervorzurufen, welche ganz ausser Verhältniss zu ihrer Wirksamkeit als bloss chemische Verbindungen steht. Daher können wir kaum zweifeln, dass die Thierchen, welche sich in der eiweisshaltigen Flüssigkeit entwickelt haben und auf Kosten derselben gewachsen sind, deren Beschaffenheit verändert haben müssen, gerade so, wie wir selbst die Stoffe verändern, die uns zur Nahrung dienen<sup>1)</sup>.

Es ist ganz erstaunlich, wie unter den Händen eines wirklich geschickten Chirurgen die verschiedenen Theile des menschlichen Körpers, ohne Gefahr für dieselben, die schwersten Verletzungen, sowohl durch das Messer, als durch Zerlegungs- und Zerquetschungsinstrumente ertragen können, wenn sie nur vor der Gefahr der Fäulniss gesichert sind. Die Operationsberichte unserer grossen Chirurgen lesen sich wie Romane. Ich kann hierbei jedoch nicht länger verweilen und empfehle Ihrer Beachtung nur einen Fall, der in der am 14. Januar erschienenen Nummer des „British Medical Journal“ beschrieben ist. Bei den Operationen des Professor Lister wird dafür gesorgt, dass jeder Theil, des durch das Messer blossge-

---

1) Einleitungsvorlesung an der Universität Edinburgh.

legten Gewebes vor Keimen bewahrt bleibe; dass wenn sie auf die Wunde fallen, sie schon im Fallen ertötet werden. Zu diesem Zweck besprengt er die blossgelegten Flächen mit zerstäubter und verdünnter Carbolsäure, welche den Keimen besonders schädlich ist, und umgiebt alsdann in sorgfältigster Weise die Wunde mit antiseptischen Verbänden. Jedem, der an exacte Experimente gewöhnt ist, leuchtet es ein, dass wir es hier mit einem streng wissenschaftlichen Experimentator zu thun haben, welcher einen bestimmten Zweck im Auge hat, und ihn mit der unermülichsten Ausdauer und der unerschütterlichsten Ueberzeugung verfolgt. Und das Ergebniss hiervon ist, seiner eigenen Aussage nach, dass er im Stande war, in seinem Hospital, mitten unter Schreckensscenen, die ich hier nicht schildern kann, in der Nähe von Krankenzimmern, wo der Tod in Folge von Blutvergiftung, Rothlauf und Hospitalbrand förmlich wüthete, seine Kranken von diesen entsetzlichen Plagen frei zu erhalten. Erlauben Sie mir hier Ihnen Professor Lister's „Einleitungsvorlesung vor der Universität Edinburg“, die ich schon angeführt habe, zur Beachtung zu empfehlen, sowie seine Schrift „Ueber die Wirkung der antiseptischen Behandlungsmethode auf den Gesundheitszustand eines chirurgischen Hospitals“, und endlich den bereits erwähnten Aufsatz in dem „British Medical Journal“.

Wäre es möglich, die Wunden mit gehörig gereinigter Luft anstatt mit Carbolsäure zu umgeben, so könnte man, wie er behauptet, denselben Erfolg erzielen. In einem Raume, wo jedoch die Keime nicht bloss in der Luft schweben, sondern auch an Kleidern und Wänden kleben, wäre dies äusserst schwierig, wo nicht ganz unmöglich. Aber die Chirurgie macht uns mit einer ganzen Classe von Wunden bekannt, bei welchen das

Blut sich ungehindert mit Luft, welche durch die Lungen gegangen ist, vermengt, und es ist eine merkwürdige Thatsache, dass diese Luft keine Fäulniss erzeugt. Professor Lister war meines Wissens der Erste, der dieser Thatsache eine wissenschaftliche Deutung zu geben wusste und er thut dies in folgenden Worten:

„Ich habe mir über die merkwürdige Thatsache Rechenschaft gegeben, warum, wenn bei einem einfachen Rippenbruche die Lunge durch ein Bruchstück der Rippen verletzt worden ist, das in die pleurale Höhle ergossene Blut keiner Zersetzung unterliegt, selbst wenn die Luft freien Zutritt dazu hat. Die Luft wird manchmal so reichlich in die Pleurahöhle gepumpt, dass sie bei ihrem Durchgang durch die Wunde der „Pleura costalis“ das Zellengewebe des ganzen Körpers aufbläht. Dennoch verursacht dies dem Chirurgen keine Besorgniss, obgleich eine gefährliche eitrige Pleuritis unfehlbar eintreten würde, wenn das Blut in der Pleura in Fäulniss überginge. Es war mir völlig unbegreiflich, aus welchem Grunde die durch eine verwundete Lunge in die Pleurahöhle geleitete Luft so vollständig verschieden wirken sollte von der Luft, welche unmittelbar durch eine Wunde in den Brustkasten hineindringt, bis ich von der Keimtheorie der Fäulniss hörte, und hierin sofort die natürliche Erklärung dafür fand: Die Luft wird nämlich von ihren Keimen filtrirt innerhalb der Luftcanäle, welche unter Anderem dazu dienen, eingeathmete Staubtheilchen anzuhalten und an dem Eindringen in die Luftzellen zu verhindern.“

Ich werde späterhin Gelegenheit haben auf diese merkwürdige Hypothese zurückzukommen.

Die Anhänger der Keimtheorie behaupten, dass sowohl Fäulniss als epidemische Krankheiten nicht durch

die Luft, sondern durch Etwas, das in der Luft enthalten ist, entstehen. Sie behaupten sogar, dieses Etwas sei weder ein dampffartiger Körper, noch ein fremdartiges Gas, noch selbst eine Molekel irgend einer Art, sondern einfach ein kleines Körperchen <sup>1)</sup>. Man hat die Bezeichnung „particulate“ (aus Partikeln bestehend) in unseren officiellen medicinischen Berichten gebraucht, um diese vermuthliche Beschaffenheit des Ansteckungstoffes zu beschreiben, und Dr. Sanderson's Experimente machen es im höchsten Grade wahrscheinlich, wenn sie es nicht thatsächlich beweisen, dass das Pockengift aus Partikeln besteht. Es ist von der grössten Wichtigkeit, auf diesem Punkte wissenschaftliche Gewissheit zu erlangen, weil man bei der Behandlung von Körperchen sich Methoden zu Nutzen machen kann, die bei den Molekeln keine Anwendung finden.

#### Anwendung leuchtender Strahlen für Untersuchungen dieser Art.

Meine Einmischung in diese grosse Frage ist einerseits von anerkannten Autoritäten gebilligt, andererseits aber zum Gegenstand der verschiedenartigsten und scharfsinnigsten Angriffe gemacht worden. Hier erlaube ich

---

<sup>1)</sup> Was die Grösse betrifft, so kann man aller Wahrscheinlichkeit nach keine strenge Grenze zwischen Molekeln und kleinsten Körperchen ziehen; das eine geht allmählig in das andere über. Aber ich würde sie folgendermaassen unterscheiden: — das Atom oder der Molekel ist im ungebundenen Zustande immer ein Theil eines Gases, bei einem kleinsten Körperchen ist dies nie der Fall. Ein solches ist ein Theil einer flüssigen oder festen Substanz und ist selbst durch die Anhäufung von Atomen oder Molekeln gebildet.

mir die Bemerkung, dass das Gefühl leicht Verblendung und Täuschung jeder Art hervorruft, wenn es den Verstand zu überflügeln sucht, anstatt ihm zu folgen und ihm als treibende Kraft zu nützen. So haben meine Gegner meist ihre Bemerkungen gegen Standpunkte, die ich nie einnahm, und gegen Ansprüche, die ich nie erhob, gerichtet. Die Sache verhält sich einfach so:

Im Herbst des Jahres 1868 beschäftigte ich mich viel mit den Beobachtungen, deren ich zu Anfang dieses Vortrags gedachte. Fünfzehn Jahre lang war ich gewohnt gewesen elektrisches Licht anzuwenden, und hatte mich des schwebenden Staubes bedient, um die Bahnen der leuchtenden Strahlen nachzuweisen, aber erst 1868 wurde ich dazu veranlasst, absichtlich das Verfahren umzukehren und einen leuchtenden Strahl zur Nachweisung und Untersuchung des Staubes zu benutzen. In einer Schrift, welche ich der Royal Society im December 1869 vorlegte, beschrieb ich demzufolge die Beobachtungen, die mich dazu veranlassten, meine besondere Aufmerksamkeit der Frage über die spontane Erzeugung und über die Keimtheorie der epidemischen Krankheiten zuzuwenden.

#### Die schwebende Materie der Luft.

Vor der Entdeckung der oben besprochenen Wirkung (die chemische Wirkung des Lichts auf die Dämpfe) und auch während ich die bereits erwähnten Experimente anstellte, wurde ich durch die Art meiner Arbeit genöthigt, danach zu streben, eine auf der Oberfläche völlig reine und inwendig völlig leere Experimentirrhöhre zu erhalten. Indessen war weder die eine noch die andere dieser Bedingungen leicht zu erfüllen.

Denn wie sorgsam die Röhren gewaschen und abgerieben wurden, wie klar und rein sie auch bei Tageslicht erschienen; der elektrische Strahl enthüllte unfehlbar die Spuren von Unreinigkeit. Es war immer Luft vorhanden, und diese ermangelte nie einen unreinen Niederschlag zu hinterlassen. Alle nicht in einem luftleeren Raum vorgenommenen, chemischen Prozesse sind diesen Störungen ausgesetzt. War die Experimentiröhre entleert, so zeigte sie keine Spur der schwebenden Substanz, aber gestattete man der Luft den Eintritt in die, das ätzende Kali und die Schwefelsäure enthaltenden U-förmigen Röhren, so kam stets bei Anwendung eines stark verdichteten elektrischen Strahles ein mehr oder weniger deutlicher Staubkegel zum Vorschein.

Die schwebenden Stäubchen erschienen winzigen flüssigen Theilchen ähnlich, die auf mechanischem Wege in die Experimentiröhre mitgerissen sein konnten. Ich ergriff daher Massregeln, um eine derartige Ueberführung zu verhindern. Dadurch wurde aber wenig oder gar nichts geändert. Es fiel mir damals nicht ein, dass der Staub der äusseren Luft völlig freien Durchgang durch die mit ätzendem Kali und Schwefelsäure gefüllten Röhren haben könnte. Aber die Stäubchen kamen wirklich von Aussen her. Sie gingen eben so ungehindert durch verschiedene Aetherarten und Alkohole hindurch. In der That muss eine Säure schon längere Zeit hindurch einwirken, um die Stäubchen zuerst anzufeuchten und sie schliesslich zu zerstören. Wenn man die Luft sorgfältig durch die Flamme einer Spirituslampe oder durch eine rothglühende Platinaröhre hindurchgehen liess, wurde die schwebende Materie sichtlich zerstört. Sie war daher eine verbrennbare, d. h. eine organische Substanz. Ich versuchte sie mittelst eines grossen Respirators aus



Baumwolle aufzufangen. Aber starker Druck wurde nöthig, um die Baumwolle hierzu fähig zu machen. Ein in die Röhre, durch welche die Luft hindurchging, ziemlich fest eingezwängter Baumwollenpfropfen genügte schliesslich, um die Stäubchen zurückzuhalten. Sie kamen immer von Zeit zu Zeit wieder zum Vorschein und verursachten mir viele Mühe, aber ihr Vorhandensein war immer einem Mangel am Reinigungsapparat oder irgend einem Riss oder Sprung im Siegellack, der dazu verwandt worden war, die Röhre luftdicht zu machen, zuzuschreiben. Demnach enthält die Experimentirröhre bei richtiger Sorgfalt in der Behandlung und bei peinlichster Entfernung aller störenden Einwirkungen, selbst wenn sie mit reiner Luft oder Dampf gefüllt ist, Nichts, was im Stande wäre, das Licht zu zerstreuen. Das Innere der Röhre gewährt den Anblick eines vollkommen luftleeren Raumes.

Eine in diesem Zustande befindliche Experimentirröhre nenne ich optisch leer.

Der bei diesen Versuchen angewandte, einfache Apparat wird mit Bezugnahme auf nebenstehende Fig. 3 leicht verständlich sein.  $SS'$  ist die von 1. bis 5 Fuss lange gläserne Experimentirröhre, deren Länge von 1 bis 5 Fuss wechselt und deren Durchmesser 2 bis 3 Zoll beträgt. Von dem Ende  $S$  geht das Röhrrchen  $pp'$  bis an eine Luftpumpe. Mit dem anderen Ende  $S'$  ist die Flasche  $F$  verbunden, welche die Flüssigkeit enthält, deren Dampf untersucht werden soll; dann kommt eine U-förmige Röhre  $T$  mit Bruchstücken von reinem, mit Schwefelsäure angefeuchtetem Glase gefüllt, dann eine zweite U-Röhre  $T'$ , welche Bruchstücke von mit ätzendem Kali angefeuchteten Marmor enthält, und schliesslich eine enge, gerade Röhre  $tt'$  mit einem ziemlich fest eingepressten Baumwollenpfropfen versehen. Um den Druckmesser der Luft-

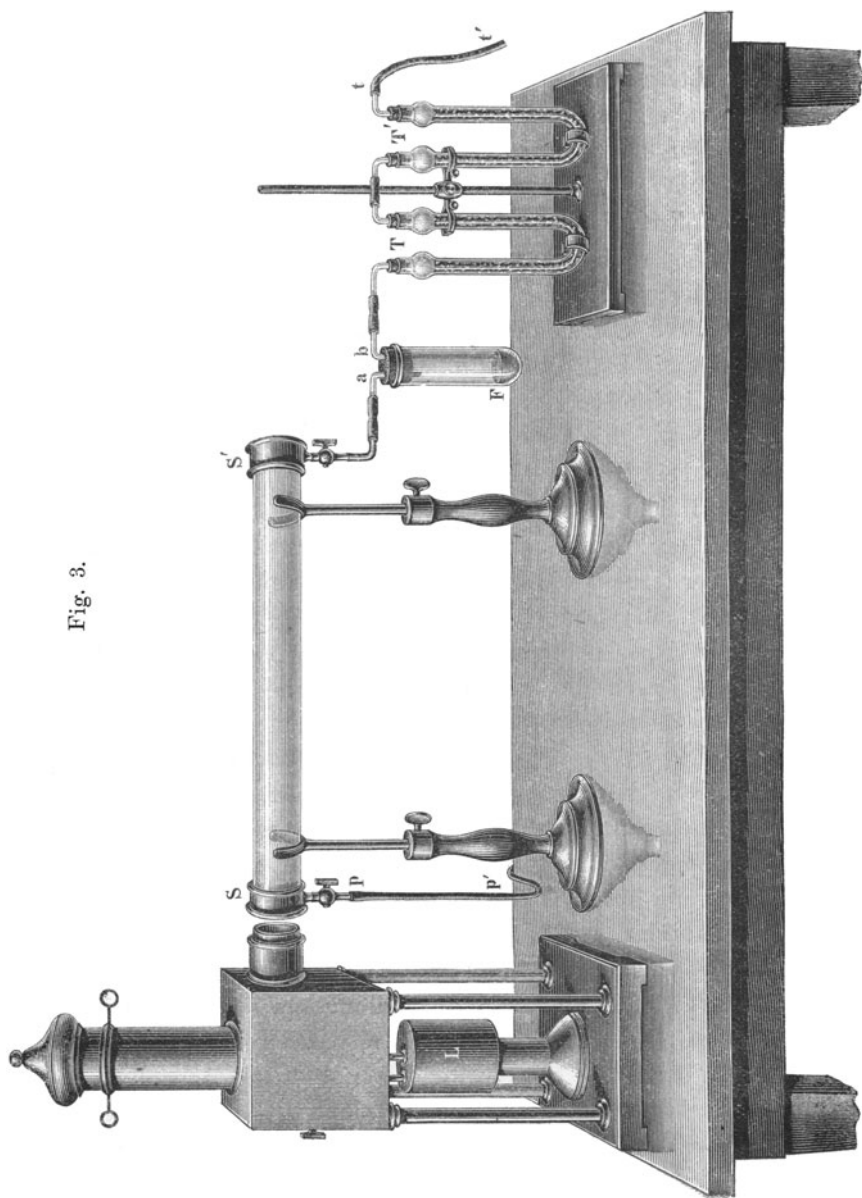


Fig. 3.

pumpe vor solchen Dämpfen, die das Quecksilber angreifen, zu schützen, und auch um die Beobachtung zu erleichtern wurde eine abgesonderte Barometerröhre in Anwendung gebracht.

Durch den Kork, der die Flasche  $F$  schliesst, sind luftdicht zwei Glasröhren  $a$  und  $b$  geführt. Das Ende der Röhre  $a$  befindet sich unmittelbar unter dem Korke; die Röhre  $b$  hingegen reicht bis zum Boden der Flasche hinunter, und ist in die Flüssigkeit getaucht. Das Ende der Röhre  $b$  ist so ausgezogen, dass die Mündung, durch welche die Luft in die Flüssigkeit entweicht, eine möglichst kleine ist.

Wenn die Experimentirröhre  $SS'$  ausgepumpt ist, so wird ein Hahn am Ende  $S'$  ganz wenig aufgedreht. Die Luft streicht nach einander langsam durch die Baumwolle, das ätzende Kali und die Schwefelsäure. So gereinigt tritt erstere in die Flasche  $F$  ein, und perlt durch die Flüssigkeit. Endlich geht die mit Dampf geladene Luft in die Experimentirröhre über, wo sie dann untersucht wird. Durch die ans Ende der Experimentirröhre gestellte elektrische Lampe  $L$  erhält man den nöthigen Strahl.

Ohne die Baumwolle wäre die schwebende Substanz durch das ganze Röhrensystem gezogen. Diese sich mir aufdrängende Thatsache hatte offenbar eine zu grosse Tragweite, um übersehen zu werden. Es wurde für die Sinne sogleich klar, warum Luft, welche durch Baumwolle filtrirt wurde, unfähig ist, thierisches Leben zu erzeugen. Die Luft wird durch diese Behandlung optisch rein; mit anderen Worten: sie wird von aller schwebenden Substanz, die Keime mit eingeschlossen, befreit. Aber diese Beobachtungen lieferten auch den Beweis, wie sehr leicht man sich bei Experimenten dieser Art irren kann. Sie

zeigten, dass Irrthum unvermeidlich ist, wenn nicht eine so grosse Sorgfalt angewandt wird, wie sie in manchen Fällen kaum zu erwarten steht. Es leuchtet namentlich ein, dass die chemische Methode von Schultze zu den irrigsten Schlussfolgerungen führen kann; dass weder Säuren noch Alkalien die Kraft der schnellen Zerstörung besitzen, die man ihnen zugeschrieben hat. Kurz, die Anwendung des leuchtenden Strahles bewies, dass die Ursache des Erfolges wie bei den von Pasteur angestellten Versuchen in der strengsten Genauigkeit ihrer Ausführung lag, dass hingegen weniger genau und geschickt ausgeführte Experimente misslingen mussten.

#### Versuche von Dr. Bennett.

Betrachten wir z. B. die vor der „Royal Society of Surgeons“ in Edinburg am 17. Januar 1868 <sup>1)</sup> beschriebenen und gut ersonnenen Experimente des Dr. Hughes Bennett. Dieser trieb vermöge einer sinnreichen Methode Luft in Flaschen, welche Abkochungen von Süssholzwurzeln, von Heu oder von Thee enthielten. Die Luft wurde durch zwei U-förmige Röhren getrieben, wovon die eine eine Lösung von ätzendem Kali, die andere Schwefelsäure enthielt. Die sämtlichen gebogenen Röhren, sagt Dr. Bennett, wurden mit Bruchstücken von Bimsstein gefüllt, um die Luft zu zertheilen, und damit die Möglichkeit, dass Keime sich durch die Mitte der Blasen drängten, aufzuheben. Die Luft ging sowohl durch einen Schwefelsäure enthaltenden Liebig'schen Kolben, als auch durch einen anderen, welcher Schiessbaumwolle enthielt.

---

<sup>1)</sup> British Medical Journal 13, Theil II, 1868.

Es war sehr natürlich, dass Dr. Bennett glaubte, die Keime würden durch seine gebogenen Röhren ausgeschlossen. Ehe ich die oben erwähnten Beobachtungen gemacht, glaubte auch ich, sie wären im Stande, dies zu bewirken. Aber eben jene Beobachtungen schliessen jede derartige Vorstellung vollständig aus. Ausserdem wird Schiessbaumwolle, nur wenn sie sehr dicht zusammengedrückt ist, die ganze schwebende Materie zurückhalten, und es ist aus Dr. Bennett's Schrift nicht ersichtlich, dass dies geschehen wäre. Im Ganzen würde ich nach einer blossen Berücksichtigung des Apparates auf die von Dr. Bennett wirklich erhaltenen Resultate geschlossen haben, nämlich: auf Verzögerung in der Entwicklung des Lebens, auf völligen Mangel desselben in einigen Fällen, auf sein Vorhandensein in anderen.

Bei der ersten Reihe seiner Experimente wurden acht Flaschen mit filtrirter und fünf mit gewöhnlicher Luft gefüllt. In zehn bis zwölf Tagen enthielten alle fünf mikroskopische Pilze, während vier bis neun Monate erforderlich waren, um dieselben in den anderen Flaschen zu entwickeln. In einem Falle sogar kam selbst nach Ablauf dieses Zeitraumes kein Pilz zum Vorschein. Bei einer zweiten Reihe von Experimenten fand eine ähnliche Ausnahme statt. Bei einer dritten liess er die bei den vorhergehenden Malen gebrauchten Korkstöpsel fort und wendete statt ihrer Glasstöpsel an. Flaschen, welche Abkochungen von Thee, von Fleisch und von Heu enthielten, wurden mit gewöhnlicher, andere Flaschen mit filtrirter Luft angefüllt. Bei ersteren zeigten sich Pilze in jeder Flasche, bei letzteren in keiner einzigen. Alle diese Experimente stossen die Lehre, welche Dr. Bennett endgültig zu der seinigen macht, vollständig um.

In allen diesen Fällen wurde die zubereitete Luft in

den Aufguss getrieben, als er kochend heiss war. Dr. Bennett begann jetzt eine vierte Reihe von Experimenten, bei denen er die Abkühlung der Flaschen erfolgen liess, ehe er die Luft hineintrieb. In vier der so behandelten Flaschen liess er die zubereitete Luft hinein und nach einiger Zeit fand er Pilze in allen Flaschen vor. Und was folgert er nun hieraus? Nicht etwa, dass die bei seinen ersten Versuchen angewendete kochend heisse Flüssigkeit diejenigen Keime, die seinen ganzen Apparat durchlaufen hatten, zerstört habe, sondern vielmehr, dass die Luft, welche, ehe sie eingeschlossen wurde, einer Temperatur von  $212^{\circ}$  ausgesetzt war, zu dünn sei, um das Leben zu unterhalten. Diese Folgerung ist so merkwürdig, dass sie in Dr. Bennett's eigenen Worten angeführt zu werden verdient. „Es lässt sich leicht begreifen, dass Luft, die der Siedehitze ausgesetzt wird, sich dermaassen ausdehnt, dass sie kaum mehr verdient als Luft bezeichnet zu werden, und mehr oder weniger unfähig ist, thierisches oder vegetabilisches Leben zu unterhalten.“

Nun lassen sich aber hier die Thatsachen durch Zahlen feststellen, und eine Thatsache ist es, dass ich während eines grossen Theiles des Jahres in einer Luft von geringerer Dichtigkeit lebe und gedeihe, als diejenige ist, der Dr. Bennett den Namen Luft beinahe abspricht. Ebenso leben und gedeihen in der Schweiz unter denselben Bedingungen nicht nur Menschen, sondern alle Arten thierischer und pflanzlicher Organismen, wie z. B. Schafe, Kröten, Heuschrecken, Blumen, Gräser u. s. w., ja die Gemse und ihre Zicklein entwickeln sich und leben in einer noch dünneren Luft.

Bei einer fünften Reihe von Experimenten wurden sechzehn Flaschen mit Aufgüssen gefüllt. Vier derselben wurden, während sie kalt waren, mit gewöhnlicher, we-

der erhitzter noch filtrirter Luft gefüllt. In diesen vier Flaschen entwickelten sich Pilzarten. In vier andere, einen kochenden Aufguss enthaltende Flaschen wurde auch gewöhnliche Luft gepumpt; hier entwickelten sich keine Pilze. In weitere vier Flaschen, die einen gekochten, nachher erkalteten Aufguss enthielten, pumpte man filtrirte Luft; hier entwickelten sich keine Pilze; und endlich wurde in vier Flaschen, die eine kochende Flüssigkeit enthielten, filtrirte Luft gepumpt, und auch hier zeigte sich keine Pilzbildung. Also nur in den vier Fällen, wo man kalte Aufgüsse und gewöhnliche Luft in Anwendung gebracht hatte, traten Pilze auf.

Dr. Bennett zieht aber aus diesen Experimenten nicht den Schluss, auf den sie so deutlich hinweisen. Im Gegentheil dienen sie ihm zur Vertheidigung der Lehre der spontanen Erzeugung und zu einer Theorie der spontanen Entwicklung. So sehr hatte ihn der Gedanke durchdrungen, wie völlig unmöglich es für die Keime wäre, durch seine Kali- und Schwefelsäure-Röhren zu dringen, dass die Erscheinung der Pilze, selbst in einer kleinen Minderzahl von Fällen, wo die Luft durch diese Röhren getrieben worden war, ihm zum endgültigen Beweis für den spontanen Ursprung genannter Pilze wurde, und er erklärt das Nichtvorhandensein des Lebens bei vielen seiner Versuche dadurch, dass er seine Zuflucht zu einer Hypothese nimmt, die durchaus nicht stichhaltig ist. Da wir nun aber wissen, dass organische Theilchen unbeschädigt durch Alkalien und Säuren hindurchdringen können, so entsprechen die Experimente des Dr. Bennett genau dem, was unter den Umständen erwartet werden konnte. Ihre Uebereinstimmung mit den jetzt nachgewiesenen Bedingungen der Erscheinungen ist sogar ein Beweis

für die Redlichkeit und Genauigkeit, mit der die Versuche ausgeführt wurden.

Auch über einen anderen Punkt wird der leuchtende Strahl uns Aufklärung geben. Pasteur öffnete Flaschen auf dem Mer de Glace und indem er es sorgfältig vermied, sich zwischen den Wind und dieselben zu stellen, fand er die Luft bei der Mehrzahl der Fälle unfähig, Leben zu erzeugen. Herr Pouchet wiederholte Pasteur's Experiment in den Pyrenäen, indem er noch die Vorsichtsmaassregel hinzufügte, die Flaschen beim Oeffnen derselben über seinen Kopf zu halten. Der leuchtende Strahl zeigt uns sogleich die Wirkung dieser Maassregel. Man lege braunes, rauchendes Papier an die offene Mündung einer Glasglocke, so dass der Rauch in die Glocke steigt und sie erfüllt. Ein durch dieselbe geleiteter Strahl bildet eine leuchtende Bahn durch den Rauch. Wenn man nun die geballte Faust unter die Glocke setzt, so erhebt sich von der Hand ein, in Anbetracht der geringen Erhöhung der Temperatur, überraschend starker, vertikaler Wind, der den beleuchteten Rauch durch eine verhältnissmässig dunkle Luft verdrängt. Ein solcher Wind erhob sich nun jedesmal von Hrn. Pouchet's Körper, als er die Flaschen über seinen Kopf hielt, und so wurde die Vorsichtsmaassregel Pasteur's, nicht zwischen den Wind und die Flaschen zu gerathen, aufgehoben.

Ferner erzeugte Herr Pouchet, um alle Keime gänzlich zu zerstören, Wasser durch das Verbrennen von Wasserstoff in der Luft; aber selbst in diesem Wasser fand er Organismen. Wäre er, wie wir, in der Lage gewesen, zu sehen, wie sehr alle Luft mit schwebender Substanz erfüllt ist, würde er da wohl geschlossen haben, dass das Verhalten von Wasser, welches sich in solcher Luft niedergeschlagen hatte, auch nur den geringsten Ein-



fluss auf die Lösung einer so wichtigen Frage auszuüben vermöchte? Ich glaube es kaum. Sie sehen hier eine Menge Wasser, welches durch die Berührung einer Wasserstoffflamme mit dem polirten Boden einer mit Eis gefüllten, silbernen Schale niedergeschlagen ist und sich gesammelt hat. Dieses Wasser ist bei gewöhnlichem Lichte klar; aber beim Lichte des verdichteten, elektrischen Strahles erscheint es mit Theilchen beladen, die so dick gesäet und klein sind, dass sie einen ununterbrochenen Lichtkegel erzeugen. Das Wasser nahm bei seinem Durchgang durch die Luft diese Substanz in sich auf und wurde so mit Lebenskeimen angefüllt.

Erlauben Sie mir jetzt, Ihre Aufmerksamkeit auf ein anderes Experiment Pasteur's zu lenken. Er füllte einundzwanzig Flaschen mit einer Abkochung von filtrirter, reiner Hefe. Hierauf kochte er den Inhalt nochmals, um alle darin enthaltenen Keime zu zerstören und während der Raum über der Flüssigkeit mit reinem Dampf angefüllt war, schmolz er die Flaschen mittels des Löthrohres zu. Zehn derselben öffnete er in den tiefen, feuchten Kellergewölben des Pariser Observatoriums und die elf übrigen auf dem Hofe desselben Institutes. Nur eine der Ersteren zeigte in der Folge Spuren von Leben; während sich in neun Flaschen keine Organismen irgend einer Art entwickelten. In allen Flaschen, welche im Freien geöffnet worden waren, kamen Organismen sehr schnell zum Vorschein.

Hier haben wir es also mit einem in Paris angestellten Experimente zu thun; lassen Sie uns versuchen, darüber in London weitere Aufklärung zu finden. Ich stelle diese grosse Flasche in den Strahl und Sie sehen wie sich die leuchtende Bahn von einer Seite zur anderen durch dieselbe hinzieht. Die Flasche enthält die mit Keimen

und Staub erfüllte Luft dieses Raumes und ist daher der Beleuchtung fähig. Aber hier haben wir eine andere ähnliche Flasche, welche deutlich eine Lücke in dem Strahle zeigt. Sie ist mit nichtfiltrirter Luft angefüllt und dennoch ist die Bahn des Strahls nicht sichtbar. Woher kommt dies? Durch einen Zufall stiess ich auf diese Flasche in unserem Cabinet, wo sie einige Zeit unberührt gestanden hatte. Hier sind noch drei andere Flaschen, welche ebenfalls einige Tage unberührt standen; auch sie sind alle optisch leer. Die unbewegte Luft der Flaschen hat ihren Staub mit sammt den Keimen abgelagert und ist daher wesentlich frei von aller schwebenden Substanz. Diesem Umstand ist augenscheinlich das Resultat Pasteur's zuzuschreiben.

Ich habe mir eine Kammer bauen lassen, deren untere Hälfte aus Holz, die obere aber aus vier Fenstern besteht. Die Kammer geht nach oben zu in einen stumpfen Kegel aus. Sie misst im Querschnitt 3 Fuss auf 2 Fuss 6 Zoll und hat 5 Fuss 6 Zoll Höhe. Am 6. Februar wurde diese Kammer geschlossen, indem jede Ritze, durch welche Staub eindringen oder irgend eine Verschiebung der Luft stattfinden konnte, sorgfältig mit Papier verklebt wurde. Der elektrische Strahl zeigte zuerst den Staub in diesem Raume ebenso, wie er ihn in der Luft des Laboratoriums nachgewiesen hatte. Die Kammer wurde fast täglich untersucht und mit der Zeit wurde eine merkliche Abnahme der schwebenden Materie wahrnehmbar. Nach Ablauf einer Woche war die Kammer optisch leer und zeigte keine Spur einer Substanz, die das Licht hätte zerstreuen können. Aber da wo der Strahl in die Kammer herein und da wo er wieder heraustrat, zeigten die auf der inneren Fläche des Glases abgedruckten weissen Kreise, was aus dem Staube geworden war. Er hatte

sich an den Flächen festgesetzt und diese verbreiteten nun das Licht an Stelle der Luft. Wenn der elektrische Strahl durch die Luft der Pariser Kellergewölbe geleitet würde, so wage ich vorherzusagen, dass die Ursache, warum sie nicht fähig sind, Leben zu erzeugen, sich bald herausstellen würde.

Diese Versuche geben die Erklärung für die Anwendung des leuchtenden Strahls bei derartigen Untersuchungen. Sie beweisen, dass die Keime, welche Pilze und Infusorien erzeugen das Schicksal des gewöhnlichen, sichtbaren Staubes, dem sie beigemischt sind, theilen; dass solche Keime sich an die Seitenwände von Gefässen festsetzen und allmählig zu Boden fallen in Räumen, die mit völlig unbewegter Luft erfüllt sind. Jetzt aber werde ich mich einer viel interessanteren Anwendung des leuchtenden Strahles, als der bisher beschriebenen, zuwenden. Professor Lister's Auseinandersetzung der Thatsache, dass Luft, welche durch die Lungen hindurchgegangen ist, keine Fäulniss erzeugen kann, steht Ihnen gewiss noch in lebhafter Erinnerung. Er nimmt daher selbst an, dass die Luft durch die filtrirende Thätigkeit der Lungen unschädlich gemacht wird. Es fragt sich nun, ob die Annahme hinsichtlich dieses Filtrirungsprocesses auch bewiesen werden kann? Und dies ist allerdings der Fall.

Hier haben wir den condensirten Strahl, womit wir zu Anfang dieses Vortrages experimentirten. Seine Bahn durch den Staub ist leuchtend, und Sie haben die Dunkelheit wahrgenommen, welche sich einstellt, wenn der Staub verbrannt oder sonst entfernt wird. Ich fülle nun meine Lungen mit gewöhnlicher Luft an, und athme durch eine Glasröhre quer über den Strahl. Die Verdichtung des Wasserdampfes des Athems zeigt sich hier durch die Bildung einer glänzend weissen, zarten Wolke.

Es ist nöthig, diese Wolke zu beseitigen, und dies wird dadurch erreicht, dass man den Athem trocknet, ehe er in den Strahl dringt, oder noch einfacher, dadurch, dass man die Glasröhre erwärmt. Ist dies geschehen, so wird dennoch die leuchtende Bahn des Strahles eine Weile ununterbrochen erscheinen, weil der aus den Lungen zurückkehrende Staub zum grossen Theil die verdrängten Theilchen wieder ersetzt. Indessen zeigt sich nach einiger Zeit in dem Strahl eine dunkle Scheibe von zunehmender Dunkelheit, bis der Strahl zuletzt, wenn der Athem zu Ende geht, so zu sagen, von einem intensiv schwarzen Loche, in welchem keine Theilchen mehr zu entdecken sind, durchbohrt ist. Die aus der Tiefe der Lunge kommende Luft ist absolut frei von schwebender Substanz. Sie ist daher genau in dem Zustande, welchen Professor Lister in seiner Erklärung beschreibt. So oft man dieses Experiment wiederholen mag, stets bietet es dasselbe Resultat. Ich halte dies für einen abschliessenden Beweis, sowohl für die Richtigkeit von Professor Lister's Ansichten, als auch dafür, dass optisch reine Luft die Fähigkeit, Leben zu entwickeln, nicht besitzt.

### Respirator aus Baumwolle.

Ich entleere nun meine Lungen so vollständig als möglich, und indem ich eine Hand voll Baumwolle gegen meinen Mund und meine Nasenlöcher halte, athme ich Luft durch ersteren wieder ein. Es ist nicht schwer, die Lungen auf diese Weise mit Luft zu füllen. Athmet man nun diese Luft durch eine Glasröhre aus, so zeigt sich sofort, dass keinerlei schwebende Substanz mehr darin vorhanden ist. Vom Beginn des Ausathmens an ist der

Strahl von einer schwarzen Oeffnung durchbohrt. Der erste Hauch aus den Lungen beseitigt den beleuchteten Staub und setzt an dessen Stelle einen dunkeln Fleck, und diese Dunkelheit dauert während der ganzen Zeit der Athmung fort. Wenn man die Röhre unter den Strahl setzt, und sie dabei hin und her bewegt, so beobachtet man dieselbe rauchartige Erscheinung, wie man sie durch eine Flamme erhält. Kurz wenn man Baumwolle in genügender Menge und mit gehöriger Sorgfalt gebraucht, so fängt sie die schwebende Materie auf dem Wege zu den Lungen vollständig auf<sup>1)</sup>.

Die Anwendung dieser Thatsachen ist klar. Wünscht ein Arzt seine Lungen oder die seiner Patienten vor den Keimen oder dem Gifte, welches ansteckende Krankheiten verbreitet, zu schützen, so wird er den Respirator aus Baumwolle anwenden. Sorgfältig filtrirte Luft werden die Pflegenden unbeschadet einathmen können. Aller Wahrscheinlichkeit nach wird durch den Schutz, den man dem Munde und den Lungen angedeihen lässt, zugleich auch der ganze übrige Körper geschützt. Denn es ist äusserst wahrscheinlich, dass die epidemischen Krankheiten dem Körper durch solche Keime zugeführt werden, welche sich in den Luftgängen festsetzen, oder sich ihren

---

<sup>1)</sup> Seit der ersten Veröffentlichung dieser Resultate hat Professor Lister von der Baumwolle als Filtrirmittel bei der Behandlung von Wunden Gebrauch gemacht. Er zerstört zuerst die der Baumwolle anhängenden Keime, und tödtet sodann durch ein geeignetes Waschwasser diejenigen, welche möglicher Weise auf der Wundfläche vorhanden sind. Die gereinigte, auf die Wunde gelegte Baumwolle, gestattet der Luft eine freie Verbreitung, fängt aber die Keime vollständig auf, und erhält das Blut völlig rein. Hierbei ist es wesentlich, dass kein Eiter aus der Wunde an die äussere Luft trete, denn dieser Eiter würde den Organismen den Weg bahnen.

Weg vermittelt des Speichels in den Magen und dessen Aufsaugungswerkzeuge bahnen. — Ist dies der Fall, dann könnte man die Keime durch sorgfältig bereitete, baumwollene Filtrirapparate abwehren. Ich selbst wäre gerne bereit, die Wirksamkeit der Letzteren an meiner eigenen Person zu erproben. Aber auch abgesehen von Fällen zweifelhaften Nutzens ist es vollständig sicher, dass man verschiedene Gewerbe, welche der Gesundheit nachtheilig sind, durch den Gebrauch solcher Filtrirapparate gefahrlos machen könnte. Ich habe hierfür entscheidende Beweise von Leuten, die in solchen Gewerben beschäftigt waren. Herr Garrick, ein Hôtelbesitzer in Glasgow, hat eine Art Respirator erfunden, der für diesen Zweck sehr geeignet ist, und bei dem das Ein- und Ausathmen durch zwei verschiedene Klappen stattfindet, von denen die eine die Luft durch die Baumwolle eintreten, die andere sie direct in die Atmosphäre austreten lässt. Es würden sich leicht noch andere Formen dafür finden lassen.

### Respirator für Löschmannschaften.

Der Rauch ist oft für die Löschmannschaft das grösste Hinderniss bei ihren Rettungsversuchen. Ich versuchte daher einen Respirator zum Gebrauch für die Feuerwehr herzustellen. Schroeder war der Erste, der Baumwolle zum Filtriren verwendete. Herr Pouchet benutzte, um die atmosphärischen Keime aufzufangen, ein Häutchen von auf Glas gestrichenem, klebrigem Glycerin, während Dr. Stenhouse sich für Respiratoren mit Vortheil der Holzkohle bediente. Verbindet man nun diese drei Stoffe, so erhält man einen Respirator von ganz besonderer

Wirksamkeit. Als Schutzmittel gegen den Rauch von getrockneten Blättern genügte die blosse Baumwolle; aber gegen den weit durchdringenderen Rauch von harzigem Tannenholz erwies sie sich als völlig ungenügend. Auf den Vorschlag eines Freundes feuchtete ich die Baumwolle mit Glycerin an, was sich als grosse Verbesserung erwies. Es war die Idee von Herrn Pouchet, nur in anderer Form. Aber auch damit konnte man dicken Rauch nur etwa fünf Minuten lang aushalten. Ich verband hierauf kleine Stückchen Holzkohle mit der angefeuchteten Baumwolle, und die Wirkung war eine ausgezeichnete <sup>1)</sup>. Mit einem derartigen Respirator versehen, ist es möglich, ohne Beschwerde in einem Raume zu athmen, welcher so dicht mit Rauch erfüllt ist, dass ein einziger Athemzug darin ohne den Respirator absolut unerträglich wäre. Ich erkundigte mich schriftlich bei dem Chef unserer Londoner Feuerwehr, ob ein solcher Respirator von Nutzen sein würde; er bejahte die Frage, fügte aber hinzu, dass er jeder derartigen Erfindung in allen Ländern Europas gefolgt sei, und dass sich keine einzige bewährt habe. Er war so freundlich, meine Einladung anzunehmen, und mit zwei Löschmännern und einem Gehülfen nach der „Royal Institution“ zu kommen. Die drei Männer gingen, mit dem Respirator versehen, nach einander in den mit Rauch erfüllten Raum, und erklärten bei ihrer Rückkehr, nicht die mindeste Unbequemlichkeit empfunden zu haben, so dass sie gerne den Tag über da geblieben sein würden. Capitän Shaw selbst wiederholte dies Experiment mit demselben Erfolge. Ich bin fest überzeugt, dass dieser Respirator im Laufe der

---

<sup>1)</sup> Derartige Respiratoren sind von Mr. Ladd in Beak-Street zu beziehen.

Zeit zum Nutzen eines Berufes angewendet werden wird, dessen Leistungen wir in kritischen Momenten so oft zu bewundern Gelegenheit haben.

Anwendung leuchtender Strahlen auf das  
Wasser.

Die hier verfolgte Untersuchungsweise ist auch auf das Wasser anwendbar. Sie ergänzt gewissermaassen die Untersuchungen des Mikroskops und kann, meiner Meinung nach, wesentlich zur Unterstützung der mit diesem Instrument angestellten Forschungen beitragen. Bei der mikroskopischen Untersuchung wird die Aufmerksamkeit auf einen kleinen Theil der Flüssigkeit gerichtet, und die Entdeckung der einzelnen schwebenden Theilchen angestrebt. Bei der vorliegenden Methode wird ein grosser Theil der Flüssigkeit beleuchtet, und ihr allgemeiner Zustand durch das von den schwebenden Theilchen zerstreute Licht dargethan. Man sorgt dafür, das Auge vor dem Zutritt alles anderen Lichts zu schützen, und dadurch wird dieses Organ ausserordentlich empfindlich. In der That kann eine unendlich kleine, in Zahlen kaum auszudrückende Unreinigkeit, deren einzelne Theile so winzig sind, dass sie dem Mikroskop völlig entgehen, auf die eben erwähnte Weise aufgefunden werden, und nicht nur eine wahrnehmbare, sondern sogar eine auffällige Wirkung auf das Auge ausüben.

Betrachten wir z.B. das Wasser in dieser Flasche, deren Inhalt dazu bestimmt ist, den Durst des Vortragenden zu stillen. Es zeigt sich in der Bahn des Strahles einfach als schmutziges Wasser. Sie sehen also, dass der Schmutz überall in uns eindringt, nicht nur durch die Luft, die



wir einathmen, sondern auch durch das Wasser, das wir trinken. Und dieses Wasser ist nicht schlechter, als alles andere Wasser in London. Dank der Güte von Professor Frankland, bin ich von acht Gesellschaften in London mit Wasserproben versehen worden. Sie sind alle auf mechanische Weise durch Massen suspendirter Theilchen verunreinigt. Aber, werden Sie fragen, kann denn die schwebende Materie nicht durch Filtriren entfernt werden? Bei der gröberer Substanz ist dies allerdings der Fall, aber nicht bei der feiner zertheilten Masse. Hier haben wir Wasser, welches vier Mal durch ein Löschpapier filtrirt wurde und das dennoch mit kleinen Theilchen beladen ist. Sie sehen hier ferner eine Flasche, welche mir von Herrn Lipscomb gütigst zugeschickt wurde, deren Inhalt ein Mal durch seinen Kohlenfilter gegangen ist. Aber die Bahn des Strahls ist leuchtender in diesem Wasser als in der Luft, weil die Menge der im Wasser vertheilten Substanz grösser ist als die in der Luft enthaltene. Erlauben Sie mir Ihnen noch eine andere Sorte Wassers zu zeigen, welches ich der Freundlichkeit der „Silicated Carbon Company“ (Gesellschaft zur Darstellung von Kieselsäure haltiger Kohle) verdanke. Alle gröbere Substanz ist zwar daraus entfernt, die feinere ist aber noch reichlich vorhanden. Neun Zehntel des durch diese Theilchen zerstreuten Lichtes ist in vollständig rechtwinkliger Richtung zu dem Strahle polarisirt, und diese Abweichung von dem allgemeinen Gesetz der Polarisation ist ein Beweis für die Kleinheit der Theilchen. Meiner Meinung nach liegt bei weitem der grösste Theil der Partikel, welche in dieser Weise das Licht zerstreuen, völlig ausserhalb des Bereichs vom Mikroskope; auch lassen sie sich durch keinen gewöhnlichen Filtrirapparat auffangen. Man empfindet ein ästhetisches Vergnügen beim Trinken eines Glases kalten klaren Wassers;

dieses Vergnügen wird uns leider durch unsere Experimente verdorben worden sein. Durch künstliche Mittel reines Wasser zu erzeugen ist auch beinahe unmöglich. Mr. Hartley hat z. B. vor einiger Zeit Wasser destillirt, das von Wasserstoff umgeben war, allein es war nicht frei von schwebender Substanz. Es ist sehr schwer, inmitten des Schmutzes rein zu bleiben. Indessen haben wir hier annähernd reines Wasser. Es kommt aus dem Genfer See, und die Flasche ist durch meinen ausgezeichneten Freund Mr. Soret eigens für mich gefüllt worden. Die Bahn des Strahls durch dasselbe ist von zarter, himmelblauer Farbe, und es findet sich kaum eine Spur von gröberer Substanz darin vor.

Das reinste Wasser, welches ich je gesehen habe, und vermuthlich das reinste was überhaupt je gesehen worden ist, wurde durch Zerschmelzen von auserlesenen Stücken Eis erhalten. Um diesen Grad der Reinheit herzustellen, bedarf es jedoch ausserordentlicher Vorsichtsmaassregeln. Mein Assistent hat zu diesem Zweck einen Apparat ersonnen und zusammengestellt. Durch die Platte einer Luftpumpe geht die Röhre eines grossen Trichters, an welchen unter der Platte ein Glaskolben angekittet ist. In den Trichter wird ein Stück des durchsichtigsten Eises gelegt, und über dem Trichter befindet sich eine Glasglocke. Diese wird zuerst ausgepumpt und dann mehrmals mit durch Baumwolle filtrirter Luft wieder angefüllt, so dass das Eis von reiner, staubfreier Luft umgeben ist. Dasselbe war aber vorher in Berührung mit stauberfüllter Luft und es ist daher nöthig, dass seine Oberfläche sowohl als auch der Kolben, welcher das zerschmolzene Wasser in sich aufnehmen soll, abgespült werde. Man lässt das Eis zerschmelzen, der Kolben wird gefüllt und mehrmals geleert,

bis zuletzt das grosse Stück zu einem kleinen zusammengesmolzen ist. Jetzt haben wir die Gewissheit, dass alle Unreinheit von der Oberfläche der Eises entfernt worden ist. Diese beiden Kolben enthalten auf solche Weise hergestelltes Wasser, dessen Reinheit die höchste bisher erreichte ist. Dennoch würde ich anstehen dieses Wasser absolut rein zu nennen. Wenn der condensirte Strahl durch dasselbe geleitet wird, so ist seine Bahn nicht unsichtbar, aber von dem allerzartesten Blau. Dieses Blau ist reiner als das der Atmosphäre, und also muss die Substanz, welche dasselbe erzeugt, auch feiner sein, als die, welche die Luft erfüllt. Es ist behauptet worden, dass dieses Blau von den Molekeln des Wassers und nicht von einer in demselben schwebenden Substanz verbreitet wird. Möglicherweise ist dem so; aber, wenn wir bedenken, dass dieses Blau erst durch andere weniger vollkommene Stadien zu diesem Grade von Vollkommenheit gelangt, und wenn wir ferner in Betracht ziehen, dass ein in jeder Hinsicht ähnliches Blau nachweislich mittels mechanisch suspendirter Theilchen erzeugt werden kann, so sollten wir uns nicht übereilen, daraus den Schluss zu ziehen, dass wir das letzte Stadium der Läuterung erreicht haben. Meiner Meinung nach weisen die hier entwickelten Thatsachen deutlich auf die Folgerung hin, dass, wenn wir den Läuterungsprocess noch weiter fortführen könnten, selbst diese letzte zarte Spur von Blau ganz verschwinden müsste.

Kreidewasser. Clark's Methode, Wasser weich zu machen.

Sollte es nicht möglich sein, hier in England ähnliches Wasser wie das des Genfersees aufzuweisen? Ohne Zweifel ist dies möglich. Es giebt in England eine Felsart, die zugleich ein natürlicher Filtrirapparat und ein äusserst reinlicher Recipient ist, und von der man daher ein von mechanischen Unreinheiten ausserordentlich freies Wasser erhält. Ich rede von der Kreideformation, in welcher grosse Mengen von Wasser aufgespeichert sind. Unsere Kreideberge sind meist mit sehr dünnen Lagen von Erde und einer sehr dürftigen Vegetation bedeckt. Beide bieten dem Eindringen des Regens in die Kreide nur geringe Hindernisse, und jede organische Unreinheit, die das Wasser mit sich führen mag, wird bald oxydirt und unschädlich gemacht. Diejenigen, welche, wie ich, die Dünen von Hampshire und Wiltshire durchstreift haben, werden sich des Mangels an Wasser in diesen Gegenden entsinnen. In der That sinkt hier der Regen in die gespaltene Kreide und sickert durch dieselbe, statt die Oberfläche zu bespülen und sich in Strömen zu sammeln, und wenn man diese Felsbildung auf richtige Weise anzapft, so erhält man ausserordentlich frisches und reines Wasser. Diese Kugel hier ist mit Wasser aus einem Brunnen in der Nähe von Tring gefüllt. Es ist wundervoll frei von jeder mechanischen Beimischung, und es ist auch leicht begreiflich, dass Wasser, welches den verunreinigenden Einflüssen der Erdoberfläche entzogen wird, und durch eine so reine Substanz sickert, rein sein muss. Leiten wir einen Strahl

durch dieses Glas Wasser, so zeichnet es sich durch seine besondere Reinheit aus. Wir sehen die Bahn des Strahls, aber sie ist nicht so trübe und schmutzig, wie sie sich im Londoner Wasser zeigt. Es ist vielfach erörtert worden, ob sich dieser Vorrath vortrefflichen, in der Kreide enthaltenen Wassers nicht für London gewinnen liesse. Viele der hervorragendsten Ingenieure und Chemiker haben diese Quelle auf's Wärmste empfohlen und haben zu zeigen gesucht, dass sie nicht nur von unübertroffener Reinheit, sondern dass sie faktisch unerschöpflich ist. Es sind jetzt, wie ich glaube, genügende Data gewonnen worden, um dies zu beweisen; die Anzahl der in der Kreide versunkenen Quellen ist zu beträchtlich, und die Menge des von ihnen gelieferten Wassers zu wohl bekannt.

Aber dieses, wegen seines völligen Mangels an mechanischer Beimischung so vortreffliche Wasser, hat den Nachtheil sehr hart zu sein, was von der grossen Menge des darin aufgelösten kohlensauren Kalkes herrührt. Das Kreidewasser in der Nähe von Watford enthält eine Lösung von ungefähr siebenzehn Gran kohlensauren Kalkes per Gallone. Dies wurde in der alten Kunstsprache als siebenzehn Grad Härte bezeichnet. Nun ist aber dieses harte Wasser sowohl zur Bereitung von Thee als auch zur Wäsche ungeeignet; es überzieht ausserdem das Innere der Kessel mit einer Kruste, weil der in Lösung befindliche Kalk durch das Kochen niederschlagen wird. Wenn das Wasser kalt gebraucht wird, so muss seine Härte durch den Aufwand von vieler Seife neutralisirt werden, ehe man es zum Seifenschaum gebrauchen kann. Dies sind wesentliche Hindernisse für den Gebrauch des Kreidewassers in London. Aber sie lassen sich leicht beseitigen, seitdem man experimentell

nachgewiesen hat, dass ein solches Wasser ohne bedeutenden Kostenaufwand, und in grossem Maassstabe weich gemacht werden kann. Seit langer Zeit wusste ich von einer Methode das Wasser weich zu machen, bekannt als Clarks Methode, aber erst vor Kurzem sah ich sie unter der Leitung von Mr. Homersham in grösserem Maassstabe anwenden. Nach diese Methode wird der Wasservorrath für die Stadt Canterbury aus Kreidewasser hergestellt; für Tring und Aylesbury geschieht dasselbe in den Chiltren Hills und auch Caterham erfreut sich dieses Vortheils.

Ich habe alle diese Orte besucht und mich mit den Wasserwerken daselbst bekannt gemacht. In Canterbury sind bedeckte Wasserbehälter, die sowohl vor der Hitze des Sommers als vor der Kälte des Winters durch ein festes Dach und Schichten von Kieselsteinen geschützt sind. Jeder dieser Wasserbehälter enthält 120,000 Gallonen Kreidewasser. An diese grenzend liegen andere Wasserbehälter, die reinen gelöschten Kalk, den sogenannten „Kalkrahm“ enthalten. Diese sind mit Wasser gefüllt, welches, vermöge der durch eine Maschine in die Oeffnungen des Reservoirbodens getriebenen Luft, gründlich mit dem Kalk vermengt wird. Das so mit Kalk gemischte Wasser löst von diesem alles, was lösbar ist, auf. Später senkt sich der Kalk zu Boden und hinterlässt vollständig klares Kalkwasser.

Jetzt gilt es, das Kreidewasser weich zu machen. In den leeren Wasserbehälter wird zuerst eine bestimmte Menge Kalkwasser und sodann ungefähr neunmal so viel Kreidewasser geleitet. Sofort verschwindet die Durchsichtigkeit, und die Mischung der beiden klaren Flüssigkeiten wird dick und trübe. Der kohlen saure Kalk wird niedergeschlagen, und man lässt den Niederschlag zu Boden fallen; er ist krystallinisch und schwer, und sinkt daher

schnell. Nach ungefähr zwölf Stunden findet sich eine Schichte von reinem, weissen, kohlen sauren Kalk am Boden des Gefässes, und darüber aussergewöhnlich schönes und reines Wasser. Vor einigen Tagen warf ich einige Münzen in ein grosses Wasserreservoir auf den Chiltern Hills. Die Geldstücke erschienen noch vollkommen deutlich durch die Tiefe von 16 Fuss Wasser. Ich bin überzeugt, hätte ich eine Stecknadel hineingeworfen, man hätte selbst diese auf dem Grunde sehen können. Durch dies Verfahren wird das Wasser von 17 Grad Härte auf 3 Grad zurückgeführt. Jetzt schäumt die Seife sofort in dem Wasser, dessen Temperatur sich das ganze Jahr hindurch gleich bleibt. Im heissesten Sommer ist es kühl, denn seine Temperatur steht 9° Reaumur über dem Gefrierpunkt, und wenn es durch passende Röhren geleitet wird, gefriert es im Winter nicht. Es wird weder durch Erde noch durch Luft verunreinigt. Die Wasserbehälter sind bedeckt; es kann kein Blatt hineingeweht werden; es ist keiner Verunreinigung von der Oberfläche her zugänglich, und es geht unmittelbar von der Hauptleitung in die Leitungen der Häuser; es werden dabei keine Cisternen angewendet, der Zufluss ist immer frisch und rein, und es ist stark lufthaltig. Auf solche Weise gewonnenes Wasser geniessen die Einwohner von Tring, Caterham und Canterbury.

Lassen Sie sich nun noch zum Schluss daran erinnern, dass ich die durch den elektrischen Strahl nachgewiesene, schwebende Materie nicht bloss für lebende Organismen halte. Ich glaube vielmehr, dass nur in Ausnahmefällen, wie die in den ausgezeichneten Berichten des Dr. Angus Smith angeführten, die Menge der organischen Substanz, welche in der Luft unserer Strassen und Zimmer schwebt mehr als einen kleinen Bruch-

theil des gesammten Staubes beträgt. Aber ich halte es für eine festgestellte Thatsache, dass zur Zeit von Epidemien Luft und Wasser mit specifischer „materies morbi“ beladen sind, durch welche sich die Krankheit weiter fortpflanzt, und dass eigentlich diese beiden Medien die Hauptleiter für die Weiterverbreitung des Krankheitsstoffes sind. Ich glaube man hat zwingende Ursache, den Ansteckungsstoff als aus Körperchen bestehend, und diese selbst in jeder Hinsicht als Keime anzusehen, da sie die wesentliche und charakteristische Fähigkeit zeigen, ihre eigene Gattung durch zahllose Geschlechter, und über weite geographische Gebiete hin, fortzupflanzen. Ihr Leben und ihre Reproduction entwickeln sich parallel mit dem Leben des Menschen und greifen in dasselbe ein. Ich bezweifle nicht die Fähigkeit dieser Theilchen, Licht zu zerstreuen; auch nehme ich an, dass dieselben Mittel, welche den Staub zurückhalten, der in unserer Atmosphäre schwebt, und welche die Keime von verschiedenem pflanzlichem und thierischem Leben mit Einschluss der Fäulniskeime festzuhalten vermögen, sich auch wirksam erweisen werden, die Weiterverbreitung von Contagien zu verhindern.

Der folgende Auszug eines an mich gerichteten Privatbriefes des Dr. William Budd, ist so bedeutend und von so klarer Beweisführung, dass ich die Erlaubniss des ausgezeichneten Verfassers ihn zu veröffentlichen nachsuchte und sie erhalten habe.

„Von grosser praktischer Wichtigkeit ist es, soweit dies möglich, den betreffenden Antheil, welchen die Luft und das Wasser an der Verbreitung von Krankheiten in grossem Maasstabe haben, zu ermitteln. Dass sowohl die Cholera als der Typhus sich manchmal durch das Trinkwasser fortgepflanzt haben, ist genugsam bewiesen. Ich



habe selbst viele derartige Fälle mitgetheilt, und viele andere, noch weit schlagendere finden sich unter meinen Notizen aufgezeichnet. Aber, dass das Wasser der einzige oder auch nur der Hauptleiter der Cholera und des Typhus sei, ist eine Annahme, die, wenn ich meiner eigenen Erfahrung trauen darf, nicht durch Thatsachen verbürgt wird.

„Indem ich mich für jetzt auf Typhus beschränke, bin ich im Stande behaupten zu können, dass das schlimmste und am weitesten verbreitete Auftreten dieses Fiebers, welches ich erlebt habe, in Gemeinden vorkam, die mit absolut untadelhaftem Trinkwasser versehen waren. Zwei Beispiele mögen genügen.

„Ich lebe in einer Stadt, wo das Trink- und das Kloakenwasser längst von einander getrennt sind. Bristol wird mit Trinkwasser versehen, welches von seinem Ursprung in den Mendips bis zu dem Behälter, aus welchem es unter Hochdruck dem Consumenten geliefert wird, durch Röhren fliesst, die ausser allem Bereich des Kloakenwassers liegen.

„Dennoch hatte der Typhus in Bristol nicht nur nicht aufgehört, sondern es trat vor ungefähr 8 bis 10 Jahren (noch vor der Anstellung von Sanitätsbeamten) im Kirchspiel St. James eine der schlimmsten Typhus-epidemien auf, die ich je beobachtet habe. Während eines Rundganges, den ich eines Morgens mit dem verstorbenen Dr. Pring (damaligem Beamten für das Armenkrankenwesen) machte, sah ich in einem verhältnissmässig kleinen Umkreise mehr als 80 Typhusfälle.

„Nun tranken aber, mit Ausnahme eines einzigen Haushaltes, sämmtliche Patienten Mendipwasser, dasselbe Wasser, welches mehr als 150000 ihrer städtischen Mitbe-

wohner, ausserhalb des angesteckten Gebietes, völlig unbeschadet zu sich nahmen.

„Vor 4 oder 5 Jahren schickte man nach mir, um meinen Rath über Maassregeln zu erholen, die in einem zwei Meilen von Bristol entfernten grossen Kloster gegen ein daselbst ausgebrochenes typhöses Fieber angewendet werden sollten. Die Bewohner sonderten sich in drei verschiedene Abtheilungen, von denen die grösste eine Besserungsanstalt für Mädchen war, und den mittleren Theil des Gebäudes einnahm. Das Fieber war hier durch ein erkranktes Mädchen, welches sich dasselbe in einem mehr als 20 Meilen entlegenen Strandorte zugezogen hatte, eingeschleppt worden. Von diesem einen Falle theilte sich die Krankheit weiter mit, bis endlich zur Zeit meines Besuches mehr als 50 Mädchen davon befallen waren. Von Anfang bis zu Ende beschränkte sich das Fieber jedoch auf die Mädchen in der Anstalt und auf Solche, die mit ihrer unmittelbaren Pflege zu thun hatten.

„Hinsichtlich des Trinkwassers wurden folgende Thatsachen festgestellt:

„1. Durch Untersuchung des Brunnens und durch chemische Analyse wurde bewiesen, dass das Wasser von jeder Verunreinigung von Kloakenwasser frei war.

„2. Die Bewohner einer anderen grossen Abtheilung des Klosters blieben vom Fieber gänzlich verschont, obgleich sie dasselbe Wasser tranken, wie die Mädchen, unter denen das Fieber wie eine Pest wüthete.

„3. Von dem Zeitpunkte an, wo man die Ausleerungen der Kranken zu desinfiziren begann, hörte die Krankheit auf sich weiter zu verbreiten, obgleich nach wie vor dasselbe Wasser in der Abtheilung getrunken wurde.

„Endlich aber ist, obgleich seitdem nichts für den

Brunnen geschehen und das Wasser dasselbe geblieben ist, doch seit der Zeit kein Fall von Typhus in dem Kloster aufgetreten.

„In beiden Fällen ist, wie Sie sehen, die Beweisführung so zwingend und entscheidend, dass man sie nicht widerlegen kann.

„Diese Fälle beweisen wenigstens, dass der Typhus auf's Schlimmste auftreten kann, ohne dass das Wasser dabei irgend welchen Antheil an der Verbreitung des Gifts zu haben braucht.

„Aber, wenn das Wasser ausgeschlossen ist, dann ist die Luft der einzig mögliche Leiter, durch welchen ein in dem lebenden Körper erzeugtes Gift in andere lebende Körper in hinreichend grosser Menge übergehen kann, um die daraus hervorgehende Krankheit in epidemischer Form auftreten zu lassen.

„Ich bemerke ferner, dass die Ansteckung der Luft in diesen beiden Fällen offenbar nicht das Werk des Zufalles war, sondern nur die Wirkung von Kräften darstellte, welche immer thätig sind, wo dieses Fieber herrscht.

„Dieser Vorgang ist thatsächlich nur der Ausdruck eines allgemeinen Gesetzes.

„Die in den flüssigen Absonderungen contagiöser Krankheiten enthaltenen Keime verbreiten sich nämlich nicht durch irgend welche ihnen eigenthümliche Kraft in der Luft, sondern nur in Folge der nämlichen physikalischen Bedingungen, welche die Keime der grossen Classe der Infusorien sich massenhaft in Flüssigkeiten verbreiten lässt, worin sie ja, wie ihr Namen besagt, gedeihen.

„Wäre es nöthig und gestattete es mir die Zeit, so könnte ich durch ein eben so entscheidendes Argument beweisen, dass alle diese Angaben sich eben so gut auf die Cholera beziehen.

„Ich glaube nicht, dass Sie aus diesen Thatsachen neuen Stoff für Ihre Arbeit schöpfen werden, aber ich habe es der Mühe werth erachtet, Ihnen dieselben zur Kenntniss zu bringen, da sie mit Ihren eigenen Untersuchungen so völlig übereinstimmen, und nachdem Sie durch Beobachtungen so schlagend bewiesen haben, dass man weder der Luft, noch dem Wasser trauen kann.

„Was nun die Keimtheorie selbst betrifft, so ist dies ein Punkt über den ich längst schlüssig geworden bin. Seit der Zeit, da ich zuerst über diese Dinge nachdachte, habe ich nie einen Zweifel darüber gehegt, dass die besondere Ursache ansteckender Fieber von lebenden Organismen herrühren muss.

„Es ist in der That unmöglich, irgend etwas in Bezug auf das Wesen und den unterscheidenden Charakter dieser Fieber auszusagen, ohne Ausdrücke zu gebrauchen, die vor allem Anderen charakteristisch für das Leben sind. Nehmen Sie die Schriften der heftigsten Gegner der Keimtheorie zur Hand, und zehn gegen eins gewettet, werden Sie sie voll von Bezeichnungen wie „Fortpflanzung“, „Selbstfortpflanzung“, „Wiedererzeugung“, „Selbstvermehrung“ u. s. f. finden. Man mag es anstellen, wie man will, — wer etwas Charakteristisches in Bezug auf die Krankheit zu sagen hat, wird nicht umhin können, diese oder ganz gleichbedeutende Ausdrücke zu gebrauchen. Während sich diese Bezeichnungen vortrefflich auf das Leben und auf lebende Wesen anwenden lassen, so drücken sie Eigenschaften aus, welche nicht nur auf gewöhnliche chemische Kräfte unanwendbar, sondern, so weit ich es beurtheilen kann, geradezu unbegreiflich an denselben sind.“

XII.

---

LEBEN UND BRIEFE

VON

FARADAY.

VON

DR. HENRY BENICE JONES.

---

Aufsatz aus der „Academy“, Mai und Juni 1870.

---

Fame is the spur that the clear spirit doth raise  
(That last infirmity of noble minds)  
To scorn delights and live laborious days;  
But the fair guerdon when wir hope to find,  
And think to burst out into sudden blaze,  
Comes the blind fury with the abhorred shears,  
And slits the thin-spun life. But not the praise  
Phoebus reply'd and touched my trembling ears;  
Fame is no plant that grows on mortal soil,  
Nor in the glistening foil  
Set off to the world, nor in broad rumour lies;  
But lives and spreads aloft by those pure eyes,  
And perfect witness of alljudging Jove.

**Milton.**

Der Ruhm, die letzte Schwäche edler Seelen,  
Er ist der Sporn, mit dem der lichte Geist uns stachelt,  
Lust zu verschmähen und Arbeit aufzusuchen.  
Doch wenn den Lohn wir endlich zu ergreifen  
Gedenken, lichten Glanz ringsum ergießend,  
Dann kommt die Parze mit verhasster Scheere  
Und trennt den dünnen Faden unsres Lebens.  
— Doch nicht das Lob, antwortet Phöbus in mein zitternd Ohr,  
Ruhm wächst nicht auf dem Boden der Vergänglichkeit,  
Auch wohnt er nicht im Flittergold der Welt,  
Noch in dem, was gemein Gerücht verkündet.  
Er lebt und strahlet aus im reinen Blick  
Und weisen Richterspruch des hohen Zeus.

## XII.

### Leben und Briefe von Faraday.

---

Das Werk von Dr. Bence Jones, unternommen und ausgeführt in ehrerbietigem und liebendem Sinne, lässt Faraday gleichsam sein eigenes Leben beschreiben. Jedermann kennt jetzt die Geschichte der Abstammung des grossen Naturforschers; man weiss, dass er der Sohn eines Schmiedes war, dass er in Newington Butts 1791 geboren wurde, dass er als Ausläufer durch die Strassen von London eilte, mit hellen Augen und braunen Locken, unter dem Arme ein Pack Zeitungen; dass der Meister des Knaben ein Buchbinder und Buchhändler war, ein freundlicher Mann, der den kleinen Kerl lieb gewann und ihn bald als Lehrjungen ohne Lehrgeld annahm; und dass dieser während der Lehrzeit seinen Heisshunger nach Kenntnissen erweckt und gekräftigt sah durch die Bücher, welche er heftete und band. So wuchs er heran an Weisheit und Kraft bis zur Zeit, wo er das Mannesalter erreichte; und seine in den vorliegenden Bänden enthaltenen Briefe schildern von da ab seine Beschäftigungen, geistigen Erwerb und Sinnesart. Die Briefe sind an Mr. Abbott, einen Quäker gerichtet, der dieselben mit richtiger

Vorahnung von seines Freundes künftiger Grösse aufbewahrte, und sie später zur rechten Zeit zum Vorschein brachte.

In späteren Jahren trug Faraday stets eine leere Karte in der Tasche, worauf er mit Bleistift seine Gedanken und Bemerkungen hastig niederschrieb. Er machte seine Notizen im Laboratorium, im Theater und auf der Strasse. Schon in seinem ersten Brief an Abbott verräth er ein Misstrauen gegen sein Gedächtniss. Faraday widersetzt sich dem Vorschlage, dass ein neuer Gegenstand zwischen ihnen erörtert werde, ehe der alte gründlich erschöpft sei, mit folgenden Worten: „Ihre Idee kann ich aus folgendem Grunde nicht zugeben“; schreibt er, „Einfälle und Ideen entstehen in meinem Geiste, und sind unwiderbringlich verloren, wenn ich sie nicht sofort aufschreiben kann.“ So sanft er schien, so liebte er doch seinen eigenen Weg zu gehen, und that dies auch sein ganzes Leben hindurch. Zuweilen entstanden Meinungsverschiedenheiten zwischen den beiden Freunden, und dann kämpften sie dieselben entschlossen durch. „Ich nehme Ihre Aufforderung zum Kampfe freudig an, und werde in einem Streite der Erfahrungen keine Schmerzen, sondern hoffentlich nur Freude verursachen.“ Faraday ist sich seines Ungestüms bewusst, und hält sich unaufhörlich im Zaum. Zuweilen ist etwas Mechanisches in dieser Selbstüberwindung. Bei einer anderen Natur würde sie sich zu blosser „Correctheit“ des Benehmens verhärtet haben; allein seine überströmenden Gefühle verhinderten dies bei ihm. Die Gewohnheit wurde schliesslich zur zweiten Natur, und gab seinen späteren Jahren ungetrübte Heiterkeit.

Im October 1812 wurde er als Buchbindergeselle bei einem Herrn de la Roche angenommen; allein die Stel-



lung sagte ihm nicht zu. Sein Meister scheint ein strenger und leidenschaftlicher Mann gewesen zu sein, und Faraday war im höchsten Grade empfindlich. Er blieb so sein Leben lang. Er litt zuweilen an Entmuthigung, zuweilen auch verfiel er in beinahe grimmige Stimmungen: „Ich bin jetzt so ernsthaft“, schrieb er an Abbott, „als Sie es nur sein könnten, und würde ohne zu zaudern jedem Menschen jede Wahrheit sagen, welchen Widerwillen er nachher auch gegen mich fassen möchte. In diesem Gemüthszustande hätte ich nicht an Sie geschrieben, wenn ich nicht aus dem allgemeinen Ton Ihrer Briefe entnommen hätte, dass Sie sich zu geeigneter Zeit mit ernsthaften Dingen beschäftigten, mit Ausschluss Alles dessen was frivol ist.“ Offenbar war er in jene strenge puritanische Stimmung gerathen, welche nicht nur das Fleisch, die Neigungen und Lüste dessen kreuzigt, der sie beherbergt, sondern oft ebenso die Gemüthsruhe der Freunde stört.

Faraday verliess nach ungefähr drei Monaten seinen Meister de la Roche und das Buchbinderhandwerk überhaupt. Er hatte Davy gehört, hatte dessen Vorlesungen nachgeschrieben und sich an den grossen Mann gewandt um aus dem verhassten Geschäftsleben erlöst zu werden, und sich der Wissenschaft widmen zu können. Davy erkannte das Verdienst seines Correspondenten, behielt ihn im Auge, und als sich die Gelegenheit darbot, fuhr er bei ihm vor und schickte ihm einen Brief hinauf, worin er ihm die Stelle eines Assistenten im Laboratorium der Royal Institution anbot. Faraday trat die Stelle am 1. Mai 1812 an, und am 8. finden wir ihn bereits Zucker aus Runkelrüben ausscheidend. Er trat in die City Philosophical Society ein, welche durch Mr. Tatum im Jahre 1808 gegründet worden war. „Die Disciplin war sehr streng,

die Bemerkungen sehr einfach und die Resultate höchst werthvoll.“ Faraday zog grossen Gewinn aus dieser kleinen Gesellschaft. Im Laboratorium hatte er eine noch strengere Disciplin durchzumachen. Sowohl Davy als er wurden damals bei einer Explosion von Chlorstickstoff gar übel zerschnitten und verletzt. Eine Explosion war so heftig, „dass sie meine Hand zerschnitt und einen Theil eines Nagels wegriss, und meine Finger so sehr verletzte, dass ich sie kaum gebrauchen kann.“

„Bei einem anderen Versuche wurden die Röhre und die Retorte in Stücke zersprengt, ich erhielt einen Schlag an den Kopf, und Sir Humphrey eine Quetschung an der Hand.“ Dieselbe Substanz besprechend sagt er abermals: „Als wir sie unter die Luftpumpe brachten und diese auspumpten, hielt sie sich einen Augenblick still und explodirte alsdann mit einem schrecklichen Knall. Sowohl Sir Humphrey als ich hatten Masken vorgebunden, allein ich kam am Besten weg; Sir Humphrey's Gesicht war an zwei Stellen zerschnitten, und ausserdem erlitt er einen heftigen Stoss an der Stirn trotz der ziemlich dicken Hülle von Leder und Seide.“ Es war dieselbe Substanz, welche das Auge von Dulong zerstörte.

Wir können so früh in seinem Leben schon jene Eigenschaft entdecken, welche ihn in Verbindung mit seinen seltenen Geisteskräften zum grossen experimentirenden Forscher machte. Es war der stets rege Wunsch, die That-sachen selbst zu sehen, und sich nicht mit Beschreibungen derselben zu begnügen. Er vergleicht oft das Auge mit dem Ohr und spricht sich für die ungeheure Ueberlegenheit des Auges aus. In seinen späteren Jahren hörte ich ihn sagen, dass er einen Versuch erst dann wirklich verstehen könne, wenn er ihn gesehen habe. Allein er beschränkte sich nicht auf den Versuch. Er wollte ein Lehrer

werden und schrieb und dachte über die Methoden wissenschaftlicher Auseinandersetzung nach. „Wer öffentlich vorträgt“, bemerkt er, „muss ruhig und gesammelt, unerschrocken und gelassen erscheinen; doch muss sein ganzes Benehmen Achtung vor seinem Publikum bekunden.“ Diese Verhaltungsmaassregeln befolgte er späterhin zum grossen Theile selbst. Ich zweifle zwar an seiner Gelassenheit, aber seine Unerschrockenheit trat oft zu Tage. Wie eine Woge stieg sie in ihm empor und trug ihn und seine Zuhörer über die Schwierigkeiten weg. In seltenen Fällen, wenn er fühlte, dass er und sein Gegenstand hoffnungslos unverständlich blieben, gab er sich rücksichtslos seinen Gedanken hin und ohne sich um seine verwirrten Zuhörer zu bekümmern, stürmte er allein durch das Dickicht, in welches er sie unwissentlich geführt hatte, und ersparte ihnen Langeweile dadurch, dass er ihnen ein Feuer des Interesses zeigte, welche sie weder verstehen noch theilen konnten.

Im October 1813 verliess er England mit Sir Humphrey und Lady Davy. Er führte ein Tagebuch während dieser Reise, aus welchem Dr. Bence Jones ausführliche und interessante Auszüge gemacht hat.

Davy war rücksichtsvoll und zog es oft vor, sich selbst zu bedienen, als dass er Faraday Pflichten auferlegt hätte, welche diesem unangenehm sein mussten. Lady Davy jedoch verhielt sich ganz anders ihm gegenüber. Sie behandelte ihn als einen Untergebenen; er ärgerte sich darüber und war oft auf dem Punkte, nach Hause zurückzukehren. In Genf machten sie Halt. Der ältere de la Rive hatte Davy 1799 kennen gelernt und war der Erste gewesen, die Arbeiten des englischen Chemikers im Auslande bekannt zu machen. Er bewillkommte Davy 1814 auf seinem Landgute. Beide waren grosse Jagdliebhaber und gingen oft

zusammen auf die Jagd. Bei diesen Gelegenheiten pflegte Faraday Davy's Büchse zu laden, während de la Rive die seinige selbst lud. Einmal befand sich der Genfer Gelehrte neben Faraday und knüpfte in seiner frischen sympathischen Weise ein Gespräch mit dem jungen Manne an. Der ungewöhnliche Zauber des Wesens und die auffallende Klugheit des jungen Mannes machten es für de la Rive sofort klar, dass dies unmöglich ein gewöhnlicher Diener sein könne. Bei näherer Erkundigung war de la Rive sehr betroffen, zu finden, dass der sogenannte „Domestique“ eigentlich „Préparateur“ im Laboratorium der Royal Institution sei, er schlug sogleich vor, dass Faraday seine Mahlzeiten fortan mit der Herrschaft anstatt, wie bisher mit der Dienerschaft, einnehme. Allein Davy protestirte dagegen, wahrscheinlich aus Schwäche gegen seine Frau, doch wurde wenigstens die Einrichtung getroffen, dass Faraday von nun ab auf seinem Zimmer allein speiste. Man erzählt sich, de la Rive habe damals zu Ehren Faraday's ein Diner gegeben. Dem war nicht so; ein solches Fest fand nie statt; Faraday vergass jedoch niemals die Güte des Freundes, der sein Verdienst erkannte, als er noch ein blosser „Garçon de laboratoire“ war<sup>1)</sup>.

Er kehrte 1815 in die Royal Institution zurück. Hier half er Davy Jahre lang, arbeitete auch für sich und hielt häufig Vorträge in der City Philosophical Society. Er

---

<sup>1)</sup> Während ich im vergangenen Herbst in Genf in Folge eines Sturzes in den Alpen krank lag, thaten meine Freunde mit unvergesslicher Güte Alles, was die Freundschaft nur ersinnen konnte, um meine Gefangenschaft erträglich zu machen. Mr. de la Rive beschrieb uns den vollen Hergang, wovon Obiges nur ein Auszug ist. Ich hatte ihn auf Dr. Bence Jones Wunsch darum gebeten. Das Gerücht von einem Festessen zu Ehren Faraday's bekundet die Neigung des Publikums, den späteren Faraday an Stelle des Jünglings schon in's Jahr 1814 zu versetzen.

nahm Unterricht in der Kunst vorzutragen, glücklicherweise ohne Schaden für seine natürliche Begabung und für den Ernst und die Anmuth seiner Ausdrucksweise. Er band sich niemals an Theorien und änderte seine Meinung mit den zunehmenden Kenntnissen; für ihn war das Leben ein Wachsthum. In jenen Vorträgen sagt er: „In Bezug auf Wissen ist nur derjenige zu verachten und zu verdammen, der sich nicht in einem Uebergangsstadium befindet.“ Und weiter: „Nichts ist schwieriger und verlangt mehr Vorsicht als philosophische Deductionen; und Nichts ist der Genauigkeit derselben hinderlicher als eine festgesetzte Meinung.“ Nicht als ob er durch jede Meinungsströmung hin und her geweht worden wäre, sondern er vereinigte Biagsamkeit mit Kraft. Einen scharfen Gegensatz zu dieser geistigen Ausdehnungsfähigkeit bildete sein absolutes Feststehen in religiösen Dingen; dies ist jedoch ein Thema, welches an dieser Stelle nicht erörtert werden kann.

Unter allen Briefen Faraday's, welche Dr. Bence Jones veröffentlicht hat, zeichnen sich die an seine Frau gerichteten durch besondern Zauber der Liebenswürdigkeit aus. „Hier“, bemerkt der Herausgeber sehr richtig, „legte er seine Seele, das Ganze seines Charakters dar, und was daraus mitgetheilt werden kann, muss einen Jeden für sich einnehmen durch die Liebenswürdigkeit, Wahrhaftigkeit und den einfachen Ernst des Gesagten.“ Faraday erging sich zuweilen mit Abbott in Wortspielen über die Liebe; allein bis zum Jahre 1820 war diese Leidenschaft nur potentiell bei ihm. Sein Tagebuch giebt sogar Kunde davon, dass er seiner Verachtung für die Liebe gerne Ausdruck verlieh. Allein eben diese Bemerkungen wurden Glieder an seiner Schicksalskette. Durch sie wurde er mit Derjenigen bekannt, für die seine Ge-

fühle nur mit seinem Leben endigten. Aus der vorliegenden Biographie können wir ersehen, welche verschiedenen Stimmungen bei ihr dem Jaworte vorausgingen. Licht und Schatten der Stimmung wechseln damals in seinen Briefen in mehr als gewöhnlicher Weise; in einem Augenblick wünscht er, sein Fleisch solle schwinden und er in Nichts versinken, im nächsten ist er fast berauscht von Hoffnung. Das Ungestüm seines Charakters war damals noch nicht gemildert durch die Disciplin, welche er sich in späteren Jahren auferlegte. Ja, die Gewalt seiner Leidenschaft sollte geradezu ein Hinderniss für dieselbe werden. Denn Miss Barnard hegte in ihrer Gewissenhaftigkeit Zweifel, ob sie die Neigung mit derselben Wärme erwidern könne. Allein sie sahen sich immer öfter und bei jeder Begegnung klärte sich der Himmel für ihn, bis er endlich sagen konnte: „Das Glück dieses Abends wurde nicht einen Moment getrübt. Bis zum letzten Augenblicke unseres Zusammenseins war Alles entzückend; weil sie es war.“ Die Unruhe des Zweifels legte sich und eine ruhige erhebende Zuversicht trat dafür ein. „Wie soll ich mich nennen?“ schreibt er in einem späteren Briefe, „um Dir meine vollkommene Neigung und Liebe klar zu machen? Kann ich, oder kann die Wahrheit mehr sagen, als dass ich Dein gehöre für diese Welt?“

Er hat sein Gelöbniss gehalten und Nichts kann seinen Charakter in schönerem Lichte erscheinen lassen, als sein Verhältniss zu seiner Frau. Nie hat es wohl eine reinere, treuere und männlichere Liebe gegeben; und sechsundvierzig Jahre lang erhielt sie sich in reiner, ungetrühter Gluth.

Faraday verheirathete sich am 12. Juni 1821, und bis dahin scheint er zu Davy in besten Beziehungen gestanden zu haben. Bald nachher traten jedoch Misshelligkeiten

ein, welche Faraday während ihres Bestehens den größten Kummer verursacht haben müssen. Es ist unmöglich an der Aufrichtigkeit der Ueberzeugung zu zweifeln, unter deren Einfluss Dr. Bence Jones diesen Gegenstand behandelt; es mögen ihm Thatsachen zu Gebote stehen, welche, obgleich sie in seinem Buche nicht erwähnt sind, seine Meinung rechtfertigen, dass Davy damals eifersüchtig auf Faraday war. Diese Ansicht, welche die allgemein vorherrschende ist, hat auch in einem vortrefflichen Aufsätze im Märzhefte von „Fraser's Magazine“ Ausdruck gefunden. Allein ich kann Davy's Benehmen trotz der sorgfältigsten Erwägung der Thatsachen nicht so auffassen. Der Sachverhalt ist meiner Ansicht nach einfach folgender:

1820 machte Oersted in Copenhagen die berühmte Entdeckung, welche Elektrizität und Magnetismus in Zusammenhang bringt, und unmittelbar darauf bemerkte Wollaston in seinem Scharfsinne, dass ein Kupferdraht, der einen Strom leitet, unter dem Einflusse eines magnetischen Poles sich um seine eigene Achse drehen müsse. Er versuchte 1821 umsonst dieses Resultat im Laboratorium der Royal Institution herauszubringen. Faraday war dabei nicht anwesend, kam jedoch unmittelbar darauf ins Zimmer und hörte das Gespräch von Wollaston und Davy über den Versuch. Er hatte auch erfahren, dass eine Wette auf Wollaston's sichern Erfolg eingegangen worden sei.

Dies geschah im April. Im Herbste desselben Jahres schrieb Faraday eine Geschichte des Elektromagnetismus, und wiederholte für sich die Versuche, welche er beschrieb. Bei diesen Studien gelang ihm der Versuch, wobei ein elektrischer Strom sich um einen magnetischen Pol dreht. Es war dies nicht das von Wollaston ge-

suchte Resultat, allein es hing sehr eng damit zusammen.

Die besondere Neigung von Faraday's Geistesrichtung, sich mit der gegenseitigen Wirkung der Naturkräfte zu beschäftigen, gab den Ursprung zu seinen grössten Entdeckungen, und wir, die wir dies wissen, sind in unserem Schlusse gerechtfertigt, dass der Erfolg derselbe gewesen wäre, auch ohne Wollaston's Anregung. Aber wir müssen uns in jene Zeit zurückversetzen, um Davy zu beurtheilen, und uns nicht durch unsere spätere Kenntniss von dem edlen Leben Faraday's und der Unmöglichkeit ihn eines Mangels an Offenheit zu zeihen, beeinflussen lassen. Es wäre eine Ungerechtigkeit gegen Davy, wenn wir unsere Kenntniss der Thatsachen an Stelle der seinigen setzen, und ihm eine Kenntniss des Sachverhaltes unterschieben wollten, die er nicht gehabt haben konnte. Gerüchte und Thatsachen hatten Wollaston's Namen mit jenen vorausgesetzten Einwirkungen zwischen Magneten und elektrischen Strömen in Verbindung gebracht.

Als Faraday im October seinen gelungenen Versuch ohne Wollaston zu nennen, veröffentlichte, folgte darauf allgemeiner, wenn auch unbegründeter Tadel. Ich sage unbegründet, weil erstens Faraday's Versuch nicht derjenige von Wollaston war, und zweitens, weil Faraday thatsächlich vor der Veröffentlichung Wollaston aufgesucht hatte, jedoch ihn nicht zu Hause fand, und sich in Folge davon nicht berufen fühlte dessen Namen zu nennen.

Im December veröffentlichte Faraday eine zweite Abhandlung über denselben Gegenstand, in welcher durch ein Missverständniss der Name Wollaston's abermals unerwähnt blieb. Warburton und Andere behaupteten hierauf, dass Wollaston's Ideen ohne die schuldige



Anerkennung benutzt worden seien, und es ist selbstverständlich, dass Wollaston selbst sich gekränkt fühlte, obwohl er vorsichtig im Aussprechen der Beschuldigung war. Der Tadel schwoll bis zu einer unerträglichen Höhe an. „Ich höre“, schreibt Faraday an seinen Freund Stodart, „täglich mehr und mehr solcher Laute; und obwohl sie für mich nur ein Geflüster sind, spricht man gewiss laut genug davon unter den Gelehrten.“ Er hätte Erklärungen und Vertheidigungen schreiben können, allein er ging einfacher auf sein Ziel los. Er wünschte die Betheiligten von Angesicht zu Angesicht zu sehen, und seine Sache persönlich bei ihnen zu verfechten; und ging mit einer gewissen Heftigkeit an die Ausführung dieses Wunsches. Er begab sich persönlich zu Wollaston, Davy und Warburton; und ich möchte annehmen, dass die unwiderstehliche Offenheit und Wahrhaftigkeit seines Charakters, welche diese mündliche Vertheidigung ans Licht brachten, ebensoviel zur Besiegung des Unwillens beitrugen, als die Gründe seiner Vertheidigung.

Ein weiterer Grund zur Uneinigkeit mit Davy entstand im Jahre 1823. Im Frühlinge jenes Jahres untersuchte Faraday das Chlorhydrat, eine Substanz, die man einst für das Element Chlor gehalten hatte, von der aber Davy nachwies, dass sie eine Verbindung von Chlor und Wasser sei. Davy beaufsichtigte die Analyse und schlug Faraday dabei vor, das Hydrat in einer geschlossenen Glasröhre zu erhitzen. Dies geschah, die Substanz zersetzte sich, und Faraday bewies, dass das eine der Zersetzungsproducte durch seinen eigenen Druck flüssig gewordenes Chlor sei. An demselben Tage theilte Faraday diese Entdeckung Dr. Paris mit. Davy, als er davon hörte, machte sofort ein anderes Gas in ähnlicher Weise flüssig. Hätte er, nachdem er auf diese Weise in Faraday's Untersuchung

hineingerathen war, nicht die Sache in dessen Händen lassen sollen? Meiner Ansicht nach sicherlich. Allein bei Davy's Verhältniss zu Faraday und zum Chlorhydrat, ist es vielleicht zu entschuldigen, wenn er anders dachte. Ein Vater ist nicht immer weise genug einzusehen, dass sein Sohn kein Knabe mehr ist, und es ist nichts seltenes, dass aus diesem Grunde eine Entfremdung zwischen Beiden eintritt; eben so wenig war Davy weise genug einzusehen, dass Faraday aus dem blossen Gehülfen ein selbständiger Entdecker geworden war. Es ist schwer für uns, diesen Irrthum verzeihlich zu finden. Und dennoch, wäre Faraday dazumal gestorben, oder hätte er aufgehört zu arbeiten, oder hätte er sein Leben dem Gelderwerbe anstatt der Wissenschaft zugewendet, wer würde heute wegen jenes Vorfalles daran denken, Davy der Eifersucht anzuklagen? Niemand sicherlich. Warum sollte er auch eifersüchtig sein? Sein Ruhm hatte damals kaum seines Gleichen; sein Glanz war ohne jeden Flecken. Er fügte seinen übrigen Entdeckungen diejenige von Faraday hinzu, und nachdem er sieben Jahre sein Lehrer gewesen war, schrieb er an ihn: „Es ist mir eine grosse Freude, zu hören, dass Sie sich in der Royal Institution behaglich fühlen; und ich hoffe, dass Sie nicht nur für sich selbst, sondern auch für die Wissenschaft Gutes und Ehrenwerthes leisten werden.“ Dies ist nicht die Sprache der Eifersucht, weder der verborgenen noch der offenen.

Allein die Besprechung der Angelegenheit erregte Aerger und Zorn; und meiner Ansicht nach ist Davy's Opposition gegen die Wahl von Faraday zum Mitglied der Royal Society auf diesen Aerger, nicht aber auf einen unedleren Beweggrund seinerseits zurückzuführen.

Diese ganze Sache wird in dem Buche von Dr. Bence Jones mit aller Offenheit und mit der nöthigen Rücksicht

behandelt, allein in der Gesellschaft ist dies nicht immer der Fall. Hier wird ein Name, der mit den edelsten geistigen Errungenschaften verknüpft ist, durch ungünstige Gerüchte angegriffen, welche ich gerne ein für alle Male zerstreuen möchte. Die Grösse des Schülers und der Glanz seiner wissenschaftlichen Stellung sind zu bedeutend und absolut, als dass sie der Herabsetzung des Lehrers als einer Folie, bedürften. Obgleich in der Verstandesanlage nahe verwandt, waren Faraday und Davy dies keineswegs in ihren Gefühlen; dazu waren ihre Charaktere zu sehr verschieden. Davy liebte den Pomp und die äusseren Zeichen der Berühmtheit; Faraday fand die innere Genugthuung dass er seinen Ruf ehrlich gewonnen habe, hinreichend. Sie waren Beide stolz. Allein bei Davy trug sich der Stolz auf die Aussenwelt über; während er bei Faraday nur eine beruhigende, würdevolle, innere Kraft war. Ein Zug war ihnen gemeinsam eigen. Sie hätten Beide ihre wissenschaftliche Bedeutung zu den grössten geschäftlichen Vortheilen benutzen können, allein Beide verschmähten dies. Ihr Lohn bestand in der edlen Aufregung der Untersuchung und in der Freude der Entdeckung. Beide seien dem Andenken und der Verehrung empfohlen, welche grosse Gaben auf grosse Weise angewendet, in uns erwecken müssen. Beide gehörten uns an, und während künftiger Jahrhunderte wird England mit gerechtem Stolze auf den Besitz solcher Männer zurückblicken.

---

Der erste Band vom „Leben und Briefe Faradays“ verräth den Jüngling, welcher der Vater des Mannes werden sollte. Geschickt, strebsam und willensstark wie er war, nahm er zu an Kenntnissen und Kraft. Bewusst oder unbewusst war die Beziehung von Wirkung und Rückwirkung beständig vor Faraday's geistigem Auge. Genährt wurden diese Gedanken durch seine Entdeckung der elektromagnetischen Rotationen, und neue und kühnere Gedanken ähnlicher Art entstanden dadurch in ihm. Er wusste, dass Magnetismus durch Elektrizität hervorgerufen werden kann, und er dachte die Elektrizität müsste auch durch den Magnetismus zur Entwicklung gebracht werden können. Am 29. August 1831 begann er seine Versuche über diesen Gegenstand. Vorausgegangene wiewohl misslungene Versuche hatten seine Ansicht bestärkt und seine Instinkte in die richtige Bahn geleitet. Es ging ihm wie jedem tüchtigen Arbeiter; erreichte er auch zuweilen den zunächst erstrebten Zweck nicht, so gewann er doch stets vermehrte innere Klarheit, Bildung und Ausdehnung der Einsicht. Faraday's ganzes Leben ist eine beständige Erläuterung hierzu. Im November hatte er bereits eine Menge der wunderbarsten und unerwartetsten Erscheinungen entdeckt und mit einander verknüpft. Er hatte Ströme durch Ströme erzeugt, dann hatte er Ströme durch Magnete, sowohl permanente als temporäre, hervorgerufen und später erzeugte er Ströme mittelst der Erde selbst. Arago's Rotationsmagnetismus, welcher seit Jahren eine Herausforderung für die grössten wissenschaftlichen Denker von Europa gewesen war, fiel in Faraday's Hände und erwies sich als eine schöne obschon vereinzelte Erläuterung des grossen Princip's von der magnetischen Induction. Niemals war ähnliches auf dem Wege rein experimenteller Untersuchung geleistet worden.

Hierauf wurde Elektrizität, aus verschiedenen Quellen gewonnen, auf ihre Aehnlichkeiten und Verschiedenheiten untersucht. Faraday überzeugte sich, dass sie überall in allen wesentlichen Beziehungen identisch sei. Er wandte sich jetzt zur elektrischen Leitung, und gab manche auffallende Beispiele für den Einfluss der Schmelzung auf das Leitungsvermögen. Er verzichtete auf jede Erwerbsthätigkeit, und damit auf viele Tausende jährlichen Gewinnes und gab sich ausschliesslich und mit ungetheilter Kraft seinen Untersuchungen hin. Schon längst hatte er sich in elektrochemische Fragen vertieft. Das Licht des Gesetzes war hier eine Zeitlang verdeckt durch den dichten Schatten der neuen Thatsachen; allein schliesslich ging er aus diesen Untersuchungen mit dem grossen Princip der elektrolytischen Aequivalente hervor. Wenn man seine Entdeckung der Magnetelektrizität neben die der Volta'schen Säule stellen kann, so ist diese neue Entdeckung nahezu neben die des Gesetzes der chemischen Aequivalente zu setzen. Er ging über zur statischen Elektrizität, ihrer Leitung, Induction, Art und Weise der Verbreitung. Er entdeckte und erläuterte das Gesetz der diëlektrischen Capacität, und indem er sich der Theorie zuwendete, frug er sich, wie elektrische Anziehungen und Abstossungen fortgeleitet werden. Sind sie, wie die Schwerkraft, Wirkungen in die Ferne, oder bedürfen sie eines Medium? Sind sie der Ersteren ähnlich, so werden sie gleich der Schwerkraft in gerader Linie wirken, bedürfen sie eines Medium, so können sie wie Schall und Licht um die Ecke biegen. Faraday war der Ansicht, die auch allmählig zur Geltung kommt, dass seine Experimente die Thatsache einer krummlinigen Fortleitung festgestellt und somit die Mitwirkung eines Medium erwiesen hätten. Andere haben dies bestritten; allein

Niemand kann die Tiefe und das Philosophische seines leitenden Gedankens ableugnen <sup>1)</sup>. Der erste Band der Untersuchungen enthält alle hier erwähnten Abhandlungen.

Faraday hörte die Ansicht aussprechen, von nun an würden sich physikalische Entdeckungen mit alleiniger Hilfe der Mathematik machen lassen; man habe alle Daten und brauche nur noch in deductiver Weise zu arbeiten. Derartige Behauptungen machen sich auch jetzt von Zeit zu Zeit geltend. Sie stammen aus einer unvollkommenen Kenntniss der Natur, aus dem gegenwärtigen Zustande und der voraussichtlichen Ausdehnung des Bereiches der physikalischen Untersuchungen. Zweifellos besteht in den Naturwissenschaften die Neigung, alle physischen Erscheinungen unter die Herrschaft mechanischer Gesetze zu bringen, oder, mit anderen Worten, ihnen mathematischen Ausdruck zu verleihen. Allein wir nähern uns diesem Ziele nur asymptotisch; und die Natur wird noch manches Zeitalter hindurch, ja vielleicht so lange überhaupt das Menschengeschlecht besteht, sowohl für den wissenschaftlichen Experimentator, wie für den Mathematiker Raum bieten. Faraday protestirte gegen die vorerwähnte Behauptung dadurch, dass er seine Untersuchungen „Experimentelle Untersuchungen über Electricität“ nannte. Dieselben sind im Jahre 1854 beendet worden und erschienen in drei Bänden. Des Nachschlagens wegen gab er den Paragraphen Nummern, der Letzte führte die Zahl 3362. Im Jahre 1859 sammelte er einen vierten Band Abhandlungen und veröffentlichte sie unter dem Titel: „Experimentelle Untersuchungen über Chemie

---

<sup>1)</sup> In einer bemerkenswerthen Abhandlung entwickelt Dr. Werner Siemens in Poggendorff's Annalen 1857 Faraday's Theorie der Molecularen-Induction, und nimmt dieselbe an.

und Physik.“ Auf diese Weise verherrlichte der Apostel des Experimentes seinen Beruf.

Der zweite Band der „Untersuchungen“ giebt uns Arbeiten über die Elektrizität des Zitterraales, über die Quelle der Kraft in der Volta'schen Säule; über die Elektrizität, welche durch die Reibung von Wasser und Dampf entsteht; hier entwickelte und beschrieb er die Erscheinungen und Principien der hydro-elektrischen Maschine von Sir William Armstrong; ferner enthält er eine Abhandlung über magnetische Rotationen, sowie Faraday's Briefe in Beziehung auf die hierüber entstandenen Streitigkeiten. Von dauerndem Werthe wird die Arbeit über die Quellen der Kraft in der Volta'schen Säule sein. Die einfache und reine Contacttheorie wurde dadurch vollständig umgestürzt, und die Nothwendigkeit einer chemischen Wirkung zur Unterhaltung des Stromes dargethan.

Der dritte Band der „Untersuchungen“ beginnt mit einer Arbeit über „die Magnetisation des Lichtes und die Beleuchtung der magnetischen Kraftlinien.“ Auch jetzt ist es noch schwer dieser Aufschrift eine bestimmte Deutung zu geben; allein die Entdeckung der Rotation der Polarisationssebene, welche sie anzeigt, scheint grosse Resultate in ihrem Schoosse zu bergen. Die Schriften von Sir William Thomson über die theoretischen Folgerungen aus dieser Entdeckung; die ausgezeichneten elektrodynamischen Messungen von Wilhelm Weber, welche wahre Muster von experimenteller Vollkommenheit und Geschicklichkeit sind, die gemeinschaftlichen Arbeiten von Weber und seinem leider verstorbenen Freunde Kohlrausch, und vor Allem die Untersuchungen von Clerk Maxwell über die elektromagnetische Theorie des Lichtes — sie Alle zeigen auf jenes wunderbare und

geheimnisvolle Medium, den Träger von Licht und strahlender Wärme als die wahrscheinliche Ursache der magnetischen und elektrischen Erscheinungen hin. Die Hoffnung auf eine solche Combination ist zuerst durch die hier erwähnte Entdeckung entstanden <sup>1)</sup>. Faraday selbst schien mit besonderer Vorliebe an dieser Entdeckung zu hängen. Er fühlte, dass noch mehr darin verborgen sei, als er im Stande war, klar zu legen. Er sagte vorher, dass sie mit dem Wachsthum der Erkenntniss an Bedeutung zunehmen werde. Dies ist geschehen und geschieht noch immer. Ihre richtige Auslegung wird wahrscheinlich Epoche machen in der Geschichte der Wissenschaft.

Rasch darauf folgte die Entdeckung des Diamagnetismus, oder der Abstossung schwerer Masse durch den Magneten. Brugmans hatte gezeigt, dass Wismuth die Magnetnadel abstösst; aber blieb dabei stehen. Le Bailiff bewies, dass Antimon dasselbe thut und blieb dabei stehen; Seebeck, Becquerel und Andere waren ebenfalls der Entdeckung ganz nahe. Diese einzelnen Lichtblicke erregten momentan die Neugier, waren aber fast vergessen als Faraday davon unabhängig auf dieselbe Thatsache stiess. Anstatt aber dabei ebenfalls stehen zu bleiben, machte er sie zum Eingange in eine neue

---

<sup>1)</sup> Ein von Professor Weber am 18. März 1872 an mich gerichteter Brief enthält folgende Erwähnung der hier besprochenen Möglichkeit: „Die Hoffnung einer solchen Combination ist durch Faraday's Entdeckung der Drehung der Polarisationsene durch magnetische Directionskraft zuerst und sodann durch die UeberEinstimmung derjenigen Geschwindigkeit, welche das Verhältniss der elektrodynamischen Einheit zur elektrostatischen ausdrückt, mit der Geschwindigkeit des Lichtes angeregt worden; und mir scheint von allen Versuchen, welche zur Verwirklichung dieser Hoffnung gemacht sind, der von Herrn Maxwell gemachte am erfolgreichsten.“



und ausgedehnte Welt der Untersuchung. Der Werth einer Entdeckung bemisst sich nach der geistigen Thätigkeit, welche sie hervorruft; Faraday hatte das Glück, auf so mächtige Adern wissenschaftlicher Wahrheit zu stossen, dass einige der grössten Geister unseres Zeitalters daran reichlichste Beschäftigung fanden.

In diesen Werken tritt von Anfang bis zum Ende die hervorragendste Seite von Faraday's wissenschaftlichem Charakter, nämlich eine Vereinigung von Eifer und Geduld auffallend hervor: der Eifer führte ihn zum Angriff, die Geduld hielt ihn fest bis die Niederlage vollkommen oder der Sieg unzweifelhaft war. Gewissheit zu haben nach der einen oder der andern Seite hin war ein Bedürfniss seiner Seele. Die richtige Methode der Untersuchung lässt sich vielleicht nicht mittheilen; es kommt dabei mehr auf das Individuum als auf das System an; und es hiesse das Ziel verfehlen, wenn man Faraday's Untersuchungen als Beispiele von der Macht der inductiven Methode anführen wollte. Der Kopf mag erfüllt sein von inductiver Philosophie, allein ohne die Energie und die Einsicht, welche dieser Mann besass, und die ihm ganz eigenthümlich waren, werden wir uns niemals auf die Höhe seiner Leistungen erheben. Er besass die Kraft des individuellen Genies, mehr als die einer wissenschaftlichen Methode; die Energie seiner starken Seele zeigte sich nur in ihrer eigensten Weise, und erkannte keinerlei Vermittlung zwischen sich und der Natur an.

Der zweite Band seiner Lebensbeschreibung ist ebenso wie der erste ein historischer Schatz in Bezug auf Faraday's Arbeiten, seinen Charakter und seine wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Beziehungen. Er enthält Briefe von Humboldt, Herschel, Hachette, de la Rive, Dumas, Liebig, Melloni, Becquerel, Oersted,

Plücker, du Bois-Reymond, Lord Melbourne, vom Prinzen Louis Napoleon und vielen andern ausgezeichneten Leuten mehr. Ich hebe mit besonderer Freude einen Brief von Sir John Herschel hervor, der eine Antwort auf ein versiegeltes Manuscript enthält, welches Faraday ihm mit der Erlaubniss es zu öffnen zugeschickt hatte. Das Manuscript bezog sich auf eine der vielen unerfüllten Hoffnungen, wie sie im Geiste eifriger Forscher aufzusteigen pflegen:

„Fahren Sie fort und nehmen Sie zu von Kraft zu Kraft, wie ein Sieger, der sicheren Schrittes zu weiteren Eroberungen eilt; und seien Sie gewiss, dass Niemand herzlicher einstimmen wird in die Loblieder, die sich bereits erheben, und die bald zu einem Triumphgeschrei, über das Sie staunen sollen, anwachsen werden, als Ihr J. F. W. Herschel.“

Noch ist dieser edle Geist thätig, wissenschaftliche Forscher anzufeuern.

Faraday's Verhalten zu Melloni im Jahre 1835 verdient ein Wort der Erwähnung. Dieser lebte jung und unbekannt als politischer Flüchtling in Paris. Er hatte die thermo-elektrische Säule neu construirt und angewendet und Resultate von der grössten Wichtigkeit damit erzielt, hatte jedoch keine Anerkennung für dieselben finden können. Krankhaft erregt durch die vereitelte Hoffnung erwartete Melloni den Bericht der von der Academie des Sciences ernannten Commission, welche seine Arbeiten zu prüfen hatte. Endlich veröffentlichte er seine Untersuchungen selbst in den „Annales de Chimie“. Auf diese Weise fielen sie in Faraday's Hände, welcher, den ausserordentlichen Werth der Arbeit sofort erkennend, für den Autoren die Rumford-Medaille bei der Royal Society erwirkte. Eine Geldsumme wird mit dieser Me-

daille ausgetheilt; eine pecuniäre Hülfe, welche damals für den jungen Flüchtling noch wichtiger war, als die ehrenvolle Anerkennung. Melloni war unendlich dankbar.

„Et vous Monsieur“, schreibt er an Faraday, „qui appartenez à une société à la quelle je n'avais rien offert vous qui me connaissiez à peine de nom; vous n'avez pas demandé si j'avais des ennemis faibles ou puissants, ni calculé quel en était le nombre; mais vous avez parlé pour l'étranger opprimé, pour celui qui n'avait pas le moindre droit à tant de bienveillance et vos paroles ont été accueillies favorablement par des collègues consciencieux! Je reconnais bien là des hommes dignes de leur noble mission, les véritables représentants de la science d'un pays libre et généreux.“

Es wäre unmöglich innerhalb der vorgeschriebenen Grenzen dieses Aufsatzes auch nur einen dürftigen Auszug aus Faraday's Correspondenz zu geben, oder mehr als kleine Bruchstücke daraus zu entnehmen. Die Briefe, welche er 1836 an Lord Melbourne und Andere in Bezug auf seine Pension schrieb, zeigen vollkommen die Unabhängigkeit seiner Gesinnung. Er fühlte sich durch den damaligen Premier beleidigt, forderte und erhielt dafür aber die genügende Entschuldigung. Trotz der Ausführlichkeit, womit Dr. Bence Jones jene Verhandlungen studirt und behandelt hat, halte ich es für unzweifelhaft, dass die Motive und Einflüsse, welche damals thätig waren, auch jetzt noch nicht ganz enthüllt sind. Der Minister wurde heftig angegriffen in der Sache, ertrug jedoch den Tadel der Presse mit grosser Würde. Faraday bestritt zwar das Material zu diesen Angriffen gegeben zu haben, that jedoch keine Schritte, um den Minister öffentlich zu entlasten. Caroline Fox bewies sich als Faraday's eifrigste Freundin, und sie war es, welche

den Bruch zwischen dem Minister und dem Gelehrten wieder ausglich. Augenscheinlich aber war sie der Ansicht, dass Faraday für Lord Melbourne auftreten müsste, und ein Schatten von Unmuth darüber ist in einem ihrer Briefe an ihn zu erkennen. Faraday hatte gewiss seine guten Gründe, es nicht zu thun, ich kenne dieselben jedoch nicht.

Im Jahre 1841 war Faraday's Gesundheit so sehr erschüttert, dass er mit seiner Frau und deren Bruder nach der Schweiz reisen musste. Seine körperliche Kraft stellte sich bald wieder her, und seine Leistungen als Fussgänger waren eines geschulten Alpenbesteigers würdig. Die veröffentlichten Auszüge aus seinem Schweizer Tagebuche enthalten viele schöne und rührende Anspielungen. Mitten unter Berichten über Farbeneffecte an der Jungfrau, über die blauen Schatten der Gletscher und den ehrwürdigen Niesen, der über dem Thunersee aufsteigt, kommen wir auf eine kleine Anmerkung, welche schon anderwärts citirt wurde: „Hier werden viele Schuhnägel gemacht; es ist eine hübsche und eigenthümliche Beschäftigung. Ich liebe Schmiedewerkstätten und alles was mit dem Handwerk zu thun hat. Mein Vater war Schmied.“ Es ist dies eine Stelle aus seinem Tagebuche, aber sie klingt, als ob er unbewusst, zu Jemanden, vielleicht zur Nachwelt, spräche.

Seine Schilderungen vom Staubbach, vom Giessbach und von den Eindrücken des Himmels und der Berge sind sämtlich schön und sympathisch. Aber mitten darin, und in Beziehung auf alles Gesehene sagt er zu seiner Schwester, „die reine Freude kommt aus dem Innern, nicht von Aussen.“ Dazumal wohnte Agassiz auf dem Aargletscher unter einem grossen Granitblock. Faraday traf mit Forbes auf der Grimsel zusammen und verabredete

eine Excursion nach jenem „Hôtel des Neufchâtelois“, leider verhinderte ein Unwohlsein die Ausführung des Planes.

Aus dem Fort von Ham erhielt Faraday 1843 einen Brief von dem Prinzen Louis Napoleon Bonaparte. Er las mir den Brief vor vielen Jahren vor, und oft bin ich seitdem daran erinnert worden durch Versuche, welche der Kaiser der Franzosen machte, die neuen Ergebnisse der Wissenschaft zu verwerthen. Der Gefangene von Ham schreibt, dass ihm das Studium von Faraday's grossen Entdeckungen seine Gefangenschaft weniger trübe erscheinen lasse; und stellt eine Frage, welche seinen damaligen Gedankengang kennzeichnet:

„Welches ist die einfachste Combination für eine Volta'sche Batterie, damit sie einen Funken erzeuge, welcher im Stande wäre, Pulver, das unter der Erde oder im Wasser ist, anzuzünden?“ Sollte der Fall eintreten, so werden dem Kaiser der Franzosen augenblicklich die besten Anwendungen der neueren Wissenschaft zu Gebote stehen; während wir selbst wohl nur inmitten der Sorgen des schon ausgebrochenen Krieges die Grösse dieser von uns vernachlässigten Hilfsmittel kennen lernen werden <sup>1)</sup>.

Mit stets neuer Freude wenden wir uns zu Faraday's Briefen an seine Frau, welche im zweiten Bande veröffentlicht sind. Das ächt Menschliche, der Geist der Liebe in Faraday kommt hier am deutlichsten zu Tage. Aus dem Hause des Dr. Perry in Birmingham schreibt er wie folgt an sie:

„Hier, sogar hier, im Moment, wo wir die Tafel ver-

---

<sup>1)</sup> Diese „Wissenschaft“ ist seitdem mit erstaunlichem Erfolg angewendet worden, aber durch Andere, welche viel gründlicher studirt hatten als der Kaiser der Franzosen.

lassen, wünsche ich, dass ich bei Dir in Ruhe wäre. Oh! welches Glück besitzen wir! Meine Ausflüge in die Welt dienen nur dazu mich dieses Glück um so höher schätzen zu lassen.“

Und abermals:

„Wir waren im Stadthaus auf einer grossen Abendgesellschaft, und ich kehre jetzt in mein Zimmer zurück um mit Dir zu sprechen; das ist mir das liebste, und dabei fühle ich mich am glücklichsten. Der Verkehr mit Dir ist mein bestes Ausruhen. Dies fühle ich sogar jetzt beim Schreiben und ertappe mich dabei dieses Alles laut zu Dir sagend.“

Folgende Stelle zeigt seine Liebe zur Natur:

„Nach dem Schreiben wandere ich des Abends Hand in Hand mit meiner lieben Frau hinaus, um den Sonnenuntergang zu geniessen; denn für mich, der ich die Natur liebe, giebt es keinen Anblick unter Allem was ich gesehen habe oder sehen kann, der dem des Himmels gleich käme. Ein schöner Sonnenuntergang bringt mir tausend Gedanken, die mich entzücken.“

Das vorliegende Werk „Leben und Briefe“ lässt auch einige Lichtstreifen auf Faraday's religiöse Ansichten fallen. In einem Briefe an eine Dame spricht er von sich als „zu einer kleinen und verachteten christlichen Secte gehörig, die unter dem Namen der Sandemanianer bekannt ist. Unsere Hoffnung ist gegründet auf dem Glauben, welcher ist in Christo.“ Er fügt hinzu: „Ich halte es nicht für nöthig das Studium der Naturwissenschaften an die Religion zu knüpfen, und im Verkehr mit meinen Nebenmenschen betrachtete ich religiöse und wissenschaftliche Beziehungen stets als vollkommen von einander geschieden.“

Er sah deutlich, wie gefährlich es sein würde, seinen

Ankergrund zu verlassen, und die Wissenschaft wurde ihm zum Schutze seines persönlichen Glaubens. Denn seine Forschungen erfüllten ihn so vollständig, dass kein Raum blieb für skeptische Fragen; dadurch blieb der Glaube seiner Kindheit beschirmt gegen die Angriffe der Philosophie. Die Religion war ihm Erbstück und gehörte zu seiner geistigen Constitution. Sie war mit den Wallungen seines Blutes und den Bewegungen seines Gehirnes verflochten und auch wenn diese Religion andere äussere und sichtbare Formen gehabt hätte, so wären doch ihre Urbestandtheile, nämlich heilige Scheu, Ehrfurcht, Wahrheit und Liebe stets bei Faraday vorhanden gewesen.

Die Frage, wie dieser tief religiöse Geist und hervorragend grosse Lehrer sich zu unseren gegenwärtigen Streitigkeiten über die Erziehungsfrage gestellt haben würde, darf wohl gestellt werden. Faraday wäre Secularist, wenn er jetzt noch lebte. Er hatte keine Sympathie mit denjenigen, welche das Wissen verachten falls es nicht mit dem Dogma verknüpft ist.

Eine Vorlesung, die er in seinem 26. Jahre 1818 in der City Philosophical Society hielt, drückt seine Ansichten über Erziehung und Unterricht aus, wie er sie bis an sein Ende bewahrt hat.

„Erstlich“ sagt er, „sind alle theologischen Anschauungen aus der Versammlung, und selbstverständlich aus meiner Rede ausgeschlossen; was ich auch sagen werde, es hat keinerlei Beziehung auf einen zukünftigen Zustand, oder auf die Mittel, welche man in Erwartung desselben auf dieser Welt anzuwenden hat. Zweitens habe ich nicht die Absicht irgend Etwas an die Stelle der Religion zu setzen; sondern ich wünsche denjenigen Theil der menschlichen Natur in Anspruch zu nehmen, der von der Religion unabhängig ist. Moral, Philosophie, Han-

del, die verschiedenen Einrichtungen und Gewohnheiten der Gesellschaft, sind unabhängig von der Religion, und können sowohl mit als ohne diese bestehen. Sie bleiben sich stets gleich und können gleich gut in der Seele von Solchen bestehen, die in dem, was sie Religion nennen, ganz entgegengesetzte Ansichten und Principien oder auch gar keine haben.“

„Um wo möglich noch klarer zu unterscheiden, will ich bemerken, dass wir kein Recht haben religiöse Ansichten zu beurtheilen; allein über den Theil der menschlichen Natur, mit dem wir es diesen Abend zu thun haben, haben wir ein Recht zu urtheilen; und ich glaube, dass bei näherer Betrachtung, diese Seite der Menschheit, wenn ich mich so ausdrücken kann, mit dem übereinstimmen wird, was ich vorhin als verbesserungs- und vervollkommnungsfähig geschildert habe.“ —

Unter meinen eigenen alten Papieren finde ich folgende Bemerkungen, welche nach einem der ersten Mittagessen, das ich bei Faraday einnahm, niedergeschrieben sind:

„Um zwei Uhr holte er mich hinauf. Er, seine Nichte und ich bildeten die Tischgesellschaft. „Ich gebe niemals Dinners,“ sagte er. „Ich weiss nicht wie man Dinners giebt und gehe niemals zum Essen aus. Allein ich möchte nicht, dass meine Freunde unrichtige Gründe dafür voraussetzten. Ich thue dies um Zeit zur Arbeit zu haben, nicht aus religiösen Gründen, wie sich Manche einbilden.“ Er sprach das Tischgebet.— Fast schäme ich mich dieses Gebet ein Sprechen zu nennen. In der Sprache der Bibel könnte man es das Flehen eines Sohnes nennen, in dessen Herz Gott den Geist seines Sohnes gegossen hat, und der im vollen Vertrauen um den Segen des Vaters bittet.“



„Wir assen Roastbeef, Yorkshire-Pudding und Kartoffeln, tranken Sherry dazu und sprachen von wissenschaftlichen Forschungen und ihren Hilfsmitteln, und über seine Gewohnheit, sich ferne von geselligen Zerstreuungen zu halten. Er war heiter und vergnügt, fast in der Weise eines Knaben, obwohl er jetzt 62 Jahre alt ist. Seine Arbeiten erwecken Bewunderung, der persönliche Verkehr mit ihm erhebt und erwärmt jedoch das Herz. Dies ist sicherlich ein grosser Mensch. Ich liebe die Kraft, aber möge ich nie das Beispiel dieser Vereinigung von Kraft mit Bescheidenheit, Zartheit und Milde im Charakter Faraday's vergessen.“

Faraday's Fortschritte in den Entdeckungen, und die hervorragenden Charakterzüge seines Wesens sind durch die richtige Auswahl der Briefe und der Auszüge im vorliegenden Werke gut ans Licht gestellt. Doch sei damit nicht gesagt, dass die Arbeit des Biographen damit abgeschlossen ist. Ein so grosser Charakter wird immer wieder zu erneuter Schilderung einladen. Ohne Zweifel wird in einer künftigen Zeit ein gleichgearteter Geist, mit der nöthigen Begabung, Kenntniss und Fähigkeit der Darstellung dieses Material plastisch hervortreten lassen, er wird ihm eine organischere Form geben, und durch dasselbe die Ströme von Faraday's Leben mit weniger Unterbrechungen zu verfolgen wissen.

„Er war als Mensch zu gut, als dass ich ihn vollständig zu würdigen im Stande wäre“, schreibt sein jetziger Biograph, „und zu gross als Naturforscher, als dass ich ihn ganz zu verstehen vermöchte.“

Dem mag so sein, allein die ehrerbietige Liebe, der wir die Entdeckung, die Auswahl und die Anordnung des hier vor uns liegenden Materials verdanken, war

gewiss ein besserer Führer, als blosse literarische Gewandtheit. Die Aufgabe des Künstlers, der künftig die wahre und doch so keusche Grösse, die Reinheit, die Schönheit und kindliche Einfachheit des grossen Dahingeshiedenen wiederzugeben beabsichtigt, wird den Schatz, dessen er bedarf, in der Hauptsache schon in Bereitschaft finden durch die Liebesarbeit von Dr. Bence Jones.

---

XIII.

---

DIE ELEMENTE

DER

LEHRE VOM MAGNETISMUS.

---

Ein Vortrag

gehalten vor den Lehrern der Primärschulen im  
Kensington Museum, 30. April 1861.

---

Nun will ich zunächst dazu übergehen, zu besprechen, durch welches Naturgesetz es geschieht, dass Eisen angezogen werden kann von dem Stein, welchen die Griechen Magnet nennen nach dem Namen seines Fundortes, weil er nämlich herkommt aus dem Gebiete der Magnesier. Dieser Stein ward um so mehr angestaunt, da er oft eine Kette von Eisenringen bildet, die an ihm herabhängen; man kann fünf oder mehr der Reihe nach daran aufgehängt sehen und herumschwenken in der leichten Luft, indem Einer immer am Andern hängt und festhaftet an seiner untern Seite, und jeder seinerseits von dem Andern die zusammenbindende Kraft des Steines erfährt. Mit solch einem ununterbrochenen Strom eilt seine Kraft durch sie Alle hin. In Angelegenheiten dieser Art müssen viele Dinge festgestellt werden, ehe man das wahre Gesetz des Vorganges nachweisen kann, und man kann sich ihm nur auf vielen Umwegen nähern; um so mehr muss ich um Aufmerksamkeit des Ohres und des Geistes bitten

**Lucretius**  
**de rerum Natura**  
**Lib. VI.**

Diese Vorlesung ist eine einfache Zusammenstellung der elementaren Thatsachen des Magnetismus, einer Theorie derselben und der Methoden, die verfolgt werden müssen, um Beide zu ergründen. Sie wurde bereits unter die Lehrer der Primärschulen vertheilt, und ich war im Zweifel, ob es passend sei, sie hierher zu setzen; beim Wiederdurchlesen derselben schien sie mir nützlich sein zu können, so dass meine Zweifel verschwanden.

**John Tyndall.**

### XIII.

## Ein elementarer Vortrag über Magnetismus.

---

Wir haben keinen Grund anzunehmen, dass Schafe, Hunde oder andere niedrigere Geschöpfe an den Gesetzen, welche die Naturerscheinungen beherrschen, irgend welches Interesse empfinden. Eine Heerde kann durch ein Gewitter erschreckt werden; der Vogel mag sein Nest und das Rindvieh seinen Stall während einer Sonnenfinsterniss aufsuchen; allein so viel wir wissen bekümmern sich weder die Vögel noch das Vieh um die Ursachen dieser Erscheinungen. Anders ist es beim Menschen. Die Gegenstände, die Ereignisse in der Natur, die verschiedenen Erscheinungen im Universum, in welchem er wohnt, dringen weiter als zu seinen Sinnesorganen; sie appelliren an ein inneres Vermögen, für welches die Sinne nur Werkzeuge und Erreger sind. Eine Thatsache kann für ihn weder Anfang noch Ende sein. Er kann sich nicht auf die Betrachtung derselben allein beschränken, sondern wird danach streben, ihre Stellung in einer Rei-

henfolge von Erscheinungen festzusetzen; dass sie in eine Reihenfolge gehört, lehrt ihn die Eigenart seines Verstandes.

Wir betrachten Alles, was wir gegenwärtig sehen, als den Ausfluss und die Folge von etwas Vorausgegangenem und als die Quelle für eine Reihe von Erscheinungen, welche noch folgen werden. Die Vorstellung von Spontanität, welche uns in roheren Zeiten die Erklärung zu den Erscheinungen in der Natur ergab, ist verlassen worden. Ebenso verschwindet die Idee, dass die Natur ein Aggregat von unzusammenhängenden Theilen sei, in dem Maasse, als der Zusammenhang und die gegenseitige Abhängigkeit der physikalischen Kräfte mehr offenbar werden, bis wir schliesslich und zwar hauptsächlich durch die Wissenschaft, aus deren Gebiet mein heutiger Vortrag entnommen ist, dahin geführt werden, die Natur als ein organisches Ganzes zu betrachten, als einen Körper, dessen einzelne Glieder alle auf einander wirken, der sich im Laufe der Jahrtausende zwar verändert, aber ohne eine Unterbrechung des Zusammenhanges, oder der bestimmten Verhältnisse von Ursache und Wirkung zu erleiden.

Der Inbegriff der Dinge, welche wir unter dem Namen Natur zusammenfassen, ist jedoch zu weit und zu verschieden, um unmittelbar von einem Einzelnen ergründet zu werden. Mit dem Wachsen der Erkenntniss tritt auch die Neigung ein, das Feld der Forschung zu theilen; die einzelnen Gebiete desselben werden von verschiedenen Individuen bearbeitet und auf diese Weise wird ihnen ein Grad von Aufmerksamkeit zu Theil, der unmöglich wäre, wenn jeder Forscher die Beherrschung des Ganzen anstrebte. Nach Osten, Westen, Süden und Norden dringt der menschliche Geist mit seinen Eroberungen, allein die centrifugale Form, in welcher die Er-

kenntniss als ein Ganzes fortschreitet und sich weiter nach allen Seiten verbreitet, ist in Wirklichkeit der Arbeit der Einzelnen zuzuschreiben, deren Jeder seine Anstrengung mehr oder weniger auf eine einzelne Richtung beschränkt. Man kann durch die Mitlebenden vielerlei Bildung empfangen, oder auch durch Bücher, oder durch das lebendige Wort; wer aber die Natur studiren will, der muss nach irgend einer Richtung hin selbst mit angreifen. Ausserdem wird man wohl zur Verbreitung von Kenntnissen beitragen, nicht aber schöpferisch wirken können; die Gedanken werden jener Lebenskraft, das Urtheil jener Sicherheit entbehren, welche allein die directe und andauernde Berührung mit der Wahrheit und Wirklichkeit zu verleihen vermögen.

Ein weites Gebiet innerhalb des Systems der Natur, welches den Hauptgegenstand meiner eigenen Studien bildet, und auf welches ich Sie heute Abend hinzuführen die Pflicht habe, ist das der Physik oder der „Philosophie der Natur“<sup>1)</sup>. Die Bezeichnung ist weit genug um die gesammte Naturforschung darin zu begreifen; allein gewöhnlich wird nur ein Gebiet derselben darunter verstanden, welches vielleicht unserer Wahrnehmung näher liegt, als irgend ein anderes. Es umfasst die Erscheinungen und Gesetze von Licht, Wärme, Magnetismus, Elektrizität und Schall, es behandelt den Druck und die Bewegungen von Flüssigkeiten und Gasen, sowohl fortschreitende als wellenartige. Die Wissenschaft der Mechanik bildet einen Theil der Physik, ist jedoch gegenwärtig so umfangreich geworden, dass man ihr die vollste und ungetheilteste Aufmerksamkeit zuwenden muss,

---

<sup>1)</sup> In englischem Sinne genommen, wo der Ausdruck die ganze theoretische Naturwissenschaft umfasst.

wenn man sie tiefer ergründen will. Astronomie ist die Anwendung der Physik auf die Bewegungen der himmlischen Körper, sie wird jedoch ihres weiten Umfangs wegen als ein gesondertes wissenschaftliches Gebiet angesehen. In der Chemie spielen die physikalischen Vorgänge eine hervorragende Rolle. Durch Wärme und Licht werden Körper verbunden, andere durch Wärme und Licht zersetzt. Die Elektrizität reisst die festgeschlossenen Atome der chemischen Verbindungen auseinander; die Sonnenstrahlen bauen mittelst ihrer Kraft, die Kohlensäure in ihre Bestandtheile zu zerlegen, die ganze Pflanzenwelt und durch diese die Thierwelt auf, während bei der Berührung mit diesen nämlichen Strahlen Wasserstoff und Chlor mit einer plötzlichen Explosion sich vereinigen, um eine kräftige Säure zu bilden. Auf diese Weise greifen Physik und Chemie ineinander über; der Chemiker wendet physikalische Kräfte als Mittel zum Zwecke an, während in der reinen Physik die Gesetze und Erscheinungen dieser Kräfte selbst, nach ihrer Grösse und Art die hervortretenden Zielpunkte der Aufmerksamkeit bilden.

Meine Pflicht am heutigen Abend besteht darin, im Verlauf einer Stunde auseinanderzusetzen, wie ein solcher Gegenstand studirt werden muss, und wie man Anderen die Kenntniss desselben mittheilt. Als ich hierzu aufgefordert wurde zögerte ich, ehe ich diese Verantwortlichkeit übernahm. Es wäre ein Leichtes, Ihnen einen Bericht zu geben von dem, was die Naturforschung geleistet hat. Ich könnte Ihnen von jenen Anwendungen der Wissenschaft erzählen, wovon wir so viel in den Zeitungen lesen, und die oft irrthümlich für die Wissenschaft selbst gehalten werden. Ich könnte Ihnen selbstverständlich allerlei erzählen von Dampfmaschinen und dem Telegraphen, von Elektrolysen und Photographiren, von der Anwendung der



Physik in der Medicin, und von den tausend anderen Wegen, durch welche die wissenschaftlichen Ideen in das praktische Leben eindringen. Dies wäre, wie gesagt, ein Leichtes, im Vergleiche mit der Aufgabe, Ihnen klar zu machen, wie Sie das Studium der Physik zu einem Mittel für Ihre eigene Bildung zu machen haben, wie Sie sich dabei der Thatsachen bemeistern müssen, damit diese zum lebendigen Samen in Ihrem Geiste werden, nicht aber als blosser Ballast in Ihrem Gedächtnisse liegen. — Dies ist eine viel schwierigere Aufgabe als das blosses Aufzählen von wissenschaftlichen Errungenschaften; und im Bewusstsein meiner unzureichenden Zeit und Kraft durfte ich wohl schwanken, ehe ich dieselbe annahm.

Allein lassen wir die Entschuldigungen und gehen wir ans Werk, so gut es meine Fähigkeiten erlauben. Zunächst und vor allen Dingen möchte ich Ihnen den Rath geben, die Kenntniss der Thatsachen durch eigene und wirkliche-Beobachtung zu gewinnen. Direct beobachtete Thatsachen sind lebendig; das halbe Leben aber wird ihnen genommen dadurch, dass man sie in Worte kleidet. Sie wünschen z. B. einige Kenntniss vom Magnetismus zu gewinnen; wohl, verschaffen Sie sich ein gutes Buch über den Gegenstand, wenn Sie können; geben Sie sich aber nicht zufrieden mit dem, was das Buch Ihnen sagt, lassen Sie sich nicht an den Holzschnitten genügen, sondern sehen Sie sich die Sache selbst an. Die Hälfte von denen, die da Bücher schreiben, beschreiben Versuche, die sie niemals machten, und ihren Schilderungen fehlt deshalb sowohl die Wahrheit als die Lebendigkeit; aber auch bei aller Gewissenhaftigkeit können geschriebene Worte niemals die Stelle von wirklicher Beobachtung vertreten. Jede Thatsache hat ihren eigenen Strahlenkreis, der durch die Beschreibung

ausgelöscht wird. Gehen Sie also zu einem Mechaniker und kaufen Sie sich einen oder wenn Sie es können, zwei gerade Magnetstäbe; oder lassen Sie sich bei einem Schmied ein zehn Zoll langes Stück von einer Stahlstange, die 1 Zoll breit und  $\frac{1}{2}$  Zoll dick ist, abschneiden, die Enden zurecht feilen und härten, und bringen Sie das Stück zu mir oder einem andern Physiker, um es magnetisiren zu lassen. Zwei Magnetstäbe sind besser als einer. Verschaffen Sie sich auch etliche Stopfnadeln und etwas ungesponnene Seide, welche Ihnen einen Faden zum Aufhängen geben wird, der frei von Drehungen ist; machen Sie eine kleine Schleife von Draht oder Papier und befestigen Sie Ihre Seidenfaser daran, so wie ich es hier mache. Machen Sie es recht sauber. In die Schlinge oder Schleife legen Sie Ihre Stopfnadel, und bringen Sie die beiden Enden oder Pole Ihres Magneten der Reihe nach an beide Enden der Nadel. Sie werden sehen, dass beide Pole auch beide Enden der Nadel anziehen. Ersetzen Sie die Nadeln durch ein Stückchen angelassenen Eisendraht; derselbe Erfolg wird sich zeigen. Hängen Sie der Reihe nach kleine Stäbchen von Blei, Kupfer, Silber, Messing, Holz, Glas, Elfenbein oder Fischbein auf; der Magnet wird keinen merkbaren Einfluss auf diese ausüben. Sie können daraus auf eine besondere Eigenschaft des Stahles und des Eisens schliessen. Dehnen Sie Ihre Versuche noch weiter aus, so werden Sie finden, dass der Magnet noch auf etliche andere Substanzen einwirkt. Ein Stab aus dem Metall Nickel oder dem Metall Kobalt, wovon die von den Malern benutzte blaue Farbe stammt, zeigt Kräfte, welche denen des Eisens und des Stahles ähnlich sind.

Um die magnetische Kraft zu studiren, können Sie sich jedoch auf Eisen und Stahl, die man immer zur Hand

hat, beschränken. Wiederholen Sie ihre Versuche mit der Stopfnadel immer wieder; versuchen Sie beide Enden derselben und lassen Sie die beiden Enden des Magneten darauf einwirken. Halten Sie diese Arbeit nicht für Ihrer unwürdig; Sie verkehren mit der Natur und müssen deren Sprache sprechen und beherrschen lernen; und Uebung allein kann Ihnen dazu verhelfen. Führen Sie jede Bewegung mit Sorgfalt aus und vermeiden Sie jede Nachlässigkeit vom Anbeginn an. Streben Sie danach sich als moralisch verantwortlich für den Erfolg anzusehen. Das Experiment ist, wie gesagt, die Sprache, in welcher wir die Natur anreden, und in welcher sie uns ihre Antworten ertheilt; ein Mangel an Offenheit ist in dieser Sprache eben so gut möglich und eben so nachtheilig wie in jeder anderen gesprochenen Sprache.

Wenn Sie die Wahrheit der Natur kennen lernen wollen, so müssen Sie von Anfang an entschlossen sein, mit ihr aufrichtig zu verfahren.

Nehmen Sie jetzt Ihre Nadel aus der Schlinge und ziehen Sie dieselbe der Länge nach über das eine Ende des Magneten, hängen Sie sie hierauf nochmals auf und wiederholen Sie Ihre früheren Versuche. Sie werden ein anderes Resultat finden. Sie finden jetzt, dass jedes Magnetende eine Spitze der Nadel anzieht und die andere abstösst. Die einfache Anziehung, die wir zuerst beobachteten ist nun durch eine Doppelkraft ersetzt. Wiederholen Sie den Versuch bis Sie genau wissen, welche Enden sich anziehen und welche sich abstossen.

Entfernen Sie den Magneten gänzlich aus der Nähe Ihrer Nadel und lassen Sie die Letztere frei an ihrer Faser hängen. Beschützen Sie dieselbe bestens vor Luftzug, und falls Sie eiserne Knöpfe an Ihren Kleidern oder

ein stählernes Messer in der Tasche haben, hüten Sie sich vor deren Wirkung. Wenn Sie des Abends arbeiten, bedienen Sie sich weder eines Leuchters aus Eisen, noch eines solchen aus Messing mit einer Eisenstange im Innern. Befreit von allen derartigen Störungen nimmt die Nadel eine gewisse bestimmte Stellung an. Sie wird sich der Länge nach zwischen Nord und Süd aufstellen. Ziehen Sie sie auf die Seite und lassen Sie sie wieder los. Nach einigen Schwankungen wird sie in die frühere Lage zurückkehren.

Wenn Sie Ihren Magneten beim Mechaniker gekauft haben, werden Sie ein Zeichen an dem einen Ende desselben wahrnehmen. Vorausgesetzt, dass Sie mit Ihrer Nadel vorher über dieses bezeichnete Ende hinstrichen und zwar in der Weise, dass das Nadelöhr den Magneten zuletzt noch berührte, so werden Sie finden, dass das Ohr sich nach Süden, die Spitze aber nach Norden einstellt. Ueberzeugen Sie sich selbst hiervon, und begnügen Sie sich nicht mit meiner Behauptung.

Nehmen Sie jetzt die zweite Stopfnadel, magnetisiren Sie sie genau in derselben Weise; frei aufgehängt wird auch diese ihre Spitze gen Norden und das Ohr gen Süden wenden. Ihr nächster Schritt muss nun sein, die gegenseitige Wirkung der beiden von Ihnen magnetisirten Nadeln zu studiren.

Nehmen Sie eine derselben in die Hand, während die andere aufgehängt bleibt; halten Sie das Ohr der einen an das Ohr der andern; die aufgehängte Nadel zieht sich zurück, sie wird abgestossen. Nun machen Sie denselben Versuch mit den beiden Spitzen: Sie erhalten dasselbe Resultat; die hängende Nadel weicht zurück. Nun lassen Sie die verschiedenen Enden auf einander einwirken und jetzt haben Sie Anziehung. Die Spitze

zieht das Oehr und das Oehr die Spitze an. Beweisen Sie die Gegenseitigkeit dieser Einwirkung dadurch, dass Sie die aufgehängte Nadel entfernen und die andere an ihre Stelle bringen. Sie erhalten dasselbe Resultat. Die Anziehung ist also gegenseitig wie die Abstossung gegenseitig ist, und Sie haben hiermit auf das Klarste das Grundgesetz des Magnetismus dargethan, dass die gleichen Pole sich abstossen, die ungleichen Pole aber sich gegenseitig anziehen. Sie können sagen, dass man dies Alles sehr gut verstehen könne, auch ohne es praktisch auszuführen, aber führen Sie es aus, und Ihre Kenntnisse werden sich nicht auf das beschränken, was ich Ihnen hier sage.

Ich sagte vorhin, dass das eine Ende Ihres Magneten mit einem Zeichen versehen sei; legen Sie einige Seidenfasern zusammen, so dass sie genügend stark sind, oder nehmen Sie ein dünnes seidenes Band und bilden Sie eine Schlinge, die gross genug ist, um Ihren Magneten zu halten. Hängen Sie denselben auf; er dreht das bezeichnete Ende gegen Norden. Dieses Ende nennt man in Deutschland und England den Nordpol. Wenn ein gewöhnlicher Schmied Ihren Magneten gemacht hat, so wird es gut sein, wenn Sie den Nordpol selbst bestimmen und ihn mit einer Feile bezeichnen. Sie erweitern nun Ihre Versuche, indem Sie Ihre Stopfnadel dazu verwenden, den grossen Magneten anzuziehen und abzustossen. Ich nahm an, dass beim Magnetisiren der Nadel das Oehr zuletzt das bezeichnete Ende des Magneten verliess; das Oehrende der Nadel ist der Südpol. Das Ende der Nadel, welches den Magneten zuletzt verlässt, ist immer von entgegengesetzter Polarität zum Ende des Magneten, mit dem es zuletzt in Berührung war. Bringt man sie einan-

der nahe, so ziehen sie sich gegenseitig an, und beweisen, dass sie ungleiche Pole sind.

Vielleicht lernen Sie dies Alles in einer Stunde, aber falls es nöthig ist, widmen Sie dem Gegenstande deren mehrere und bedenken Sie wohl, dass das Verständniss allein nicht genügt, sondern dass Sie sich eine gewisse Handgeschicklichkeit erwerben müssen, um mit der Natur zu verkehren. Wenn Sie zu Ihrem Nebenmenschen sprechen, dürfen Sie sich auch nicht einen beliebigen Jargon erlauben. Schlechte Versuche sind ein Jargon, mit dem Sie die Natur anreden, und er ist hier eben so verwerflich. Einige Geschicklichkeit der Hand, um die Einwirkungen der magnetischen Pole darzuthun, ist von höchster Wichtigkeit in diesem Stadium Ihres Fortschrittes, und Sie dürfen es nicht vernachlässigen, diese Macht über Ihre Werkzeuge zu gewinnen. Während Sie arbeiten wird Ihnen überdies noch Vielerlei einfallen, was ich Ihnen nicht vorhersagen kann. Sie werden versuchen, Gedanken, die Ihnen aufsteigen, auszuführen, oder Fragen, die bei Ihnen entstehen, zu beantworten. Derselbe Versuch kann für zwanzig Menschen zwanzig verschiedene Bedeutungen gewinnen. Nachdem Sie die Wirkung von Pol auf Pol in der Luft beobachtet haben, werden Sie vielleicht versuchen, ob die magnetische Kraft in ihrer Fernwirkung abgedämmt werden kann. Sie benutzen dazu Platten von Glas, Holz, Schiefer, Pappe oder Guttapercha; aber Sie finden, dass die wunderbare Kraft durch alle diese Stoffe hindurchdringt. Ein magnetischer Pol wirkt auf den andern durch diese Körper, als ob sie nicht vorhanden wären. Und wenn Sie ein Patent zur Regulirung der Schiffscompasse übernehmen wollen, so werden Sie nicht in den Irrthum einzelner Unternehmer verfallen, welche glaubten den Magnetismus des Schiffes

durch derartige Hindernisse vom Compass zurückhalten zu können. Wenn Sie eine Classe von Schülern zu unterrichten haben, so müssen Sie Ihre Einrichtungen derartig treffen, dass die Wirkungen, welche Sie selbst gesehen haben, auch für zwanzig bis dreissig Personen sichtbar werden. Und hier müssen Sie Ihren eigenen Erfindungsgeist etwas anstrengen. Sie werden Papierstückchen an den Enden Ihrer Nadeln befestigen, so dass die Bewegungen der Letzteren in der Ferne sichtbar sind, und werden den Nord- und Südpol durch verschiedene Farben, z. B. roth und grün bezeichnen. Auch Ihre Stopfnadel wird sich durch etwas Geeigneteres ersetzen lassen. Benutzen Sie einen Streifen dünnen Stahles, vielleicht ein Stück eines Crinolinreifens, erhitzen Sie ihn bis zum Rothglühen, und tauchen Sie ihn in kaltes Wasser. Er wird dadurch gehärtet und in der That beinahe so spröde wie Glas. Ein sechs Zoll langes Stück von diesem Material, in derselben Weise magnetisirt wie die Stopfnadel, wird die Papierstückchen besser tragen als diese. Sie gehen dann folgendermaassen zu Werke:

Magnetisiren Sie eine kleine Nähnnadel und bestimmen Sie die Pole derselben; oder aber brechen Sie einen Zoll von Ihrer magnetisirten Stopfnadel ab und hängen Sie Eines oder das Andere an einer dünnen Seidenfaser auf. Die Nähnnadel oder das Stück der Stopfnadel soll nun als Probenadel dienen, um die Vertheilung des Magnetismus in Ihrem Stahlstreifen zu untersuchen. Halten Sie diesen Stahlstreifen aufrecht in der linken Hand und führen Sie die Probenadel an das untere Ende desselben; ein Ende wird angezogen, das andere abgestossen. Führen Sie die Nadel von Unten nach Oben an dem Streifen entlang; die anfangs raschen Schwankungen derselben werden langsamer; in der Mitte des Stahlstreifens hören

sie ganz auf; jetzt wird kein Ende der Nadel angezogen; oberhalb der Mitte wendet sich die Probenadel plötzlich um, indem jetzt ihr entgegengesetztes Ende angezogen wird. Machen Sie den Versuch gründlich; Sie lernen daraus, dass die ganze untere Hälfte des Streifens ein Ende der Nadel anzieht, während die ganze obere Hälfte das andere Ende derselben anzieht. Vorausgesetzt, dass der Nordpol Ihrer kleinen Nadel unten angezogen wird, so schliessen Sie, dass die ganze untere Hälfte Ihres magnetisirten Stahlstreifens Südmagnetismus zeigt, während die ganze obere Hälfte Nordmagnetismus zeigt. So weit hätten Sie nun die Vertheilung des Magnetismus in Ihrem Stahle bestimmt.

Sie betrachten diese Thatsache und denken darüber nach; das Hauptverdienst dieses Versuches besteht in den Vermuthungen, welche er in Ihnen anregt. Der Gedanke steigt auf: Was wird geschehen, wenn ich meinen Stahlstreifen in der Mitte auseinander breche? Werde ich zwei Magnete haben, deren Jeder nur einen Pol besitzt? Machen Sie den Versuch; zerbrechen Sie den Stahl und prüfen Sie die beiden Hälften, wie Sie zuvor das Ganze geprüft haben. Es genügt, die beiden Enden nacheinander an die Probenadel zu halten, um Ihnen zu zeigen, dass Sie nicht einen Magneten mit einem einzigen Pole haben, sondern dass jede Hälfte zwei Pole mit einem neutralen Punkte in der Mitte besitzt. Und wenn Sie diese Hälfte wieder in zwei Hälften brechen, so werden Sie finden, dass jedes dieser Viertel genau dieselbe magnetische Vertheilung zeigt wie der ursprüngliche Stahlstreifen. Sie können mit dem Zerbrechen fortfahren, gleichviel wie klein die Bruchstücke ausfallen; ein Jedes derselben besitzt zwei entgegengesetzte Pole und einen neutralen Punkt dazwischen. Schliesslich hört Ihre Hand



mit dem Zerbrechen auf, wenn die weitere Verkleinerung unmöglich wird; aber bleibt der Verstand dabei stehen? Nein; Sie verfolgen den Zerkleinerungsprocess in der Idee, wenn er auch nicht länger ausführbar ist; Ihre Gedanken wandern bis zwischen die Atome Ihres Stahles, und Sie werden schliessen, dass ein Jedes derselben ein Magnet ist, und dass die Kraft, welche der Stahlstreifen zeigte, nur die Summe oder das Resultat der Kräfte aller seiner kleinsten Theilchen ist. Hier haben wir also eine Kraft-äusserung, welche wir nach Belieben hervorrufen und verschwinden machen können. Wir magnetisiren unsern Stahlstreifen dadurch, dass wir ihn am Pole eines Magneten entlang ziehen; und können den Magnetismus wieder aufheben oder umkehren, dadurch, dass wir ihn in entgegengesetzter Richtung über denselben Pol hinführen. Was ist nun die wirkliche Natur dieser wunderbaren Veränderung? Was geht vor unter den Atomen des Stahles, wenn dieser magnetisirt wird? Diese Frage führt uns vom Bereich der Sinne in das der Einbildungskraft hinaus. Diese Fähigkeit ist in der That der Zauberstab des Forschers. Allein die Einbildungskraft darf ihre Schöpfungen nicht aus der Luft herholen, sondern sie muss durch Thatsachen geleitet und ange-regt sein; sie muss im Stande sein ein physisches Bild als Princip festzuhalten, dessen Consequenzen zu erkennen und Mittel und Wege zu finden, wie diese Vorahnungen des Gedankens der Probe durch das Experiment unterworfen werden können. Wenn ein derartiges Princip im Stande ist alle Erscheinungen zu erklären, wenn aus einer angenommenen Ursache die beobachteten Thatsachen nothwendig folgen, so nennen wir eine solche Annahme eine Theorie; und wenn wir diese erst haben, so können wir nicht nur bereits bekannte Thatsachen

nach Belieben ins Leben rufen, sondern auch andere voraussagen, die wir niemals gesehen haben. Auf diese Weise werden bei der Verfolgung physikalischer Studien unsere Fähigkeiten, die Beobachtung, das Gedächtniss, die Einbildungskraft und Logik in Anspruch genommen. Wir beobachten Thatsachen und speichern sie auf. Die Einbildungskraft brütet über diesen Erinnerungen, und versucht mit Hilfe der Vernunft den gegenseitigen Zusammenhang derselben zu ergründen. Das theoretische Princip steigt oft blitzähnlich, oft auch langsam im Geiste auf, und dann tritt die deductive Fähigkeit ein, um das Princip in seine logischen Consequenzen zu verfolgen. Eine vollkommene Theorie verleiht Herrschaft über die Thatsachen in der Natur; und sogar eine blosser Voraussetzung, auch wenn sie nur theilweise die Probe der Vergleichung mit den Thatsachen aushält, kann schon von grossem Nutzen sein, wenn sie uns hilft gewisse Erscheinungsgruppen zu verbinden und zu classificiren. Die Theorie der magnetischen Fluida gehört zu dieser Kategorie, und wir müssen uns nun mit ihr bekannt machen.

Um Ihnen die Sache möglichst fest einzuprägen, will ich mich eines starken und lebhaften Bildes bedienen. In der Optik nennt man Roth und Grün Complementärfarben; ihre Mischung bringt Weiss hervor. Ich bitte Sie nun, anzunehmen, dass jede dieser Farben eine abstossende Kraft besitze; Roth stösst Roth und Grün stösst Grün ab, allein Roth zieht Grün, und Grün zieht Roth an, in der Weise, dass die Anziehung der ungleichen Farben der Abstossung der gleichen Farben gleichkömmt. Denken Sie sich die beiden Farben gemischt, so dass sie Weiss geben, und denken Sie sich zwei Holzstäbe mit diesem Weiss bemalt; wie werden diese Beiden auf einander wirken? Hängen Sie den einen frei auf in der Weise

unserer Stopfnadel und bringen Sie den andern in die Nähe des ersteren, was wird sich ereignen? Die rothen Bestandtheile des Streifens, den Sie in der Hand halten, werden die rothen Bestandtheile des aufgehängten Streifens abstossen, die grünen dagegen anziehen; und da die Kräfte von gleicher Stärke sind, so werden sie sich gegenseitig neutralisiren. In der That wird Ihnen sofort klar sein, dass die Hölzer sich so gleichgültig zu einander verhalten werden, als zwei unmagnetisirte Nadeln es unter denselben Umständen thun würden.

Allein angenommen, wir mischten die beiden Farben nicht, sondern malten jedes Holzstück von der Mitte zum Ende nach einer Seite hin roth und nach der andern grün, so ist es eben so klar, dass die beiden Hölzer auf einander wirken würden wie unsere zwei magnetisirten Stopfnadeln — das rothe Ende würde das Roth abstossen und das Grün anziehen; das grüne Ende hingegen das Grün abstossen und das Roth anziehen, so dass, wenn wir uns das Verhältniss von zwei Farben in dieser Weise denken; wir durch ihre Mischung die Neutralität eines nicht magnetisirten Körpers und durch ihre Trennung die Doppelwirkung eines magnetisirten Körpers hervorbringen könnten.

Sie werden jedoch bereits einen Fehler in meiner Vorstellung bemerkt haben. Wenn wir nämlich unsere Hölzer in der Mitte auseinander brechen, so haben wir eine ganz rothe und eine ganz grüne Hälfte, und mit diesen wäre es unmöglich die Wirkung unseres zerbrochenen Magneten nachzuahmen. Wie haben wir demnach unsere Vorstellung zu modificiren? Offenbar müssen wir annehmen, jedes Holzatom sei auf einer Seite grün und auf der andern roth bemalt. Wäre dies der Fall, so wäre die Gesamtwirkung aller dieser Atome genau der Wirkung eines Magneten ähnlich. Auch würden wir hier

vollkommene Neutralität erzielen, wenn die beiden entgegengesetzten Farben jedes Atoms sich derartig vermischen könnten, dass sie Weiss hervorbrächten.

Ersetzen Sie nun in Ihren Gedanken diese zwei Farben durch zwei Fluida, wobei ebenso die gleichartigen sich abstossen und die entgegengesetzten sich anziehen; lassen Sie beide in gewöhnlichem Stahl zu einer neutralen Verbindung gemischt sein, aber durch die Magnetisirung von einander getrennt werden, so dass die entgegengesetzten Fluida sich auf die entgegengesetzten Seiten jedes Atoms begeben — denken Sie sich dies und Sie haben eine ganz deutliche Vorstellung der berühmten Theorie von den magnetischen Flüssigkeiten. Man nimmt an, dass die Stärke des erregten Magnetismus der Menge des zersetzten neutralen Fluidum proportional ist. Dieser Theorie zufolge wird in Wirklichkeit Nichts von dem erregenden Magneten auf den erregten Stahl übertragen. Der Act der Magnetisirung besteht in der erzwungenen Trennung von zwei Agentien, die im Stahle vorhanden waren, ehe derselbe magnetisirt wurde, die sich aber in ihrer räumlichen Vereinigung gegenseitig neutralisirten. Und wenn Sie Ihren Magneten prüfen, nachdem er hundert Stahlstücke erregt hat, so werden Sie finden, dass er Nichts an Kraft verloren hat; in der That nicht mehr, als ich verlieren würde, wenn meine Worte einen magnetischen Einfluss auf Ihren Geist zu gewinnen und in Ihnen den festen Entschluss zu erregen vermöchten, fortan dem Studium der Naturwissenschaften obzuliegen. Ich würde im Gegentheile durch meine eigenen Aeusserungen und durch die Gegenwirkung Ihrer Kraft nur gewinnen; ebenso gewinnt in der That der Magnet durch die Gegenwirkung des Körpers, den er magnetisirt.

Betrachten Sie jetzt Ihren erregten Stahl; und

denken Sie sich im Geiste jedes einzelne Atom mit seinen entgegengesetzten Flüssigkeiten, die sich über seine entgegengesetzten Seiten verbreiten. Wie kann ein solcher Zustand dauernd sein? Die Flüssigkeiten ziehen sich der Hypothese nach an; wodurch werden sie nun getrennt erhalten? Warum stürzen sie nicht augenblicklich über den Aequator des Atoms hinweg aufeinander und neutralisieren sich auf diese Weise? Um diese Frage zu beantworten, waren die Physiker genöthigt auf das Vorhandensein einer besondern Kraft zu schliessen, welche die Fluida auseinander hält. Man hat dieselbe Coërcitivkraft genannt; und man hat gefunden, dass gerade diejenigen Arten von Stahl, welche dem Magnetisirtwerden den grössten Widerstand entgegensetzen, und welche die grösste Menge von Zwang brauchen um ihre Fluida auseinander zu reissen, auch der Wiedervereinigung der Fluida nach erfolgter Trennung den grössten Widerstand entgegensetzen. Diese Stahlarten sind am geeignetsten zur Herstellung von permanenten Magneten. Es ist in der That klar, dass ein permanenter Magnet ohne eine Coërcitivkraft unmöglich wäre.

Sie werden nicht vergessen haben, dass die beiden Enden Ihrer Nähnadel, ehe Sie dieselbe magnetisirten, durch Ihren Magneten angezogen wurden, und dass die beiden Enden Ihres Stückchens Eisendraht sich ebenso verhielten. Wahrscheinlich werden Sie längst schon das Ende Ihres Magneten in Eisenfeilspähne getaucht und beobachtet haben, wie Letztere daran hängen bleiben; oder sie nahmen eine Schachtel voll Nägel und fanden, dass der Magnet dieselben nach sich zieht. Sie werden überhaupt, falls Sie nicht bloss der Routine folgen, mancherlei versucht haben, was ich Ihnen nicht vorgeschlagen habe und werden dadurch das Gebiet Ihrer Erfahrungen um Vieles

erweitert haben. Sicherlich haben Sie ein Stück Eisen an das Ende Ihres Magneten gehängt, und wahrscheinlich ist es Ihnen gelungen, ein zweites und drittes Stück daran zu hängen, bis schliesslich die Kraft zu schwach war um ein stärkeres Gewicht zu tragen. Haben Sie Versuche mit Nägeln gemacht, so werden Sie bemerkt haben, dass die Spitzen und Kanten am festesten aneinander haften, und dass ein Stückchen Eisen sich fester an die Kante als an eine der Flächenseiten Ihres Magneten anschliesst. Kurzum, Sie werden höchst wahrscheinlich ohne mein besonderes Hinzuthun Ihre Erfahrung nach vielen Seiten hin bereichert haben.

Der Magnet zieht also den Nagel und der Nagel zieht einen zweiten Nagel an. Dies beweist, dass in dem Nagel, der mit dem Magneten in Berührung kommt, eine magnetische Eigenschaft eben durch diese Berührung entwickelt wurde. Wird der Nagel vom Magneten entfernt, so hört damit seine Fähigkeit, einen zweiten Nagel anzuziehen, auf. Die Berührung ist jedoch nicht nöthig. Eine Glasplatte, ein Blatt Papier oder ein Luftzwischenraum kann sich zwischen dem Magneten und dem Nagel befinden; dieser Letztere bleibt dennoch magnetisirt, wenngleich nicht in dem Grade wie bei der wirklichen Berührung. Der Nagel, welcher dem Magneten genähert wird, ist selbst ein temporärer Magnet. Das Ende, welches dem magnetischen Pole zugewendet ist, besitzt den entgegengesetzten Magnetismus von dem Pole, der es erregt; und das vom magnetischen Pole entfernte Ende hat denselben Magnetismus wie dieser Pol selbst; zwischen beiden Polen aber besitzt der Nagel gleich dem Magneten einen magnetischen Aequator.

Mit der Theorie von den magnetischen Flüssigkeiten vertraut, sind Sie mir ohne Zweifel zuvorgekommen, und

haben sich bereits eine genaue Vorstellung vom Zustande des Eisens unter dem Einfluss des Magneten gebildet. Sie denken sich das Eisen im Besitze von einer Fülle neutralen Fluidums, Sie stellen sich vor wie der magnetische Pol das Fluidum zerlegt, wenn man ihn in dessen Nähe bringt, wie er das gleichartige Fluidum abstösst und das ungleichartige anzieht und auf diese Weise in den ihm am nächsten gelegenen Eisentheilen die entgegengesetzte Polarität erregt. Allein das Eisen ist nicht im Stande ein permanenter Magnet zu werden. Es zeigt die Eigenschaften eines Solchen nur so lange als der Magnet darauf einwirkt. Was ist es, das dem Eisen abgeht, und das der Stahl besitzt? Es fehlt ihm die Coërcitivkraft. Seine Fluida können leicht geschieden werden; sobald aber die trennende Ursache aufhört, fließen sie wieder zusammen und die Neutralität ist wieder hergestellt. Ihre Einbildungskraft muss gewandt sein, sich diese Veränderungen auszumalen. Sie müssen im Stande sein, es zu sehen, wie die Fluida sich theilen und sich wieder vereinigen, je nachdem der Magnet herangebracht oder entfernt wird. Wenn Sie sich einen bestimmten Pol im Geiste vorstellen, so müssen Sie sich auch die genaue Anordnung der beiden Fluida in Bezug auf diesen Pol denken können. Und nicht nur Sie selbst müssen wohl geübt sein in derartiger geistiger Ausmalung, sondern Sie müssen es möglich machen, dieselben Bilder im Geiste Ihrer Schüler hervorzurufen, und müssen sich überzeugen, dass diese wirklich Magnete und Eisen in verschiedener Weise vor sich aufzustellen, und den magnetischen Zustand des Eisens in jedem einzelnen Falle genau zu beschreiben vermögen. Die blossen Thatsachen des Magnetismus werden unendlich an Interesse gewinnen, durch eine Kenntniss jener verborgenen Principien, wovon die That-

sachen abhängen. Indessen, während Sie diese Theorie der magnetischen Flüssigkeiten benutzen um die Erscheinungen aufzufinden und zu verknüpfen, sagen Sie Ihren Schülern, dass sie diese Theorie nur als ein Symbol zu betrachten hätten — als ein Symbol, das noch überdies nicht alle Thatsachen zu decken vermag <sup>1)</sup>, aber das gute praktische Dienste leistet, während wir noch auf die volle Wahrheit warten. Dieser Zustand der Erregung, in welcher der Magnet das weiche Eisen zersetzt, wird zuweilen „Magnetisirung durch Vertheilung“ genannt. Gewöhnlicher ist es jedoch zu sagen der Magnetismus sei im Eisen „inducirt“, und deshalb nennt man diese Art der Magnetisirung „magnetische Induction.“

In der Natur giebt es jedoch nichts theoretisch Vollkommenes: kein Eisen ist so weich, dass es nicht eine gewisse Menge von Coercitivkraft besässe, und kein Stahl ist so hart, dass er nicht bis zu einem gewissen Grade der magnetischen Induction fähig wäre. Das Eisen besitzt in gewissem Maasse die Eigenschaft des Stahles und der Stahl theilt bis zu einem gewissen Grade die Eigenschaft des Eisens. Kraft dieser letzteren Eigen-

---

<sup>1)</sup> Diese Theorie hält nicht Stich, sowie man sie auf diamagnetische Körper anwendet, welche von den Magneten abgestossen werden. Dem weichen Eisen gleich gerathen solche Körper in einen Zustand vorübergehender Erregung, in Folge deren sie abgestossen werden, allein jeder Versuch, eine solche Abstossung durch die Zersetzung eines Fluidum zu erklären, erscheint unhaltbar. (Siehe Anmerkung am Schlusse.)

(Ich möchte dies nicht so unbedingt behaupten. Die Erscheinungen des Diamagnetismus lassen sich sehr gut durch die Annahme erklären, dass auch das raumfüllende Medium, der Aether, magnetisierbar ist, und zwar stärker magnetisierbar als die diamagnetischen Körper, weniger stark als die nach Art des Eisen magnetisierbaren. Helmholtz).



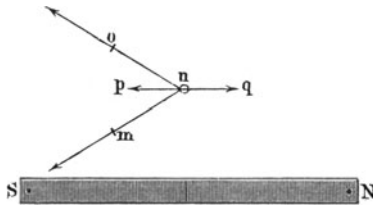
schaft wurde Ihre unmagnetisirte Nadel bei Ihrem ersten Versuche angezogen; und hieraus können Sie sofort den Schluss ziehen, dass nachdem der Stahl magnetisirt ist, die Abstossung seitens des Magneten stets geringer sein muss als die Anziehung. Denn der Abstossung steht die inductive Wirkung des Magneten auf den Stahl entgegen, während die Anziehung durch dieselbe inductive Wirkung unterstützt wird. Machen Sie sich dies vollkommen klar und machen Sie die Probe durch den Versuch. In manchen Fällen kann man es einrichten, dass die vom temporären Magnetismus herrührende Anziehung die vom permanenten Magnetismus herrührende Abstossung besiegt, so dass scheinbar zwei Pole derselben Art sich gegenseitig anziehen. Wenn jedoch gute harte Magneten aus genügender Entfernung aufeinander einwirken, so verschwindet die inductive Wirkung für die Wahrnehmung und die Abstossung der gleichartigen Pole ist merklich dieselbe wie die Anziehung der ungleichartigen.

Ich verweile so lange bei den elementaren Principien, weil dieselben von der obersten Wichtigkeit sind, und weil sie in unserem Zeitalter der ungesunden Ueberstürzung vielfach vernachlässigt werden. Folgen Sie mir jetzt etwas weiter. Als Sie die Vertheilung des Magnetismus in Ihrem Stahlstreifen untersuchten, hoben Sie Ihre Nadel langsam von unten nach oben und fanden das, was wir den neutralen Punkt nannten, im Mittelpunkte derselben. Uebt nun der Magnetismus wirklich keinen Einfluss auf die Pole, die ihm in der Mitte vorgelegt werden? Lassen Sie uns dies untersuchen.

*SN*, Fig. 4 (a. f. S), soll Ihr Magnet und *n* ein Theilchen Nordmagnetismus sein, das genau der Mitte des Magneten gegenüber steht. Dies ist natürlich ein angenommener Fall, da man in Wirklichkeit den Nordmagnetismus

niemals von seinem Begleiter trennen kann. Was ist die Wirkung der beiden Pole des Magneten auf  $n$ ? Sie

Fig. 4.

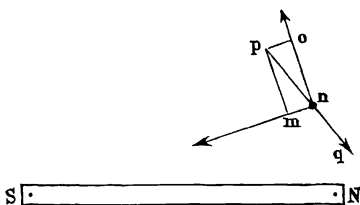


werden ohne Zweifel antworten, dass  $n$  von Pol  $S$  angezogen und von Pol  $N$  abgestossen wird. Drücken wir die Grösse und die Richtung der Anziehung durch die Linie  $nm$  aus, und Grösse und Richtung der Abstossung durch die Linie  $no$ . Da nun das Theilchen  $n$  von  $S$  und  $N$  gleich weit entfernt ist, so wird die Linie  $no$ , welche die Abstossung ausdrückt, gleich lang sein wie die Linie  $mn$ , welche die Anziehung ausdrückt; das Theilchen  $n$ , beeinflusst durch diese beiden Kräfte, muss offenbar sich entlang der Linie  $pn$  genau in der Mitte zwischen  $mn$  und  $no$  bewegen. Sie sehen daraus, dass zwar keine Neigung des Theilchens  $n$  besteht sich in der Richtung zum magnetischen Aequator zu bewegen, jedoch eine solche besteht sich parallel zum Magneten zu bewegen. Wenn wir ein Theilchen Süd magnetismus an Stelle des Theilchens Nord magnetismus, gegenüber dem magnetischen Aequator, brächten, so würde es offenbar entlang der Linie  $nq$  getrieben werden; und wenn wir gegenüber vom magnetischen Aequator, an Stelle von zwei getrennten Theilchen Magnetismus, eine kleine Magnetnadel setzten, welche sowohl Nord- als Süd magnetismus besässe, so würde sie gezwungen sein sich parallel zum Magneten  $SN$  einzustellen, da ihr Südpol längs  $nq$  und ihr Nordpol längs

$np$  getrieben werden würde. Machen Sie den Versuch und überzeugen Sie sich, dass dies der Fall ist.

Ersetzen Sie Ihre Magnetnadel durch ein Stück Eisendraht, der ohne permanenten Magnetismus ist, und auch dieser wird sich genau so einstellen wie die Nadel es that. Durch die Einwirkung des Magneten wird der Draht, wie Sie wissen, selbst zum Magneten und verhält sich als solcher; er wird selbstverständlich seinen Nordpol nach  $p$  und seinen Südpol nach  $q$  genau wie die Nadel wenden. Allein, wenn wir annehmen, Sie änderten die Stellung Ihres Theilchens Nordmagnetismus, und brächten es näher an ein Ende Ihres Magneten als an das andere, so wären die Kräfte, die auf das Theilchen einwirken nicht mehr gleich; der nähere Pol des Magneten wird stärker auf das Theilchen einwirken als der fernere. Lassen wir  $SN$ , Fig. 5 den Magneten und  $n$  das Theilchen Nordmagnetismus in seiner neuen Stellung bedeuten. Es wird durch  $N$  abgestossen und durch  $S$  angezogen. Lassen Sie die Abstossung der Grösse und Richtung nach durch die Linie  $na$ , und die Anziehung durch die kürzere Linie  $nm$  ausgedrückt sein. Die resultirende dieser beiden Kräfte wird dadurch gefunden werden, dass man das Parallelogramm  $mno$  vervollständigt und seine Diagonale  $np$  zieht. Längs der Linie  $np$  würde also ein Theilchen Nordmagnetismus getrieben werden, das unter der gleichzeitigen Einwirkung von  $S$  und  $N$  stünde.

Fig. 5.

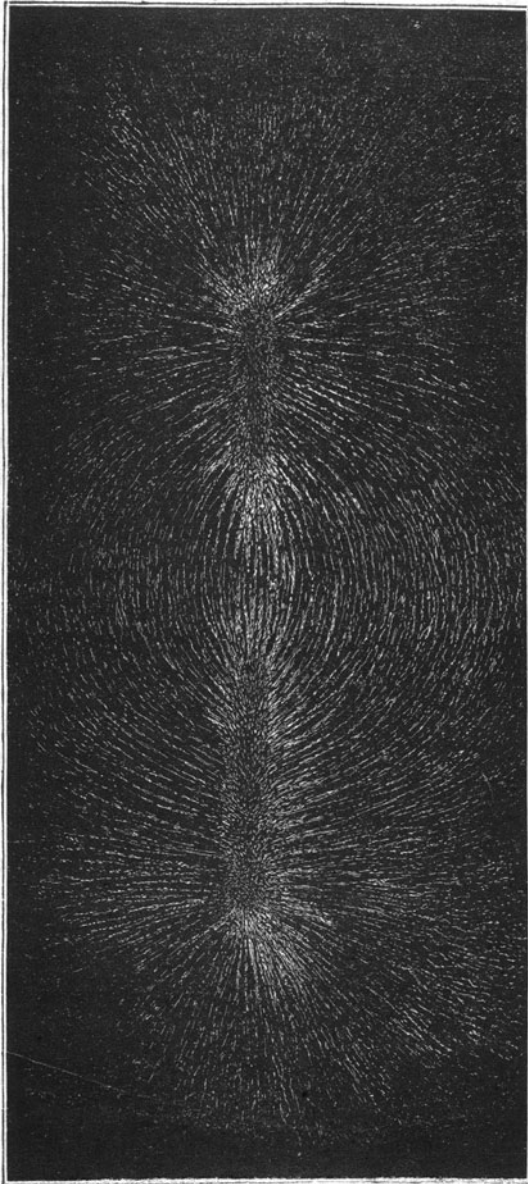


Wenn Sie ein Theilchen Südmagnetismus für  $n$  setzen, so wird dasselbe Raisonement Sie zum Schlusse führen, dass das Theilchen längs  $nq$  getrieben

würde; und wenn wir an Stelle von  $n$  eine kurze Magnetnadel bringen, so wird der Nordpol derselben längs  $np$ , der Südpol längs  $nq$  getrieben, und die einzig mögliche Stellung für die auf diese Weise beeinflusste Nadel ist längs der Linie  $pq$ , welche, wie Sie sehen, nicht mehr parallel zum Magneten läuft. Machen Sie die Probe hiervon durch wirkliche Versuche.

Wir könnten auf diese Weise die Runde um den ganzen Magneten machen; und wenn wir die zwei Pole als zwei Mittelpunkte betrachten, wovon die Kraft ausgeht, so könnten wir, im Einklang mit bekannten mechanischen Principien, der Magnetnadel an jeder bestimmten Stelle eine bestimmte Richtung geben. Und wenn wir, wie vorhin, ein Stück Eisendraht statt der Magnetnadel benutzen, so wird die Stellung bei beiden dieselbe sein.

Ich glaube nun, dass Sie ohne weitere Vorrede im Stande sein werden eine der interessantesten Wirkungen auf dem ganzen Felde des Magnetismus nicht nur selbst zu verstehen, sondern auch sie ändern zu erklären. Eisenfeilspähne sind, wie Sie wissen, kleine Eisentheilchen von unregelmässiger Gestalt, nach einzelnen Richtungen länger als nach andern. Zu dem gegenwärtigen Versuch können wir übrigens ebenso gut kleine Stückchen Eisendrahtes anstatt der Eisenfeilspähne anwenden. Ich lege ein Blatt Papier auf den Magnet; — besser ist es, wenn dasselbe auf einen hölzernen Rahmen gezogen ist, damit es vollkommen eben liege. Ich streue die Eisenspähne oder Drahtstückchen durch ein Sieb auf das Papier und klopfe sachte auf das Letztere um die Eisentheilchen einen Augenblick von der Reibung desselben zu befreien. Der Magnet wirkt durch das Papier auf die Spähne, und sehen Sie, wie er dieselben anordnet! Sie umschliessen den Magneten in einer Reihenfolge von schönen Curven, die man in der techni-



Magnetische Kraftlinien von einer Photographie von Professor Mayer, Lehigh Universität Vereinigte Staaten.

schen Sprache magnetische Curven oder magnetische Kraftlinien nennt. Wird Ihnen die Bedeutung dieser Linien jetzt klar? Bringen Sie Ihre Magnetonadel an irgend einen Punkt dieser Curven und Sie werden finden, dass die Richtung der Nadel genau die des Eisentheilchens oder der magnetischen Curve sein wird. Gehen Sie rings um den Magneten; die Richtung Ihrer Nadel wird immer mit der Richtung der Curve, auf die sie gebracht ist, zusammengehen. Dieses sind also die Linien, längs welcher ein Theilchen Südmagnetismus, wenn Sie es ablösen könnten, sich zum Nordpole, oder ein Theilchen Nordmagnetismus sich zum Südpole hin begeben würde; dieses sind die Linien, längs welcher die Zersetzung des neutralen Fluidums stattfindet; eine Magnetonadel aber, deren einer Pol in einer Richtung, der andere in der entgegengesetzten getrieben wird, muss sich nothwendig tangential zu der Curve einstellen. Ich will diesen Gegenstand nicht noch mehr vereinfachen. Erscheint Ihnen noch Einzelnes dunkel, verwirrt oder unvollständig in meiner Darstellung, so müssen Sie jetzt durch geduldiges Nachdenken im Stande sein, die Unklarheiten wegzuschaffen, die Verwirrung in Ordnung zu verwandeln und das zu ersetzen, was der Erklärung an Vollständigkeit fehlt. Verlassen Sie den Gegenstand nicht, ehe Sie ihn vollkommen begriffen haben; und wenn Sie im Stande sind, mit Ihrem geistigen Auge das Spiel der Kräfte im Umkreise eines Magneten zu erschauen; wenn Sie in den magnetischen Curven deutlich die Wirkung jener Kräfte sehen, so wird die Zeit, die wir zusammen verbrachten, nicht umsonst verstrichen sein.

Auf diese Weise müssen wir lernen unser Material vollkommen zu beherrschen; Schlüsse daraus zu ziehen, und durch willenskräftiges Studium volle Klarheit der

Begriffe zu erlangen. Thatsachen, welche auf diese Weise behandelt werden, wirken mit ausdehnender Kraft auf die Grenzen des Gedankens; sie erweitern den Geist zum Verständnisse des Allgemeinen. Wir erkennen bald die Verwandtschaft zwischen den grossen Naturerscheinungen und den Wirkungen, welche wir in unsern Werkstätten beobachten. Warum, so fragen wir, stellt sich die Magnetnadel von Süden nach Norden ein? Offenbar wird sie durch die Erde dazu gezwungen; die grosse Kugel, welche wir bewohnen, ist selbst ein Magnet. Lassen Sie uns etwas mehr darüber erfahren. Befestigen Sie Ihre Seidenfaser an einem einzelnen Punkte in der Mitte ihrer Magnetnadel, mittels eines Stückchen Wachses, oder wie Sie sonst wollen; die Nadel wird auf diese Weise von der Papierschlinge unabhängig und wird bis zu einem gewissen Grade fähig werden mit der Spitze oder dem Oehre unter den Horizont herunter zu tauchen. Legen Sie Ihren Magneten auf den Tisch und halten Sie die Nadel über den Aequator desselben. Die Nadel stellt sich horizontal. Bewegen Sie sie gegen das Nordende des Magneten; das Südende der Nadel senkt sich, die Senkung nimmt zu in dem Grade als Sie sich dem Nordpole des Magneten nähern, und hier wird sich die Nadel, falls sie sich frei bewegen kann, genau horizontal einstellen. Bewegen Sie sie zurück zum Mittelpunkte, so wird sie die horizontale Lage wieder annehmen. Rücken Sie sie weiter bis zum Südpole; jetzt senkt sich ihre Nordspitze, und gerade über dem Südpole stellt sich die Nadel senkrecht auf, indem ihr Nordende jetzt südwärts gewendet ist. Auf diese Weise erfahren wir, dass auf der einen Seite des magnetischen Aequators das Nordende, auf der andern das Südende der Nadel sich senkt, und dass die Senkung von Null auf 90° steigt. Wenn wir in die Regionen des

Erdäquators gehen, und dort eine Magnetnadel in geeigneter Weise aufhängen, so finden wir, dass die Magnetnadel sich horizontal einstellt. Segeln wir nordwärts, so senkt sich ein Ende der Nadel, fahren wir südwärts, so senkt sich das andere Ende; und über dem magnetischen Nordpole und dem magnetischen Südpole der Erde stellt sich der Magnet senkrecht ein. Der magnetische Südpol der Erde ist noch nicht entdeckt worden; der magnetische Nordpol wurde von Sir James Ross am 1. Juli 1831 entdeckt. Auf diese Weise stellen wir die vollkommene Gleichheit zwischen der Wirkung der Erde und der eines gewöhnlichen Magneten fest.

Die irdischen magnetischen Pole fallen nicht mit den geographischen zusammen; auch stimmt der magnetische Erdäquator nicht vollkommen mit dem geographischen Aequator. Die Richtung der Magnetnadel in London, welche der magnetische Meridian genannt wird, macht einen Winkel von 24 Grad mit dem wahren astronomischen Meridian; und dieser Winkel heisst die Declination der Magnetnadel für London. Der Nordpol der Nadel liegt jetzt westlich vom wirklichen Meridiane; die Declination ist also westlich. Im Jahre 1660 dagegen war die Declination gleich Null, während sie vor jener Zeit östlich gewesen war. Alles dieses beweist, dass die Bestandtheile des Erdmagnetismus sich allmählich in der Vertheilung ändern. Dieser Wechsel findet sehr langsam statt; technisch nennt man ihn *Seculare Aenderung*; die Beobachtung derselben hat sich noch nicht über eine genügende Zeitepoche ausgedehnt, um auch nur annähernd seine Gesetze ahnen zu lassen.

Nachdem wir bis zu einem gewissen Grade das Geheimniss von der Kraft der Erde entdeckt haben, vermögen wir auch Gebrauch davon zu machen. Ich



halte in meiner Hand ein Schüreisen von gutem weichen Eisen; es ist jetzt in der Senkungslinie, thatsächlich in der Tangentiale zu den magnetischen Kraftlinien der Erde. Die Erde, als Magnet wirkend, zwingt in diesem Augenblicke die beiden Fluida in dem Eisen sich zu trennen, und macht aus dem unteren Ende des Schüreisans einen Nordpol, aus dem oberen Ende einen Südpol. Beobachten Sie diesen Versuch: Ich halte den Knauf nach Oben und er zieht das Nordende der Magnetonadel an. Jetzt drehe ich das Schüreisen um, der Knauf ist nun zu Unterst; jetzt ist der Knauf ein Nordpol und zieht das Südende der Nadel an. Verschaffen Sie sich ein solches Eisen und wiederholen Sie den Versuch sorgfältigst; und überzeugen Sie sich, dass die Fluida ihre Stellung verwechseln, je nach der Art und Weise, in welcher das Schüreisen der Erde zugewendet wird. Wir haben bereits gesagt, dass auch das weichste Eisen einen gewissen Grad von Coërcitivkraft besitzt. Die Erde findet im gegenwärtigen Momente in dieser Kraft einen Gegner, welcher sich der vollkommenen Zersetzung des neutralen Fluidums widersetzt. Man kann sich vorstellen, dass die ursprünglichen Fluida einem gewissen Grad von Reibung begegnen, oder dass sie einen gewissen Grad von Adhäsionskraft besitzen, welche sie verhindert über die Atome des Schüreisans hinweg zu gleiten. Können wir der Erde hierbei behülflich sein? Wenn wir den Rest eines Pulvers aus dem Innern eines Glases, an welchem es klebt, zu entfernen wünschen, so drehen wir das Glas um, klopfen darauf, lösen den Halt des Pulvers, und verhelfen der Schwerkraft dazu es herab zu ziehen. Wenn wir auf das Ende des Schüreisans klopfen, lösen wir ebenso die Adhäsion der Fluida an die Atome, und helfen der Erde sie auseinander zu reissen. Aber was ist die Folge hier-

von? Derjenige Theil der Fluida, welcher so gezwungener Weise über die Atome hingerissen wurde, widersetzt sich dagegen zurückzukehren, auch wenn das Schüreisen von der Neigungslinie zurückgebracht ist; das Eisen ist, wie Sie sehen, ein dauernder Magnet geworden. Indem wir es umkehren und abermals klopfen, kehren wir auch seinen Magnetismus um. Ein denkender und fähiger Lehrer wird es wohl verstehen, diese merkwürdigen That- sachen seinen Schülern in einer Weise darzulegen, dass ihr Interesse erregt wird; er wird wissen, oder es wenig- stens zu lernen suchen, wie er ihnen mit Hülfe passen- der, mehr oder weniger grober, Bilder bestimmte Vor- stellungen geben kann, und er wird diese Vorstellungen mehr und mehr reinigen, je mehr seine Schüler fähig werden, abstracte Begriffe zu fassen. Er wird seine Logik wie eine lichte Bahn durch diese Bilder hinlaufen lassen, und damit seine Zöglinge so weit bringen, mit Vortheil und Vergnügen an seiner Seite vorwärts zu schreiten; während die blosse Darlegung von Thatsachen ohne deren Principien, oder bloss sinnliche Wahrneh- mungen und Gedächtnissübung niemals ein derartiges Resultat erzielen können.

---

Anmerkung: Als Erweiterung der Anmerkung Seite 454 kann der folgende Auszug hier seine Stelle finden:

„Es ist bekannt, dass ein Volta'scher Strom eine anziehende Kraft auf einen andern Strom, der in derselben Richtung läuft, ausübt; und dass, wenn die Richtungen sich entgegenlaufen, die ausgeübte Kraft eine abstossende ist. Indem Ampère Drähte in Spiralen aufwand, war er dadurch im Stande, alle Erscheinungen von Anziehung und Abstossung, welche die Magnete zeigen, durch sie hervorbringen zu lassen; und von da war nur noch ein Schritt bis zu seiner berühmten Theorie der molekularen Strömungen. Er nahm an, die Molekeln eines magnetischen Körpers seien von derartigen Strömen umgeben, deren Fernwirkungen sich jedoch im natürlichen Zustande des Körpers gegenseitig neutralisirten wegen der unregelmässigen Orientirung der Ströme. Er nahm ferner an, der Act der Magnetisation bestünde darin, dass diese Molekularströme parallel zu einander gerichtet würden; und von diesen Principien ausgehend, führte er alle Wirkungen des Magnetismus auf die gegenseitige Wirkung elektrischer Ströme zurück.

„Wenn wir über die, auf den vorausgehenden Blättern geschilderten Versuche von Anfang bis zu Ende nachdenken, können wir kaum umhin, uns zu überzeugen, dass diamagnetische Körper, welche unter der Einwirkung magnetischer Kräfte stehen, eine Polarität besitzen, „welche der Art nach dieselbe, aber der Richtung nach umgekehrt ist, wie die, welche magnetische Körper erhalten.“ Ist dies der Fall, wie haben wir uns alsdann den physikalischen Mechanismus dieser Polarität vorzustellen? Nach Coulomb's und Poisson's Theorie besteht der Act der Magnetisation in der Zersetzung von einem neutralen Fluidum; der Nordpol eines Magneten besitzt zum Beispiel eine Anziehung für das südliche Fluidum eines Stückes weichen Eisens, das seinem Einflusse ausgesetzt wird; er zieht das besagte Fluidum an sich und mit demselben die Theilchen Materie, mit denen das Fluidum vereinigt ist. Diamagnetische Erscheinungen zu erklären, scheint diese Theorie völlig unfähig; ihr nach enthielte der oft gebrauchte Satz, dass „ein Nordpol einen Nordpol und ein Südpol einen Südpol erregt“ einen Widerspruch. Denn wenn man annimmt, dass ein Nordfluidum angezogen werde durch den beeinflussenden Nordpol, so ist es absurd anzunehmen, dass seine Anwesenheit daselbst Abstossung hervorrufen könne. Auch Ampère's Theorie ist ausser Stande das Verhalten diamagnetischer Körper zu erklären; denn wenn wir annehmen, die Theilchen des Wismuth seien mit Molekularströmen umgeben, so würden — nach Allem was von elektrodyna-

mischen Gesetzen bekannt ist — sich diese Ströme parallel zum Magneten und in derselben Richtung wie die Ströme von diesem einstellen, und die Folge davon müsste Anziehung nicht aber Abstossung sein. Die Thatsache, dass dies nicht der Fall ist, beweist, dass diese Molekularströme nicht der Mechanismus sind, wodurch diamagnetische Induction bewirkt wird. Diese Ueberlegung trieb ohne Zweifel Herrn Weber zu der Annahme, dass die Erscheinungen des Diamagnetismus durch Molekularströme bewirkt wird, welche durch den Magneten im Wismuth wirklich erregt, nicht blos gerichtet werden. Derartig inducirte Ströme würden, den bekannten Gesetzen zufolge, eine Richtung haben, welche der des inducirenden Magneten entgegengesetzt wäre, und würden deshalb die Erscheinungen der Abstossung hervorbringen. Um seine Hypothese weiter auszuführen, ist Herr Weber zur Annahme genöthigt, dass die Molekeln diamagnetischer Körper mit Canälen umgeben sind, in welchen inducirte Molekularströme, die einmal erregt sind, ohne Widerstand fortfließen können.“ (Ueber Diamagnetismus und Magnetokrystallische Wirkung, pag. 136 u. f.)

---

XIV.

---

K Ü R Z E R E A U F S Ä T Z E.

---

## XIV.

### Kürzere Aufsätze.

---

#### A.

## Ueber die physikalischen Grundlagen der Sonnenchemie.

Bruchstück aus einem Vortrage, gehalten an der Royal Institution  
am 7. Juni 1861.

Meine erste Pflicht am heutigen Abend besteht darin, Ihre Aufmerksamkeit auf die Anordnung eines Apparates zu lenken, mit dessen Hilfe ich experimentell zu zeigen beabsichtige, dass gasförmige Körper die Wärme in ungleichem Grade ausstrahlen und absorbiren. Hinter einem doppelten Schirme von polirtem Zinn befindet sich ein gewöhnlicher ringförmiger Gasbrenner (ohne Flamme) und über diesem eine erhitzte Kupferkugel, von welcher eine Säule erwärmter Luft aufsteigt. Hinter dem Schirme, jedoch so gestellt, dass kein Strahl von der Kugel sie erreichen kann, befindet sich eine thermoelektrische Säule, durch Drähte mit einem sehr empfindlichen Galvanometer verbunden. Die thermoelektrische Säule ist

bekannt als ein Instrument, in welchem Wärme zur Erzeugung eines elektrischen Stromes verwendet wird, in der Weise, dass die Stärke des elektrischen Stromes das Maass für die Menge der verwendeten Wärme giebt. So lange beide Seiten der Säule dieselbe Temperatur haben, wird kein Strom erzeugt. Allein der leiseste Temperaturunterschied wird durch die Erzeugung eines elektrischen Stromes angezeigt, welcher, indem er das Galvanometer durchströmt, durch die Ablenkung einer Magnetonadel sowohl seine Stärke als seine Richtung zu erkennen giebt.

Beide Seiten der Säule besitzen dieselbe Temperatur; die Nadel des Galvanometers steht auf Null. Die Strahlen, welche von dem oben erwähnten Strome heisser Luft ausgehen, dürfen jetzt auf eine Fläche der Säule einwirken: eine äusserst leise Bewegung der Nadel zeigt an, dass die Strahlung, obwohl merklich, doch sehr schwach ist. Mit dem ringförmigen Gasbrenner ist ein Gefäss voll Sauerstoff verbunden; wird der daran befindliche Hahn aufgedreht, so kann ein Strom dieses Gases durch den Brenner entströmen, die Kupferkugel treffen und als eine erhitzte Säule vor unserem Instrumente aufsteigen. Der Erfolg ist, dass Sauerstoff sich als Wärmestrahler eben so schwach als die atmosphärische Luft erweist.

Ein zweiter Behälter, welcher ölbildendes Gas enthält, ist ebenfalls mit dem ringförmigen Brenner verbunden. Wenn man dem erhitzten Gase gestattet auszuströmen (unentzündet), so strahlt es gegen die zunächstliegende Fläche der Säulen eine Wärmemenge aus, welche genügt, um die Nadel des Galvanometers bis 90 Grad, wo sie anschlägt, zu treiben. Dieser Versuch beweist den grossen Unterschied zwischen zwei gleich durchsichtigen

Gasen in Bezug auf ihre Fähigkeit, strahlende Wärme auszusenden.

Das entgegengesetzte Experiment soll nun gemacht werden. Die thermoelektrische Säule wird zwischen zwei Würfel gesetzt, die mit beständig siedend erhaltenem Wasser gefüllt sind; die Anordnung ist derartig, dass die Wärmemengen, welche auf die beiden entgegengesetzten Flächen der Säule fallen, genau gleich gross sind und sich somit gegenseitig neutralisiren. Die Nadel des Galvanometers steht auf Null. Man lässt nun eine Schicht von Sauerstoff aus einem Spalt zwischen einem der Würfel und der Säule hervorströmen. Wenn diese Gasschicht in irgend merklichem Grade die Wärmestrahlen des Würfels aufzufangen im Stande ist, so muss, da der einen Seite der Säule die aufgefangene Wärme entzogen wird, der Temperaturunterschied zwischen beiden Seiten durch die Nadel des Galvanometers angezeigt werden. Die Quantität Wärme, welche das Gas unter diesen Umständen absorbiert, ist, wie Sie sehen, zu gering, um auf das Galvanometer einzuwirken; das Gas erscheint in der That als vollkommen durchsichtig für die Wärmestrahlen. Es hat nur eine schwache Strahlungskraft und besitzt eine ebenso schwache Absorptionskraft. Während die Säule an ihrer Stelle verbleibt, lässt man eine Schicht ölbildenden Gases durch denselben Spalt entweichen. Niemand kann das Gas sehen; es ist gänzlich unsichtbar; das Licht geht so vollständig hindurch, wie durch Sauerstoff oder Luft; allein die Wirkung desselben auf die Wärmestrahlen ist derartig, wie man sie von einem Metallblech erwarten könnte. Eine so grosse Quantität der Strahlen wird abgeschnitten, dass die Nadel des Galvanometers, den Nullpunkt schnell verlassend, mit Kraft bis zu ihren äussersten Grenzen eilt. Die Gegenseitigkeit der Wir-



kung kommt hier ebenso zur Geltung, wie wir sie beim Sauerstoffe festgestellt haben: das gut strahlende Medium zeigt sich bei diesem Experimente auch als das gut absorbirende. Dieses Resultat ist typisch für die Ergebnisse, welche mit sämmtlichen Gasen erlangt werden können. Wenn wir die ganze Liste der Gase und Dünste auf diese Weise durchgehen, finden wir Strahlung und Absorption ebenso streng verknüpft, als positive und negative Electricität, oder als nördliche und südliche Polarität beim Magnetismus. Dasjenige Gas, welches im erwärmten Zustande am besten fähig ist einen Wärmestrahл auszusetzen, ist ebenso am besten fähig einen solchen Strahl aufzufangen. Ist die Strahlung gross, so ist auch die Absorption gross; ist die Strahlung mittelmässig, so ist die Absorption mittelmässig; ist die Strahlung gering, so ist auch die Absorption gering. Machen wir also die Zahl, welche die Absorptionskraft ausdrückt, zum Zähler und die, welche die Strahlungskraft ausdrückt, zum Nenner eines Bruches, so bleibt der Werth dieses Bruches stets derselbe; gleichviel, mit welchem Gas oder Dampfe wir experimentiren mögen, weil Zähler und Nenner sich immer in demselben gleichen Verhältniss verändern.

Aber warum besteht diese Gegenseitigkeit? Was bedeutet Absorption? Was bedeutet Strahlung? Wenn Sie einen Stein in ruhiges Wasser werfen, so umgeben Wellenringe die Stelle, an welcher er niederfällt; Bewegung wird nach allen Richtungen von diesem Erschütterungscentrum ausgestrahlt. Wenn der Hammer auf eine Glocke schlägt, so schwingt diese; und ein Ton, der weiter nichts ist als eine wellenförmige Bewegung der Luft, wird nach allen Seiten ausgestrahlt. Die neuere Wissenschaft zählt Wärme und Schall in dieselbe mechanische Kategorie. Ein leuchtender Körper ist ein solcher, des-

sen Theilchen sich in einem Zustande der Schwingung befinden; bei einem heissen, nichtleuchtenden Körper schwingen die Theilchen ebenfalls, aber nicht in einem Rhythmus, welcher fähig wäre den Gesichtssinn zu erregen. Wie der tönende Körper von Luft umgeben ist, durch welche er seine Schwingungen verbreitet, so besitzt auch der leuchtende oder der erwärmte Körper ein umgebendes Medium, genannt Aether, welches seine Bewegungen empfängt und sie mit unvorstellbarer Geschwindigkeit weiter trägt. Strahlung ist also, sowohl in Bezug auf Licht als auf Wärme, die Uebertragung einer Bewegung von dem schwingenden Körper auf den Aether, in welchem er schwingt. Und wie beim Schalle die Bewegung, welche der Luft mitgetheilt wird, bald auf die umliegenden Gegenstände übertragen wird, gegen welche die Luftschwingungen anprallen, so dass der Ton dem technischen Ausdrucke nach absorbirt wird; ebenso besteht in Bezug auf Licht und Wärme die Absorption in der Uebertragung einer Bewegung von dem erregten Aether auf die Theilchen des absorbirenden Körpers.

Die einfachen Atome haben sich als schlechte, die zusammengesetzten Atome oder Molekel als gute Strahler gezeigt. Einfache Atome gleiten durch den Aether ohne viel Widerstand; sind sie verbunden, so finden sie Widerstand und geben leichter ihre Bewegung an den Aether ab. Mischt man Sauerstoff und Stickstoff auf mechanische Weise, so absorbiren und strahlen sie bis zu einem gewissen Grade. Lässt man die Gase sich chemisch verbinden zu Stickoxydgas, so wird sowohl Absorption als Strahlung sich hundertfach vermehren.

Wir vermögen gleichsam mit dem Teleskope des

Geistes einen Einblick zu thun in Atomsysteme und Vorstellungen zu gewinnen von Vorgängen, welche dem leiblichen Auge niemals sichtbar werden können. Gase und Dünste besitzen die Fähigkeit, unter den Strahlen, die sie auffangen, eine Auswahl zu treffen. Sie suchen sich einzelne Strahlengruppen aus um sie zu zerstören, und lassen andere Gruppen ungefährdet vorüberziehen. Dies wird sehr gut durch einen berühmten Versuch von Sir David Brewster gezeigt, den wir zur Anwendung auf unsern heutigen Gegenstand etwas verändert haben. In einen Glascylinder, dessen Enden durch Platten von Spiegelglas verschlossen sind, wird eine kleine Quantität von salpetrigsauerm Gase eingeführt, dessen Vorhandensein durch seine schöne tiefbraune Farbe angezeigt ist. Der Strahl einer elektrischen Lampe wird durch zwei Prismen von Schwefelkohlenstoff geleitet und ein Spectrum von 7 Fuss Länge und 18 Zoll Breite wird auf einen Schirm geworfen. Führt man den Cylinder, welcher die salpetrige Säure enthält, in die Linie des Strahles, der von der Lampe ausgeht, so wird das prachtvolle und zusammenhängende Spectrum sofort durch zahlreiche dunkle Streifen durchfurcht, deren entsprechende Strahlen durch das salpetrigsäure Gas aufgefangen werden, während es das Licht, welches in die Zwischenräume fällt, verhältnissmässig ungehindert hindurchgehen lässt.

Auch hier muss sich das Princip der Gegenseitigkeit in Bezug auf Strahlung und Absorption bewähren; und wären wir im Stande das salpetrigsäure Gas leuchtend zu machen, ohne im Uebrigen seine physikalische Beschaffenheit zu ändern, so würden wir finden, dass es genau diejenigen Strahlen auffängt, welche es auch ausstrahlt. Wenn die atmosphärische Luft und andere Gase mittels eines hindurchschlagenden elektrischen Funkens in einen

Zustand von intensiver Gluth versetzt werden, so bestehen die Spectren derselben aus einer Reihenfolge von hellen Streifen. Allein derartige Spectren werden in grösstem Glanze erzeugt, wenn man Metalle an Stelle der gewöhnlichen Gase anwendet und sie bis zur Verflüchtigung erhitzt. Dies kann mittels eines Volta'schen Stromes leicht bewerkstelligt werden. Man nimmt eine mit Quecksilber gefüllte Kapsel von Kohle als positiven Pol der elektrischen Lampe; ein zweites zugespitztes Stück Kohle wird von oben herangebracht; trennt man nun die Beiden von einander, so bildet sich zwischen ihnen ein glänzender Lichtstreif, welcher das Quecksilber im flüchtigen Zustande enthält. Das Spectrum dieses Lichtes ist nicht continuirlich wie das der festen Kohlenspitzen, sondern es besteht aus einer Reihe von lichten Streifen, deren jeder in der Farbe mit demjenigen Theil des Spectrum, wozu er gehört, übereinstimmt. Das Kupfer hat sein Streifensystem und das Zink ein anderes; und Messing, welches eine Mischung von Kupfer und Zink ist, ergiebt ein Spectrum, das aus den Streifen, welche diesen beiden Metallen gehören, zusammengesetzt ist.

Allein nicht nur in dem Falle, wo Metalle wie Zink und Kupfer zu einer Mischung verbunden sind, ist es möglich die ihnen gehörigen Streifen zu bekommen. Das Metall mag noch so sehr versteckt sein; es mag sich mit Sauerstoff zu einem Oxyd, und dieses wieder mit einer Säure zu einem Salze verbunden haben; gleichviel, wenn nur die Wärme, die wir darauf einwirken lassen, stark genug ist, so werden sich die Streifen, welche dem Metalle angehören, vollkommen deutlich zeigen. Wenn man Löcher in einen Cylinder von Gaskohle bohrt, diese mit reinem Kochsalz anfüllt, alsdann die Kohle zur positiven Elektrode der Lampe macht, so wird das daraus

entspringende Spectrum die glänzend gelben Linien des Metalles Natrium zeigen.

Aehnliche Versuche, welche mit den Chlorverbindungen von Strontium, Calcium, Lithium<sup>1)</sup> und andern Metallen gemacht wurden, zeigen in jedem einzelnen Falle die den Metallen gehörigen Streifen. Ich mische jetzt verschiedene Salze zusammen, bringe die Mischung in die Löcher der Kohle; und erhalte ein Spectrum, welches die Streifen von allen enthält.

Die Stellung dieser hellen Streifen ändert sich niemals, und jedes Metall besitzt sein eigenes Streifensystem. Ein Beobachter, welcher mit diesen Erscheinungen vertraut ist, vermag daher von den Linien des Spectrum auf die Metalle, welche es hervorbringen, zu schliessen. Es ist dies eine Sprache, welche sich an das Auge und nicht an das Ohr richtet, und die Sicherheit des Verständnisses würde um nichts erhöht werden, auch wenn jedes Metall auszurufen im Stande wäre: hier bin ich! Auch die Entfernung ändert nichts an dieser Sprache. Wenn wir finden, dass die Sonne oder die Sterne uns die Lichtstreifen unserer irdischen Metalle zeigen, so geben jene Himmelskörper damit die Erklärung ab, dass diese Metalle zu ihren Bestandtheilen gehören. Gibt die Sonne uns derartige Andeutungen? Zeigt das Sonnenspectrum helle Linien, welche wir mit den von unsern irdischen Metallen erhaltenen vergleichen und dadurch ihre Gleich-

---

<sup>1)</sup> Die Lebhaftigkeit der Farben des Lithiumspectrum ist ganz ausserordentlich: es enthält eine blaue Linie von ganz unbeschreiblicher Pracht. Manche glaubten, während des Vortrages, ich hätte Strontium mit Lithium verwechselt, da diese blaue Linie nie zuvor beobachtet worden war. Ich habe sie manches Mal seitdem wieder erhalten; und Dr. Miller, welcher die von mir benutzte Substanz analysirt hat, erklärte sie für reines Chlorkalium.

artigkeit oder Verschiedenheit erweisen könnten? Nein. Das Sonnenspectrum ergibt bei genauer Beobachtung wohl eine Menge von feinen dunklen, hingegen keine hellen Linien. Zuerst wurden dieselben von Dr. Wollaston bemerkt; hierauf wurden sie mit grösster Feinheit von Fraunhofer dargestellt, und nach ihm die Fraunhofer'schen Linien genannt. Lange Zeit blieben sie ein stehendes Räthsel für die Naturforscher. Die hellen Linien, welche die Metalle ergeben, waren uns auch bereits seit Jahren bekannt; allein der Zusammenhang zwischen beiden Classen von Erscheinungen war gänzlich unbekannt, bis Kirchhoff mit bewunderungswerthem Scharfsinne das Geheimniss enthüllte, und uns dadurch in den Stand setzte, die Sonne chemisch zu analysiren.

Schwere Arbeit liegt nun vor uns; bis jetzt wurden wir entzückt durch Gegenstände, welche sich mehr an unsern ästhetischen Sinn, als an unsere wissenschaftlichen Fähigkeiten wendeten. Wir sind bis zum letzten Kegel des Aetna auf das Angenehmste hinaufgeritten, müssen nun aber absteigen und mühsam über Asche und Lava zu Fusse wandern, wenn wir die Rundsicht von der Spitze aus geniessen wollen. Unser Problem ist, die dunkeln Fraunhofer'schen Linien mit den hellen Linien der Metalle in Zusammenhang zu bringen. Der weisse Strahl der Lampe wird gebrochen, indem er durch unsere beiden Prismen hindurchgeht; allein seine verschiedenen Bestandtheile werden in verschiedenem Grade gebrochen und auf diese Weise werden seine Farben von einander getrennt. Die Farbe hängt aber einzig von der Schwingungsdauer der Theilchen des leuchtenden Körpers ab; rothes Licht wird durch eine gewisse Schwingungsdauer erzeugt, blaues, durch eine viel kürzere, und die Farben zwischen Roth und Blau durch die dazwischen-

liegenden Werthe hervorgebracht. Die festen glühenden Kohlenspitzen geben uns ein continuirliches Spectrum, mit andern Worten, sie senden Strahlen von jeder möglichen Schwingungsperiode aus. Sie enthalten Theilchen, deren Schwingungen Roth, andere, die Orange, wieder andere, die Gelb, Grün, Blau, Indigo und Violett geben. Die Farbe ist also für das Licht das, was die Tonhöhe für den Schall ist. Ein Violinspieler, der seinen Finger auf eine Saite drückt, macht dadurch die Saite kürzer und strammer, versetzt sie in raschere Schwingung und steigert damit die Tonhöhe. Denken Sie sich den Spieler langsam mit dem Finger auf der Saite entlang gleitend, dieselbe allmählich verkürzend, während er zugleich seinen Bogen darüber hinzieht, so wird der Ton in unverkennbarem Uebergange höher werden; und keinerlei Lücke wird zwischen Ton und Ton stattfinden. Hier haben wir das Analogon des continuirlichen Spectrum, dessen Farben unmerklich vom Roth des tiefsten bis zum Violett des höchsten Tones ohne Lücke oder Unterbrechung in einander übergehen. Allein denken Sie sich, dass der Spieler anstatt allmählich seine Saite zu verkürzen, seine Finger nur an gewissen Stellen aufdrücke und den betreffenden Ton angebe, dann zu einem andern mehr oder weniger entfernten Punkte abgehend, die Note hier wieder angebe und gewisse bestimmte Töne, die durch Lücken von einander getrennt sind, hervorbringe; auf diese Weise würden wir das genaue Analogon des Spectrum haben, das aus getrennten hellen Streifen und aus dazwischen liegenden dunkeln Zwischenräumen besteht.

Diese Analogie, so vollkommen und wahr sie auch sein möge, ist jedoch für unsern Zweck nicht genügend. Wir haben die schwingenden Atome des verflüchtigten Metalles ins Auge zu fassen. Denken Sie sich diese

Atome durch Federn von einer gewissen Spannung verbunden, welche die zusammengepressten Atome auseinander und die auseinandergezogenen Atome zusammendrängen und sie, ehe sie zur Ruhe kommen, mit einer gewissen durch die Stärke der Feder bestimmten Geschwindigkeit zu schwingen veranlassen. Man muss sich das flüchtig gewordene Metall, welches uns einen hellen Streifen giebt, so vorstellen, als ob alle seine Atome durch Federn von derselben Spannung verbunden wären; seine Schwingungen sind alle von einer Art. Ein Metall, welches zwei Streifen giebt, kann man sich so vorstellen, als ob einige von seinen Atomen durch Federn eines gewissen Spannungsgrades, und andere durch Federn eines andern Spannungsgrades verbunden wären. Seine Schwingungen würden dann von zweierlei Art sein. Ebenso, wenn wir drei oder mehr Streifen haben, müssen wir uns eben so viele Arten von Federn denken, deren jede fähig ist in ihrem besonderen Rhythmus zu schwingen. Wenn wir diese Vorstellung uns ganz zu eigen gemacht haben, werden wir ohne Schwierigkeit das Gleichniss von den Federn fallen lassen, und dafür in unserer Vorstellung die Kräfte setzen, mit denen die Atome auf einander wirken. Nachdem wir unsere Bahn soweit frei gemacht haben, lassen Sie uns versuchen einen weiteren Schritt vorwärts zu thun.

Vor Ihnen ist eine schwere Elfenbeinkugel an einer Schnur aufgehängt. Ein einziger Athemstoss bewegt diese Kugel etwas aus ihrer Ruhestellung. Sie schwingt rückwärts, und wenn sie an der Grenze ihrer Schwingung angelangt ist gebe ich ihr einen zweiten Stoss mit meinem Athem. Sie schwingt nun weiter; und wenn man die Zeit der Stösse richtig wählt, so kann man die Wirkung derselben derartig verstärken, dass Schwingungen von



grosser Breite zu Stande kommen. Die Elfenbeinkugel hat die Bewegung des Athems absorbirt. Nimmt man nun an, dass eine Reihe von Luftwellen anstatt der Athemstösse an die Kugel schlugen, und diese Wellen einander genau in denselben Intervallen folgten, wie die Athemstösse, so ist es ganz offenbar, dass diese Wellen ihre Bewegung der Kugel mittheilen, und sie in Schwingung versetzen würden, genau ebenso wie der Athem dies that. Es ist eben so offenbar, dass dies nicht der Fall sein würde, wenn die Impulse der Wellen nicht zur richtigen Zeit erfolgten; in dem Falle würde die Bewegung, welche das Pendel von der einen Welle empfängt, durch die von einer andern empfangenen neutralisirt, und eine Accumulation könnte nicht stattfinden. Betrachten Sie das Pendel nun als die Quelle, nicht als den Empfänger einer Reihe von Wellen. Jede Schwingung bringt eine Luftwelle hervor; und es ist klar, dass die Wellen, welche das Pendel aussendet, und die Wellen, welche es absorbirt, dieselbe Schwingungsperiode haben. Hier mag beiläufig bemerkt werden, dass wenn die Perioden der Wellen zweimal, dreimal oder viermal so gross wären als die des Pendels, die Stösse, welche dem Letzteren mitgetheilt werden, auch rechtzeitig erfolgen können, um eine Anhäufung der Bewegung hervorzubringen.

Eine der merkwürdigsten jemals beschriebenen Wirkungen solcher geregelter Impulse wurde durch einen Uhrmacher Namens Elcott im Jahre 1741 beobachtet. Dieser lehnte zwei Uhren gegen ein Gitter; eine derselben, die wir *A* nennen wollen, ward in Gang versetzt, die andere, *B*, nicht. Nach einiger Zeit fand er zu seiner Verwunderung, dass *B* ebenfalls tickte. Die Pendel waren von gleicher Länge, und die Anstösse, welche *A* dem Gitter mittheilte, an das beide Uhren lehnten, wur-

den auf *B* übertragen und waren so bemessen, dass *B* dadurch ins Gehen kam. Wenn die Pendel einigermassen verschieden waren, so brachte die Uhr *A* die Uhr *B* zwar zum Gehen, allein die Reaction von *B* brachte *A* alsdann zum Stehen. *B* brachte *A* zum Gehen, und dann bewirkte die Rückwirkung von *A*, dass *B* stehen blieb<sup>1)</sup>. Wenn die Schwingungsperioden einander nahe kamen ohne ganz identisch zu sein, controlirten sich die Uhren gegenseitig und tickten wie in Folge einer Uebereinkunft vollständig unisono.

Die Schwingungen eines Strahles sind jedoch auf das Engste verwandt mit den Schwingungen eines Pendels. Wenn Aetherwellen auf Atome wirken, welche in denselben Perioden schwingen, so wird die Bewegung der Wellen durch die Atome absorbirt werden; nehmen wir an, wir sendeten einen Strahl unseres weissen Lichtes durch eine Natriumflamme, so werden die Atome dieser Flamme hauptsächlich durch solche Wellenbewegungen beeinflusst werden, welche gleichen Rhythmus mit ihren eigenen Schwingungsperioden haben. Es wird Seitens jener besondern Wellen eine Uebertragung von Bewegung vom erregten Aether auf die Atome des flüchtigen Metalles stattfinden, und diese Uebertragung ist, wie bereits auseinandergesetzt wurde, Absorption. Wir benutzen Glasschirme, um uns gegen die Hitze unserer Kaminfeuer zu schützen; auf welche Weise findet deren Wirkung statt? Die vom Feuer ausgehende Wärme ist zum grössten Theile denjenigen Strahlen zuzuschreiben, welche nicht im Stande sind, den Gesichtssinn zu erregen; wir nennen sie die

---

<sup>1)</sup> Man kann ähnliche Wirkungen mittels zweier starker Stimmgabeln hervorbringen, die nicht ganz unisono gestimmt und durch eine leichte Feder verbunden sind.

dunklen Strahlen. Das Glas, obwohl für leuchtende Strahlen durchsichtig, ist im höchsten Grade undurchsichtig für diese dunkeln Strahlen; es schneidet sie ab, während das erfreuliche Licht des Feuers durchgelassen wird. Jetzt bitte ich um Ihre volle Aufmerksamkeit. Die Wärme, welche von Ihnen abgehalten wird, ist im Glase zu finden; dieses Letztere wird erhitzt und strahlt gegen Sie. Wozu nützt nun das Glas, wenn es nur ein vorübergehender Halteplatz für die Wärmestrahlen ist, und diese doch später weiter sendet? Es sendet die Wärme die es empfängt nicht nur Ihnen zu, sondern zerstreut sie auch nach anderen Richtungen im Zimmer umher. Auf diese Weise werden die Strahlen, welche ohne das dazwischengesetzte Glas direct auf Ihre Person fallen würden, zum grössten Theile von ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkt und Sie selbst vor deren Einwirkung geschützt.

Wenn man ein intensiv leuchtendes Strahlenbündel durch diese beiden Prismen fallen lässt, so breitet ein Spectrum seine Farben auf diesem Schirme aus. In die Strahlenbahn wird eine Kochsalzflamme gebracht. Alkohol und Wasser sind hierbei mit einer gewissen Menge von gewöhnlichem Salz gemischt, und die Metallschüssel worin sie sich befinden, ist durch eine Spirituslampe erwärmt. Die Dämpfe der Mischung entzünden sich und wir haben diese monochromatische (einfarbige) Flamme. Durch diese Flamme fallen nun die Strahlen; beobachten Sie die Wirkung auf das Spectrum. Sie sehen einen dunkeln Streifen, der aus dem Gelb herausgenommen ist, nicht sehr dunkel, aber doch so, dass alle Anwesenden ihn sehen können. Die Flamme dieser monochromatischen Lampe wirft in diesem Augenblick ihr Licht auf diesen dunkeln Streifen; ja, mehr noch, sie wirft noch einen Theil des Lichtes von

der elektrischen Lampe, die sie absorbiert darauf; allein sie zerstreut den grössten Theil dieses Lichtes nach andern Richtungen, und lenkt es auf diese Weise von dem Schirme ab, wie der Glasschirm in dem oben angenommenen Falle die Hitze des Feuers ablenkte. Daher erscheint der Streifen dunkel; zwar nicht absolut dunkel, doch dunkel im Vergleich mit den anstossenden glänzenden Theilen des Spectrum.

Diese Wirkung kann noch sehr verstärkt werden. Gegenüber von der elektrischen Lampe ist jetzt die intensive Flamme eines Bunsen'schen Brenners gesetzt. Ich lege ein Stückchen Natrium von der Grösse einer Erbse in eine Platinakapsel. In die Flamme gebracht wird das Natrium bald flüchtig und verbrennt mit grosser Leuchtkraft. Zugleich wird der gelbe Streifen entschieden herausgeschnitten, indem ein Streifen von tiefster Dunkelheit an seine Stelle tritt.

Lassen Sie mich genauer reden: Die gelbe Farbe nimmt einen merklichen Theil des Spectrum ein, und geht auf der einen Seite in Orange, auf der andern in Grün über. Der Ausdruck „gelber Streifen“ ist also etwas unbestimmt. Ich wünsche, Ihnen zu zeigen, dass der gelbe Streifen, welchen das flüchtige Natrium ergiebt, genau derselbe ist, als der, welchen diese Substanz absorbiert. Ich tauche die Kohlenspitze, welche als positive Elektrode dient, in eine Lösung von gewöhnlichem Kochsalz, bringe sie in die Lampe zurück, und nun zieht sich ein heller gelber Streif quer über das Spectrum. Beobachten Sie was aus dem Streifen wird, wenn ich das Natriumlicht dazwischen bringe. Zuerst wird er verwischt, und fast augenblicklich danach entsteht ein schwarzer Strich an seiner Stelle.

Und nun denken Sie sich an Stelle der reinen Na-

triumflamme eine andere, worin Lithium, Strontium, Magnesium, Calcium etc. sich im flüchtigen Zustande befinden, in die Bahn des Strahles gesetzt. Jeder der Metaldämpfe wird sein eigenes Streifensystem auslöschten, und jeder dieser erloschenen Streifen wird in seiner Stellung genau dem hellen Streifen entsprechen, welchen das Metall, falls man es in die Lampe bringt, auf den Schirm werfen wird. Das Licht, welches durch eine solche zusammengesetzte Flamme scheint, wird uns ein Spectrum geben, das von dunkeln Linien durchschnitten ist, genau wie das Sonnenspectrum durch die Fraunhofer'schen Linien durchschnitten ist.

Hieraus aber schliessen wir auf die Beschaffenheit von dem grossen Centrum unseres Planetensystems. Die Sonne besteht aus einem Kern, der von einer feurigen Atmosphäre umgeben ist. Das Licht des Kernes würde uns ein continuirliches Spectrum geben, wie unsere Kohlenspitzen es thaten; allein da es durch die Photosphäre dringen muss, wie unser Strahl durch die Flamme ging, so werden diejenigen Strahlen des Kernes, welche die Photosphäre selbst aussenden kann, absorbirt und dunkle Zwischenräume, die den besonderen absorbirten Strahlen entsprechen, erscheinen im Spectrum. Könnte man den Kern wegnehmen, so würden wir einen hellen Streifen an Stelle jeder dunkeln Fraunhofer'schen Linie haben. Diese Linien sind demnach nicht absolut dunkel, sondern ihre Dunkelheit entspricht dem Unterschiede zwischen dem Lichte des Kernes, das von der Photosphäre aufgefangen wird, und dem Lichte, welches von dieser Letzteren ausgeht.

Derjenige, dem wir dieses wunderbare allgemeine Gesetz verdanken, ist Kirchhoff, Professor der Physik in Heidelberg; allein, wie jede grosse Entdeckung, ist

auch diese aus verschiedenen Bestandtheilen zusammengesetzt. Herr Talbot beobachtete die hellen Linien in den Spectren farbiger Flammen. Vor sechzehn Jahren gab Dr. Miller Zeichnungen und Beschreibungen von den Spectren der verschiedenen farbigen Flammen. Mit seinem gewöhnlichen Scharfsinne analysirte Wheatstone das Licht des elektrischen Funken und zeigte, dass die Metalle, zwischen welchen der Funken übergang, die Ursache der hellen Streifen im Spectrum seien. Masson veröffentlichte eine Preisschrift über diese Streifen, Van der Willigen und später noch Plücker gaben schöne Zeichnungen der Spectren, die das elektrische Licht des Rumford'schen Apparats erzeugt. Aber Keiner von diesen ausgezeichneten Männern verrieth die geringste Ahnung von der Verbindung zwischen den hellen Streifen der Metalle und den dunkeln Linien vom Sonnenspectrum. Derjenige, der in seinen Schriften dem Principe der Sache am Nächsten kam, ist Angström. In einer Abhandlung aus Poggendorff's Annalen, welche ich 1855 für das *Philosophical Magazine* übersetzte, weist er darauf hin, dass eben dieselben Strahlen, welche von einem Körper absorbirt werden, auch von ihm ausgestrahlt werden können, wenn er zum Leuchten gebracht wird. An einer andern Stelle spricht er davon, dass eines seiner Spectra den Eindruck vom umgekehrten Sonnenspectrum gebe. Foucault, Stokes und Thomson waren alle auf dem Punkte die Entdeckung zu machen. Allein Kirchhoff's Verdienst wird durch diese Umstände nicht geschmälert. Vieles von dem was ich hier erwähnt habe, bildete die Grundlage zu seiner Arbeit, wie die Kepler'schen Gesetze für

---

<sup>1)</sup> Stokes besonders hatte das Princip der Sonnenchemie erfasst, seine Ideen darüber jedoch nicht veröffentlicht.

Newton die Grundlage zur Theorie der Schwerkraft abgaben. Kirchhoff's grosse Entdeckung führt uns weit über Alles vor ihm Geleistete hinaus; denn er hat gesetzliche Ordnung in eine grosse Menge von empirischen Beobachtungen gebracht, und hat unser bisheriges Wissen veredelt und gehoben, dadurch, dass er den Zusammenhang desselben mit einigen der herrlichsten Naturscheinungen aufdeckte.

---

## XIV.

B.

### U e b e r K r a f t .

---

Bruchstück aus einem Vortrage, gehalten in der Royal Institution  
am 6. Juni 1862.

Veranlasst durch die in diesem Jahre in London stattfindende internationale Ausstellung fasste der Ehrenpräsident unserer Gesellschaft den Gedanken, den verschiedenen Agentien, worauf Englands materielle Grösse beruht, an dieser Stelle wöchentliche Vorlesungen zu widmen, und die Vorträge von Ostern ab des Freitag Abends stattfinden zu lassen. Sie sollten mit einem Vortrage über die grosse Weltausstellung selbst beginnen, alsdann sollten einzelne Stoffe wie Kohle, Eisen und Baumwolle behandelt werden, und ich selbst erhielt den Auftrag die Reihenfolge zu schliessen mit einem Vortrage über „Kraft“ im Allgemeinen. Ich hatte mir den Gegenstand überlegt und den Plan, wie derselbe zu behandeln sein würde, bereits festgestellt, als ich genöthigt wurde, diesen meinen



Plan aufzugeben, aus Gründen, welche ich Ihnen hier nicht mittheilen kann.

Wir haben Alle einen mehr oder weniger bestimmten Begriff von Kraft; wir wissen im Allgemeinen was Muskelkraft bedeutet, und dass es weniger gefährlich ist, eine Ohrfeige von einer Dame, als einen Schlag von einem Faustkämpfer zu empfangen. Allein diese allgemeinen Anschauungen sind nicht genügend; wir müssen lernen die mechanischen Werthe der betreffenden Schläge in Zahlen auszudrücken; es ist dies der erste Punkt, welcher ins Klare gebracht werden muss.

Sie sehen eine Bleikugel von 1 Pfund Gewicht auf einer Höhe von 16 Fuss über dem Boden aufgehängt. Losgelassen fällt sie durch die Schwerkraft herab. Das Gewicht braucht genau 1 Secunde um von dieser Höhe herabzufallen, und im Augenblicke ehe es den Boden berührte besass es eine Geschwindigkeit von 32 Fuss in der Secunde; d. h. wenn in diesem Augenblicke die Erde und ihre Anziehung vernichtet werden könnte, so würde das Gewicht durch den Raum mit der gleichmässigen Geschwindigkeit von 32 Fuss in der Secunde weiter gehen. Nehmen wir an, das Gewicht würde, anstatt durch die Schwerkraft zu Boden gezogen zu werden, gegen die Schwerkraft in die Höhe geworfen; mit welcher Geschwindigkeit müsste es die Erde verlassen um eine Höhe von 16 Fuss zu erreichen? Die Geschwindigkeit müsste 32 Fuss in der Secunde betragen. Diese Geschwindigkeit, welche dem Gewichte durch den menschlichen Arm oder irgend ein anderes Mittel mitgetheilt wird, würde das Gewicht genau auf die Höhe bringen, von welcher es so eben herabgefallen ist.

Das Heben des Gewichtes kann nun als bestimmte Menge mechanischer Arbeit betrachtet werden. Wir

könnten eine Leiter an die Mauer stellen und das Gewicht 16 Fuss hoch hinauftragen, oder wir könnten es vermittels eines Flaschenzuges in die Höhe ziehen, oder wir könnten es plötzlich 16 Fuss in die Höhe schleudern. Die Menge der geleisteten Arbeit würde in allen Fällen, was das Heben des Gewichtes betrifft, absolut dieselbe sein. Die Menge der geleisteten Arbeit hängt nur von zwei Dingen ab: erstens von der Quantität Materie, die zu heben ist, und zweitens von der Höhe, auf welche diese gehoben wird. Wenn Sie die Materie oder Masse  $m$  nennen, und die Höhe zu der sie gehoben wird  $h$ , dann wird das Produkt von  $m$  und  $h$  oder  $m h$  die Menge der geleisteten Arbeit ausdrücken. Nehmen wir nun an, es würde dem Gewichte eine Geschwindigkeit nicht von 32 Fuss, sondern doppelt so viel, von 64 Fuss in der Secunde verliehen. Welche Höhe würde das Gewicht nun erreichen? Sie könnten versucht sein zu antworten: Die doppelte Höhe. Allein dies wäre vollkommen unrichtig. Sowohl die Theorie als der Versuch lehren uns, dass das Gewicht die vierfache Höhe erreichen würde: anstatt zweimal 16 oder 32 Fuss würde es viermal 16 oder 64 Fuss erreichen. Ebenso wird eine dreifache Geschwindigkeit die neunfache Höhe, eine vierfache Geschwindigkeit die sechzehnfache Höhe ergeben. Wenn also das Gewicht mit einer Geschwindigkeit von 128 Fuss abgeht, so wird es eine Höhe von 256 Fuss erreichen. Angenommen, es hätte die siebenfache Geschwindigkeit beim Abgange, so würde es die neunundvierzigfache Höhe oder eine Erhebung von 784 Fuss erreichen. Die Arbeit oder, wie dies auch ausgedrückt wird, die mechanische Wirkung, ist, wie vorher erklärt wurde, proportional zur Höhe; und da eine doppelte Geschwindigkeit die vierfache Höhe, eine dreifache Geschwindigkeit die neun-

fache Höhe ergibt u. s. w., so ist es ganz klar, dass die mechanische Wirkung wie das Quadrat der Geschwindigkeit zunimmt. Wenn die Masse des Körpers durch den Buchstaben  $m$  und seine Geschwindigkeit durch  $v$  ausgedrückt werden, so wird die mechanische Wirkung durch  $mv^2$  dargestellt. In dem vorliegenden Falle ist angenommen, das Gewicht werde aufwärts geworfen, in seinem Fluge nach Oben durch die Schwerkraft gehindert; allein dasselbe findet Statt, wenn das Wurfobject in Wasser, Schlamm, Erde, Holz oder andere widerstandleistende Substanzen geworfen wird. Wenn man z. B. die Geschwindigkeit einer Kanonenkugel verdoppelt, so vervierfacht man ihre mechanische Wirkung. Deshalb ist es so wichtig, die Geschwindigkeit der Wurfgeschosse zu beschleunigen, und dieses der Grund, warum Sir William Armstrong bei seinen letzten grossen Versuchen Ladungen von 50 Pfund Pulver anwendete.

Das Maass der mechanischen Wirkung ist also die Masse des Körpers multiplicirt durch das Quadrat seiner Geschwindigkeit.

Schiesst man eine Kugel nach einer Zielscheibe, so kann man sie nach dem Zusammenstosse zischend heiss finden. Sir William Fairbairn sagt mir, dass es bei den Schiessversuchen in Shoeburyness ganz gewöhnlich ist, sogar am lichten Tage einen hellen Lichtblitz beim Anprallen der Kugel gegen die Zielscheibe zu sehen. Hätten wir unser Bleigewicht untersucht, nachdem es von der Decke herabgefallen war, wir hätten es auch erwärmt gefunden. Versuch und Ueberlegung führen uns nun zu dem bemerkenswerthen Gesetze, dass die Menge der erzeugten Wärme, wie die mechanische Wirkung, proportional zum Produkte der Masse mit dem Quadrat der Geschwindigkeit ist. Verdoppelt man die

Masse, während alles andere unverändert bleibt, so verdoppelt man die Wärmemenge; verdoppelt man die Geschwindigkeit, während alles andere unverändert bleibt, so vervierfacht man die Wärmemenge. Wir haben also gewöhnliche mechanische Arbeit zerstört und Wärme erzeugt. Streicht man mit einem Bogen über eine Violin-saite, so wird Bewegung der Luft mitgetheilt. Hier können wir ganz passend sagen, dass die mechanische Kraft des Armes in Musik verwandelt wird. Und in ähnlicher Weise können wir sagen, dass die gehinderte Bewegung unseres fallenden Gewichtes oder unserer anprallenden Kanonenkugel in Wärme verwandelt wird. Die Art der Bewegung wechselt, allein es bleibt immer Bewegung; die Bewegung der Masse wird in eine Bewegung der Atome der Masse verwandelt; und diese kleinen Bewegungen, wenn sie sich den Nerven mittheilen, bringen diejenige Empfindung in uns hervor, welche wir Wärme nennen.

Wir kennen überdies die Menge von Wärme, welche eine gegebene Menge von mechanischer Kraft entwickeln kann. Unsere Bleikugel z. B. erzeugte, indem sie zu Boden fiel, eine Wärmemenge, welche genügte, um ihre eigene Temperatur um  $\frac{3}{5}^{\circ}$  Fahrenheit zu erhöhen. Sie erreichte den Boden mit einer Geschwindigkeit von 32 Fuss in der Secunde, vierzigmal diese Geschwindigkeit wäre nur sehr gering für eine Flintenkugel; multiplicirt man  $\frac{3}{5}$  mit dem Quadrat von 40, so finden wir, dass die Wärmemenge, welche beim Zusammenstoss der Kugel mit der Scheibe entwickelt wird, falls sie ganz in Blei concentrirt bliebe, die Temperatur desselben um  $960^{\circ}$  F. erhöhen müsste. Dies wäre mehr als genügend um das Blei zu schmelzen. In der Wirklichkeit jedoch wird die Wärme getheilt zwischen dem Blei und dem Gegenstande, gegen

welchen es anprallt. Allein es wäre der Mühe werth, auf diesen Punkt zu achten und sich zu vergewissern, ob die Kugeln nicht unter Umständen Zeichen der Schmelzung an sich tragen <sup>1)</sup>).

Von der Bewegung wahrnehmbarer durch Schwerkraft oder andere Mittel getriebener Massen gehen wir zur Bewegung von Atomen über, welche durch chemische Verwandtschaft getrieben werden. Ein Ballon aus Colloidium, welcher mit einer Mischung von Chlor und Wasserstoff gefüllt ist, wird in dem Brennpunkt eines Hohlspiegels aufgehängt; und im Brennpunkte eines zweiten, 20 Fuss entfernten Hohlspiegels wird plötzlich ein starkes Licht erzeugt; in dem Augenblicke, wo das concentrirte Licht den Ballon trifft, stürzen die Atome in demselben mit einer Explosion auf einander und chemische Wärme ist das Resultat. Das Verbrennen von Kohle in Sauerstoff ist ein alter Versuch, allein er gewinnt nun eine neue Bedeutung; wir betrachten jetzt die Verbindung der Atome des Sauerstoffes mit denen der Kohle, in demselben Sinne wie wir das Auffallen eines Gewichtes auf die Erde ansehen. Und die in beiden Fällen entstandene Wärme ist auf eine gemeinschaftliche Ursache zurückzuführen. Ein Diamant, der gleich einem Sterne mit weissem Lichte in Sauerstoff verbrennt, thut dies in Folge vom Anpralle der auf ihn einstürzenden Atome des Sauerstoffes. Und könnten wir die Geschwindigkeit der Atome im Augenblicke ihrer Vereinigung messen, und könnten wir ihre Zahl und ihr Gewicht bestimmen, indem wir die Masse jedes Atoms mit dem Quadrate seiner Geschwindigkeit

---

<sup>1)</sup> Nach neueren Versuchen von Professor Busch in Bonn über Chassepotkugeln ist dies in der That der Fall.

multiplicirten und Alles zusammen addirten, so würden wir eine Zahl erhalten, welche uns gestattet, die Wärme der sich vereinigenden Atome mit der durch den Zusammenstoss anderer Körper entstehenden zu vergleichen.

Demnach wird, sowohl bei wahrnehmbaren Massen als bei Atomen, Arbeit erfordert, um sie in Bewegung zu setzen, und es wird Wärme entwickelt, wenn sie zusammenstossen. Allein wir kehren auch täglich diesen Vorgang um, und verrichten Arbeit durch den Verbrauch von Wärme. In diesem Agens besitzen wir in der That einen ungeheuren Vorrath von mechanischer Kraft. Ein Pfund Kohle erzeugt durch seine Verbindung mit Sauerstoff eine Wärmemenge, welche, mechanisch verwendet, im Stande wäre, ein Gewicht von 100 Pfund auf eine Höhe von 20 englischen Meilen über die Oberfläche der Erde zu heben. Umgekehrt würden 100 Pfund, welche von einer Höhe von 20 englischen Meilen auf die Erdoberfläche herabstürzten, eine Wärmemenge hervorbringen, gleich derjenigen, welche durch die Verbrennung von 1 Pfund Kohle entwickelt wird. Wo Wärme Arbeit verrichtet, verschwindet ein Theil Wärme. Eine Flinte, welche eine Kugel abschießt, wird weniger erhitzt, als eine solche, welche leere Cartouchen abschießt. Die Wärmemenge, die dem Kessel einer arbeitenden Dampfmaschine mitgetheilt wird, ist grösser als diejenige, welche aus der Wiederverdichtung des Dampfes gewonnen werden könnte, nachdem dieser seine Arbeit geleistet hat; und die Menge der geleisteten Arbeit ist das genaue Aequivalent der verlorenen Wärmemenge. Herr Smyth hat uns an dieser Stelle in einem interessanten Vortrage mitgetheilt, dass wir jährlich 84 Millionen Tonnen Kohlen aus unsern Gruben heraufholen. Die Menge von mechanischer Kraft, welche

diese Kohlenquantität repräsentirt, ist geradezu fabelhaft. Die Verbrennung von einem einzigen Pfund Kohlen, angenommen es fände in Zeit von einer Minute Statt, wäre äquivalent der Arbeit von 300 Pferden; und wenn wir 108 Millionen Pferde annehmen, die ein Jahr lang Tag und Nacht mit unverminderter Kraft arbeiten, so würden ihre vereinten Anstrengungen sie in Stand setzen eine Menge von Arbeit zu leisten, welche gerade dem jährlichen Ertrag unserer Kohlengruben äquivalent wäre.

Vergleicht man die Energie, womit Sauerstoff und Kohlenstoff sich vereinigen mit der Energie der gewöhnlichen Schwerkraft, so erscheint die Erstere fast unendlich überlegen. Allein geben wir der Schwerkraft möglichst ausgedehnten Spielraum. Versetzen wir einen Körper in eine solche Entfernung von der Erde, dass die Anziehung derselben kaum noch merklich ist, und lassen wir ihn aus dieser Entfernung auf die Erde fallen. Er würde die Erde mit einer schliesslichen Geschwindigkeit von 36747 Fuss in der Secunde erreichen, und beim Zusammenstosse mit der Erde ungefähr die doppelte Wärmemenge erzeugen als die Verbrennung des gleichen Gewichtes Kohle erzeugen würde. Es ist bereits erwähnt worden, dass unsere Bleikugel durch das Herabstürzen aus einer Höhe von 16 Fuss um  $\frac{1}{5}^{\circ}$  Fahrenheit erwärmt werden würde; allein ein Körper, welcher aus einer unendlichen Entfernung herabstürzt, hat bereits 1 299 999 von 1 300 000 Theilen der irdischen Zugkraft verbraucht, wenn er auf 16 Fuss Entfernung von der Oberfläche angelangt ist, in diesem Raum wird nur noch  $\frac{1}{1300000}$  der ganzen Kraft ausgeübt.

Lassen Sie uns nun in Gedanken von der Erde zur Sonne übergehen. Die Untersuchungen von Sir John Herschel und Pouillet haben uns mit dem jährlichen Wärmeverbrauch der Sonne bekannt gemacht; durch eine

leicht anzustellende Berechnung können wir den Betrag der Ausgabe, welche unserem Planeten zu Gute kommt, genau ermitteln. Von 2300 Millionen Theilen Licht und Wärme empfängt die Erde einen Theil. Die ganze Wärme, welche von der Sonne in einer Minute ausgesendet wird, würde hinreichen um 12000 Millionen Cubikmeilen eiskalten Wassers zum Kochen zu bringen. Wie wird dieser ungeheure Verlust für die Sonne gedeckt? Woher kommt ihre Wärme und durch welche Mittel wird sie erhalten? Keine Verbrennung, keine chemische Verwandtschaft, die wir kennen, wäre im Stande, die Temperatur der Sonnenoberfläche zu erzeugen. Ausserdem würden, wenn die Sonne nur ein brennender Körper wäre, Licht und Wärme derselben sehr bald erschöpft sein. Angenommen, die Sonne wäre ein fester Körper aus Kohle, so würde ihre Verbrennung die Wärmeausgabe nur für 4600 Jahre bestreiten können. In dieser kurzen Zeit würde sie ausbrennen. Welches Agens kann nun diese Temperatur hervorbringen und zugleich die Wärmeausgabe bestreiten?

Wir haben uns bereits mit dem Falle beschäftigt, wobei ein Körper von einer sehr grossen Entfernung auf die Erde herabstürzt, und haben dabei gefunden, dass die beim Zusammenstosse erzeugte Wärme das Doppelte betragen würde von der durch die Verbrennung desselben Gewichtes an Kohle erzeugten Wärmemenge. Wie viel grösser muss die Wärme sein, die durch einen in die Sonne stürzenden Körper entwickelt wird: Die höchste Geschwindigkeit, womit ein Körper auf die Erde fallen kann, beträgt ungefähr 7 englische Meilen in der Secunde. Das Maximum der Geschwindigkeit, womit ein Körper in die Sonne fallen kann, beträgt 390 englische Meilen in der Secunde, und dabei würde 3000 Mal die Wärmemenge



erzeugt werden, die bei einem Zusammenstosse mit der Erde entstünde. Ein Asteroid, das mit der obigen Geschwindigkeit in die Sonne fällt, würde ungefähr 10 000 Mal die Wärmemenge entwickeln, die ein Asteroid von Kohle bei seiner Verbrennung erzeugen würde.

Haben wir irgend welchen Grund anzunehmen, dass solche Körper im Raume existiren, und dass sie auf die Sonne herabregnen können? Die Sternschnuppen, welche durch die Luft hinblitzen, werden als kleine planetarische Körper angesehen, die von der Erde angezogen, in unsere Atmosphäre mit planetarischer Geschwindigkeit eintreten. Durch Reibung gegen die Luft werden sie zum Weissglühen erhitzt, so dass sie Licht und Wärme aussenden. Zu gewissen Jahreszeiten fallen sie in grosser Anzahl auf die Erde nieder. In Boston hat man 240 000 derselben innerhalb neun Stunden beobachtet. Es ist kein Grund anzunehmen, dass das Planetensystem auf „grosse Massen von ungeheurem Gewichte“ beschränkt sei; sondern aller Grund zur Annahme, dass der Raum voll kleinerer Massen ist, welche denselben Gesetzen gehorchen wie die grösseren. Ueberdies ist die linsenförmige Hülle, welche die Sonne umgiebt, und welche von den Astronomen das Zodiacallicht genannt wird, wahrscheinlich eine Ansammlung von Meteoriten; und wenn so, dann müssen sie in einem widerstandleistenden Medium sich bewegend, der Sonne beständig näher kommen. Schliesslich müssten sie in die Sonne fallen, und die Wärme, die durch ihr Auffallen entstünde, könnte die Quelle bilden, aus welcher der jährliche Wärmeverlust der Sonne gedeckt wird. Die Sonne müsste dieser Hypothese nach beständig an Grösse zunehmen. Aber um wieviel würde sie zunehmen? Fiele unser Mond in die Sonne, so würde eine hinreichende Wärmemenge entwickelt, um den

Wärmeverlust von einem oder zwei Jahren zu decken; fiel unsere Erde in die Sonne, so würde der Verlust für ein Jahrhundert gedeckt sein. Und doch würde die Masse unserer Erde und des Mondes, über die Oberfläche der Sonne zertheilt, sich durchaus jeder Wahrnehmung entziehen. In der That könnte die Quantität Materie, die im Stande wäre seit historischer Zeit die nöthige Wirkung hervorzubringen, keinen wahrnehmbaren Unterschied im Umfange der Sonne machen. Eine Zunahme in der Anziehungskraft der Sonne würde sich leichter bemerklich machen. Wie sich auch diese Hypothese zum wirklichen Sachverhalt in der Natur verhalten mag, so viel ist sicher, dass sie zeigt, wie eine Sonne gebildet und erhalten werden könnte, nach den bekannten thermodynamischen Principien.

Unsere Erde bewegt sich auf ihrer Bahn mit einer Geschwindigkeit von 68 040 englischen Meilen in der Stunde. Würde ihre Bewegung angehalten, so würde sich eine Wärmemenge entwickeln, hinreichend um die Temperatur einer Bleikugel von der Grösse der Erde um 384 000° Celsius zu erhöhen. Es ist geweißagt worden, dass „die Elemente schmelzen werden in glühender Hitze.“ Die Bewegung der Erde enthält wirklich die Bedingungen zur Erfüllung dieser Prophezeiung; würde diese Bewegung angehalten, so würde sich der grösste Theil, wenn nicht das Ganze, der Erdmasse in Dämpfe auflösen. Fiele die Erde in die Sonne, so würde die beim Zusammenstosse entwickelte Wärmemenge einer bei der Verbrennung von 6435 Erdkugeln aus festem Kohlenstoff erzeugten Wärmemenge gleichkommen.

Eine andere Erwägung, welche mit dem Fortbestand des gegenwärtigen Zustandes auf unserer Erde zusammenhängt, erfordert unsere Aufmerksamkeit. Begiebt man

sich hier in London auf eine Brücke, so wird man bemerken, dass die Strömung der Themse zweimal täglich umgekehrt ist, und dass das Wasser sich alsdann aufwärts drängt. Das Wasser, das sich in dieser Weise bewegt, übt eine Reibung aus gegen das Bett und die Seiten des Flusses, und Wärme ist die Folge dieser Reibung. Die derartig erzeugte Wärme wird theilweise in den Raum ausgestrahlt, und geht für die Erde verloren. Wie wird nun dieser unaufhörliche Wärmeverlust ersetzt? Durch die Drehung der Erde. Sehen wir uns die Sache etwas genauer an. Denken Sie sich den Mond als feststehend und die Erde wie ein Rad von Westen nach Osten in ihrer täglichen Drehung sich bewegend. Denken Sie sich einen hohen Berg auf der Erdoberfläche. Bei der Annäherung an den Meridian des Mondes gewinnt der Mond so zu sagen einen Halt an dem Berge, welcher gewissermaßen einen Henkel bildet, an welchem die Erde rascher in die Runde gezogen wird. Ist jedoch der Meridian überschritten, so wirkt der Zug des Mondes auf den Berg in entgegengesetzter Richtung und trägt eben so viel dazu bei, die Geschwindigkeit der Drehung zu verringern, als er dieselbe vorher zu beschleunigen half; auf diese Weise ist die Wirkung sämtlicher fester Körper auf der Erdoberfläche neutralisirt. Allein wenn Sie sich denken, der Berg läge immer östlich vom Meridian des Mondes, so würde der Zug immer gegen die Rotation der Erde ausgeübt werden; und die Geschwindigkeit derselben müsste in einem Grade abnehmen, der der Stärke des Zuges entspräche. Die Fluthwelle nimmt diese Stelle wirklich ein. Sie liegt immer östlich vom Meridian des Mondes und ein Theil vom Wasser des Oceans wird auf diese Weise wie eine Bremse über die Oberfläche der Erde hingezogen, und als eine Bremse muss

es die Geschwindigkeit der Erddrehung vermindern. Diese Verminderung, obgleich unvermeidlich, ist jedoch zu unbedeutend, als dass sie sich innerhalb der Zeit, in welcher Beobachtungen über diesen Gegenstand angestellt worden sind, bemerklich gemacht hätte<sup>1)</sup>. Angenommen also, dass wir eine Mühle durch die Wirkung der Fluth in Drehung versetzten und durch die Reibung der Mühlsteine Wärme erzeugten, so würde diese Wärme einen total andern Ursprung haben, als die Wärme, welche sich in einer Mühle, die durch einen Bergbach getrieben wird, entwickelt. Die Erstere wird auf Kosten der Drehung der Erde, die Zweite auf Kosten der Strahlung der Sonne erzeugt. Die Sonne erzeugt und hebt allen Dampf unserer Atmosphäre. Dieser Dampf verdichtet sich und fällt als Regen, er friert und fällt als Schnee. In dieser festen Form wird er auf den Alpenhöhen aufgethürmt und giebt das Material für die Gletscher der Alpen. Allein die Sonne tritt abermals dazwischen, befreit die festgewordene Flüssigkeit und gestattet ihr, der Schwere folgend, in das Meer zu fließen. Auf diese Weise ist die mechanische Kraft eines jeden Flusses in der Welt, der dem Oceane zuströmt, der Sonnenwärme entnommen. Auch nicht das kleinste Bächlein rinnt von einer Anhöhe herab, ohne durch die Sonne zuvor auf die Höhe, von der es entspringt, gehoben worden zu sein. Auch die Kraft der Winde ist einzig der Sonne zu verdanken, und endlich vollzieht diese noch eine andere Art von Arbeit, deren Zusammenhang mit ihr selbst viel weniger augenfällig ist. Auf der Erde wachsen Bäume und andere Pflanzen;

---

<sup>1)</sup> Die neueren Berechnungen der von den alten Geschichtsschreibern berichteten Sonnenfinsternisse lassen eine solche Abnahme erkennen. (Helmholtz.)

verbrennt man dieselben, so ergeben sie Wärme und deshalb mechanische Kraft. Woher stammt nun diese Kraft? Eisenoxyd wird gebildet, wenn die Atome von Eisen und Sauerstoff gegen einander stürzen; Kohlensäure entsteht, wenn die Atome von Kohlenstoff und Sauerstoff dasselbe thun. Bei enger Vereinigung gleichen diese Atome unserer noch auf der Erde liegenden Bleikugel; allein ich kann das Bleigewicht in die Höhe winden und es für einen zweiten Fall bereit machen; ebenso können diese Atome aufgewunden, d. h. von einander getrennt, und demnach wieder in den Stand gesetzt werden, den Vorgang der Vereinigung zu wiederholen. Beim Aufbau der Pflanzen ist Kohlensäure das Material woraus der Kohlenstoff der Pflanze entnommen ist, und der Sonnenstrahl ist das Agens, welcher die Atome auseinanderreisst, indem er den Sauerstoff frei macht und dem Kohlenstoff gestattet sich als Holzfaser zu ordnen. Wenn die Sonnenstrahlen auf eine Sandfläche fallen, so wird der Sand erwärmt, und schliesslich strahlt dieser eben so viel Wärme aus, als er empfängt; fallen die Sonnenstrahlen aber auf einen Wald, so ist die zurückgestrahlte Wärmemenge geringer, als die von dem Walde empfangene; denn ein Theil der Kraft der Sonnenstrahlen wird zum Aufbau der Bäume verbraucht. Ohne Sonne kann die Reduction der Kohlensäure nicht stattfinden, und die Menge des verbrauchten Sonnenlichtes muss der geleisteten Moleculararbeit äquivalent sein. Auf diese Weise werden die Bäume gebildet, ebenso die Baumwolle, über welche Mr. Bayley am vorigen Freitag an dieser Stelle einen Vortrag hielt. Entzündet flammt die Baumwolle auf. Der Sauerstoff in der Atmosphäre vereinigt sich wieder mit dem Kohlenstoff und die Wärmemenge, welche bei der Verbrennung erzeugt wird, entspricht

genau der Wärmemenge, welche die Sonne verausgabte, um das Stückchen Baumwolle zu bilden.

Wir dürfen jedoch mit dem Pflanzenleben nicht schliessen, denn dieses ist seinerseits wieder die mittelbare oder unmittelbare Quelle alles thierischen Lebens. Die Sonne trennt den Kohlenstoff von seinem Sauerstoff. Das Thier verzehrt die Pflanze, welche auf diese Weise gebildet wurde; in seinem Körper findet eine Wiedervereinigung der getrennten Elemente Statt, und erzeugt thierische Wärme. Demnach ist, genau gesprochen, der Aufbau einer Pflanze ein Aufziehen, der Aufbau eines Thieres ein Ablaufen des Uhrwerkes zu nennen. Die Wärme unseres Körpers und jede mechanische Kraft, welche wir ausüben, stammen in gerader Linie von der Sonne ab, ebenso wie der Wettkampf zweier Faustkämpfer, die Bewegungen einer Armee oder das Heben des eigenen Körpers beim Erklimmen einer Alpenhöhe nur verschiedene Formen von mechanischer Kraft sind, welche der Sonne entnommen werden. So sind wir also nicht in poetischem, sondern in ganz mechanischem Sinne Kinder der Sonne. Ohne Nahrung würden wir bald unsern Körper oxydiren. Ein Mann, der 150 Pfund wiegt, hat 64 Pfund Muskeln; getrocknet schwinden dieselben jedoch auf 15 Pfund. Achtzig Tage gewöhnlicher Arbeit würden diese ganze Muskelmasse oxydiren. Einzelne Organe, welche mehr Arbeit verrichten, würden schneller oxydirt werden; das Herz z. B. würde ohne alle Zufuhr in ungefähr einer Woche oxydirt sein. Nehmen Sie die Wärmemenge, welche sich bei der directen Oxydation einer gegebenen Nahrungsmenge ergibt; eine geringere Wärmemenge wird durch diese Nahrung in dem arbeitenden thierischen Körper entwickelt und die fehlende Quantität ist das genaue Aequivalent der geleisteten mechanischen Arbeit.

Ich könnte diese Betrachtungen ausdehnen, es läge mir sogar nahe es zu thun, aber ich habe Sie bereits über die Gebühr hier festgehalten. Wem verdanken wir nun diese überraschenden allgemeinen Sätze, die ich Ihnen heute Abend vortrug? Alles was ich Ihnen hier sagte ist ganz selbständig ausgearbeitet worden, durch einen deutschen Arzt, Dr. Robert Mayer in Heilbronn, dessen Namen Ihnen wahrscheinlich unbekannt ist. Ohne äussere Anregung und neben der Ausübung seines Berufes hat er wie sein berühmter englischer College Joule den Begriff einer solchen Wechselwirkung der Naturkräfte bis zur Klarheit in seinem Innern durchgearbeitet. Und doch weiss man so wenig von ihm, und seine Verdienste sind sogar manchen Gelehrten nur theilweise bekannt. Im Jahre 1842, als Joule mit seinen directen experimentellen Messungen beschäftigt war, berechnete Mayer das mechanische Wärmeäquivalent aus Daten, welche nur für einen Mann von so seltener Originalität Sinn hatten. In Jahre 1845 veröffentlichte er seine Abhandlung über „Organische Bewegung“ und wendete die mechanische Wärmetheorie ohne Scheu und in ganz strenger Weise auf die Vorgänge des Lebens an. Er zog auch die übrigen natürlichen Agentien in das Bereich dieses Gesetzes von der Erhaltung der Kraft hinein. 1853 trat Mr. Waterston unabhängig mit seiner meteorischen Theorie der Sonne hervor, und 1854 wendete Sir William Thomson sein wunderbares mathematisches Genie der Entwicklung dieser Theorie zu; allein Alles was ich hier gesagt habe, ist aus Mayer's Arbeiten entnommen. Wenn wir die äusseren Bedingungen von Mayer's Leben, und die Zeit, in welcher er arbeitete und schrieb, bedenken, so müssen wir staunen über das, was er vollbracht hat. Dieser geniale Mann arbeitete ganz in der Stille; nur von der Liebe

zu seinem Gegenstande erfüllt, gelangte er zu den wichtigsten Resultaten, allen Andern voraus, deren ganzes Leben der Naturforschung gewidmet war.

Der Zufall, dass er 1840 einem Fieberpatienten auf Java zur Ader lassen musste, führte Mayer darauf über diese Dinge zu speculiren. Er bemerkte, dass das Blut der Venen in tropischen Himmelsstrichen ein viel helleres Roth zeigt, als in kälteren Ländern, und das Nachdenken über diese Thatsache führte ihn in die Werkstätte der Naturkräfte ein, wo er mit so vielem Erfolg und Geschick gearbeitet hat.

---



## XIV.

C.

### James Prescott Joule.

Empfänger der Copley Medaille 1870.

Vor dreissig Jahren betrachtete man den Elektromagnetismus als eine bewegende Kraft, welche dazu bestimmt sein könnte möglicherweise mit dem Dampfe zu wetteifern. An mehreren Orten, die zugleich einen industriellen Mittelpunkt bilden, wie z. B. Manchester, wurden zahlreiche Versuche zur Untersuchung und zur Anwendung dieser Kraft angestellt, wie das aus der wissenschaftlichen Literatur jener Zeit ersichtlich ist. Unter Andern beschäftigte sich Herr James Prescott Joule, ein Einwohner von Manchester, mit dem Gegenstande, und beschrieb von 1839 bis 1841 in Sturgeons „Annals of Electricity“ in einer Reihe von Aufsätzen verschiedene Versuche zur Erbauung und Vervollkommnung von elektromagnetischen Maschinen. Der Sinn, in dem Herr Joule seine Forschung betrieb, zeigt sich in Folgendem: „Es liegt mir besonders viel daran“, sagt er, „jede neue Anordnung zu veröffentlichen, um damit die monopolisirenden

Absichten von Denjenigen zu Nichte zu machen, welche diesen interessanten Gegenstand nur im Lichte einer Geldspeculation zu betrachten scheinen.“ Er kam von selbst darauf, die Gesetze der elektromagnetischen Anziehungen zu untersuchen, und 1840 veröffentlichte er das wichtige Princip, dass die Anziehungskraft, welche entweder zwei Elektromagnete auf einander oder ein Elektromagnet auf eine Masse ausgeglühten Eisens ausüben, dem Quadrate der Stärke des magnetisirenden Stromes direct proportional ist, während die Anziehung, welche zwischen einem Elektromagneten und dem Pole eines gewöhnlichen Stahlmagneten ausgeübt wird, einfach wie die Stärke des Stromes sich ändert. Diese Untersuchungen wurden unabhängig, jedoch etwas später angestellt, als die berühmten Forschungen, welche Henry, Jacobi und Lenz mit Jacobi über denselben Gegenstand ausführten.

Am 17. December 1840 legte Joule der Royal Society eine Abhandlung über die Erzeugung von Wärme durch Volta'sche Elektricität vor; darin legte er das Gesetz dar, dass die Wärmewirkungen von gleichen Quantitäten übergeführter Elektricität dem Widerstande, welchen die Ströme überwinden, proportional sind, gleichviel von welcher Länge, Dicke, Form oder Art das Metall ist, welches den Strom schliesst; und ebenso proportional dem Quadrat der Quantität von überführter Elektricität. Dies ist ein Gesetz von allererster Wichtigkeit. In einer andern Abhandlung, welche auch der Royal Society vorgelegt aber von dieser abgewiesen wurde, bestätigte er dieses Gesetz durch neue Versuche und dehnte es noch wesentlich weiter aus. Er stellte ferner Versuche an über die Wärme, welche beim Durchgang von Volta'scher Elektricität durch flüssige Leiter entsteht, und fand

in allen Fällen, dass die Wärme, welche durch die eigene Wirkung irgend eines Volta'schen Stromes entsteht, dem Quadrat der Intensität dieses Stromes, multiplicirt durch den Widerstand, welchen er bei der Leitung erfährt, proportional ist. Von diesem Gesetze deducirte er eine Anzahl von Schlüssen von der höchsten Wichtigkeit für die Elektrochemie.

Es war während dieser Untersuchungen, welche durchweg das Gepräge seltenen Scharfsinnes und grosser Originalität tragen, dass die grosse Idee, die quantitativen Beziehungen zwischen mechanischer Arbeit und Wärme festzustellen, in ihm aufstieg und eine feste Gestalt in seinem Geiste annahm. 1843 trug Herr Joule der British Association zu Cork eine Abhandlung vor „über die Wärmewirkungen von Magnetelektricität und über den mechanischen Werth der Wärme.“ Noch jetzt ist diese Schrift schwer zu verstehen, zur Zeit, als sie entstand, musste ihr Inhalt hoffnungslos verwirrt erscheinen. Dies mochte auch der Grund sein, weshalb Faraday ihm den Rath gab, die Abhandlung der Royal Society nicht vorzulegen. Die darin angestrebten Ziele und die erlangten Resultate sind durch Herrn Joule in folgenden, erst später hinzugefügten Worten zusammengefasst worden: „In dieser Abhandlung wurde durch Experimente dargethan, dass die mechanische Kraft, welche verwendet wird, um eine magnetelektrische Maschine zu drehen, in diejenige Wärme verwandelt wird, welche durch den Durchgang der Inductionsströme durch die Drahtrollen entsteht; und andererseits, dass die bewegende Kraft einer elektromagnetischen Maschine erlangt wird auf Kosten derjenigen Wärme, welche aus den chemischen Vorgängen der sie treibenden Batterie herrührt.“

Es ist unnöthig noch besonders hervorzuhoben, wie bedeutsam und ins Gewicht fallend dieser Ausspruch ist.

In Anbetracht der Unvollkommenheiten, welche einer ersten Bestimmung stets eigen zu sein pflegen, dürfen wir uns nicht wundern, dass der „mechanische Werth der Wärme“, 1843 aus einer Reihe von Versuchen hergeleitet, ziemlich grosse Abweichungen zeigte. Die niedrigste Grenze war 587, die höchste 1026 Fusspfunde für 1° F.

Ein bemerkenswerthes Resultat seiner Untersuchung hob Herr Joule damals besonders hervor; es bezog sich auf den ungemein kleinen Bruchtheil der Wärme, welcher bei der Dampfmaschine zur nutzbaren Wirkung gelangt. Der bekannte Dr. Robert Mayer in Heilbronn <sup>1)</sup> beschäftigte sich damals auch mit dieser Frage; und seine Ideen arbeiteten in derselben Richtung mit Herrn Joule, obwohl er ganz unabhängig von diesem war. Von seinen Arbeiten wird jedoch weiter unten selbständig die Rede sein. In der eben besprochenen Abhandlung liefert Herr Joule den Beweis, dass beim Durchgang von Wasser durch enge Röhren Wärme entwickelt wird, und er berechnete aus diesen Versuchen ein Aequivalent von 770 Fusspfunden; diese Zahl kommt der heute angenommenen merkwürdig nahe. Eine beiläufige Bemerkung, die er über den Ursprung und die Verwandlungsfähigkeit der thierischen Wärme macht, zeigt deutlich seinen grossen Scharfsinn, und die Herrschaft über die Grundprincipien seines Gegenstandes, welche er zu jener Zeit schon besass. Einer seiner Freunde erwähnte ihm gegenüber die Haller'sche Hypothese, dass die thierische Wärme von der Reibung des Blutes in den Adern und den Arterien herrühren könnte.

---

<sup>1)</sup> Siehe nächsten Aufsatz.

„Durch eine solche Reibung“, schreibt Joule, „wird Wärme ganz unzweifelhaft erzeugt; jedoch muss man bedenken, dass die bei der Reibung verbrauchte mechanische Kraft ein Theil der Verwandtschaftskraft ist, wodurch das venöse Blut sich mit dem Sauerstoff vereinigt; so dass die gesammte Wärme des Systems immer auf die chemischen Vorgänge zurückgeführt werden muss. Hätte jedoch das Thier eine Maschine zu drehen oder einen Berg zu besteigen, so behaupte ich, dass eine Abnahme der durch chemische Wirkung entstandenen Wärme stattfinden muss, und dass diese Abnahme im Verhältniss zur angewendeten Muskelanstrengung steht.“ Die gesperrt gedruckten Worte in dieser bemerkenswerthen Stelle, sind von Joule selbst und zwar bereits im Jahre 1843 hervorgehoben worden.

Der Schlussparagraph dieser Schrift aus den Verhandlungen der British Association zeigt ebenfalls auf das Deutlichste die Einsicht und Genauigkeit seiner Anschauungen in Bezug auf das Wesen der latenten und der chemischen Wärme. „Ich habe zu beweisen versucht“, schreibt er, „dass die Wärme, welche durch die Vereinigung zweier Atome erzeugt wird, genau so viel beträgt, als diejenige Wärme betragen würde, welche der elektrische Strom erzeugen würde, der durch die stattfindende chemische Wirkung entsteht, und dass sie demnach proportional zur Intensität der chemischen Kraft ist, welche die Atome zur Vereinigung zwingt. Ich wage es jetzt noch bestimmter zu behaupten, dass die Intensität des Stromes und demzufolge die Menge der erzeugten Wärme nicht sowohl durch die Grösse der chemischen Anziehung bestimmt wird, als durch die mechanische Kraft, womit die Atome auf einander stürzen. Wir haben also eine einfache Hypothese, wodurch wir erklären können, warum sich

Wärme bei Vereinigung von Gasen frei entwickelt, und mittels welcher wir sogar die „latente Wärme“ als eine mechanische Kraft erklären können, die zur Wirkung bereit ist, ähnlich wie eine aufgezugene Uhrfeder. Nehmen wir an, um ein Beispiel zu geben, dass 8 Pfund Sauerstoff und 1 Pfund Wasserstoff in gasförmigem Zustande zusammengebracht würden und alsdann verbrennen; die hierbei erzeugte Wärme würde ungefähr 1° F. für 60 000 Pfund Wasser betragen, und dadurch zeigen, dass bei der Verbindung eine mechanische Kraft verbraucht wurde, welche derjenigen gleichkäme, die nöthig wäre, um ein Gewicht von 50 000 000 Pfund einen Fuss hoch zu heben. Wenn aber der Sauerstoff und der Wasserstoff in flüssigem Zustande zu einander gebracht werden könnten, so wäre die erzeugte Wärme bei deren Verbindung geringer, weil die Atome beim Zusammenstürzen durch kleinere Räume fallen würden.“ Es bedarf von meiner Seite keines Wortes, um darzulegen, welchen beherrschenden Ueberblick über die molekulare Physik in ihrer Verbindung mit der mechanischen Wärmetheorie Herr Joule durch diesen Ausspruch bekundet.

Durchdrungen von der Wichtigkeit des Principes, das er durch Versuche festzustellen strebte, beruhigte sich Joule keineswegs mit Resultaten, welche noch solche Unterschiede zeigten, wie die oben angeführten. Er ging 1844 zu ganz neuen Methoden über und stellte mühsame Versuche an über die Wärmeänderungen, welche in der Luft während ihrer Ausdehnung hervorgebracht werden: erstens, wenn diese sich unter Druck ausgedehnt und demnach Arbeit leistet; zweitens, wenn sie sich ohne Druck ausdehnt und also keine Arbeit leistet. Er stellte hier von Neuem das Verhältniss zwischen der geleisteten Arbeit und der verbrauchten Wärme fest. Aus fünf

verschiedenen Versuchsreihen leitete er fünf unabhängige Werthe des Wärmeäquivalents ab, die schon eine viel grössere Uebereinstimmung zeigten, als die früheren Versuche. Als Mittel stellte sich 802 Fusspfunde heraus. Andere Versuche, 1845 angestellt mit Wasser, das durch ein Schaufelrad bewegt wurde, ergaben ein Aequivalent von 890 Fusspfunden. 1847 stellte er neue Versuche mit Wasser und Wallrathöl an, setzte beides mittels eines Schaufelrades in Bewegung und bestimmte sowohl die Erhöhung ihrer Temperatur, als die mechanische Kraft, durch welche dieselbe hervorgebracht wurde. Für das Eine deducirte er ein Aequivalent von 781,5 Fusspfunden, für das Andere ein solches von 782,1 Fusspfunden. Die Durchschnittszahl für diese beiden sehr nahe zusammenfallenden Bestimmungen ist 781,8 Fusspfunde. Joule hatte nun durch zehnjährige Arbeit vollkommene Herrschaft über alle Verhältnisse gewonnen, die beachtet werden mussten, um mit Genauigkeit und günstigem Erfolge zu experimentiren. Indem er seine gereifte Erfahrung dem Gegenstande zu Gute kommen liess, führte er 1849 eine Reihe von Versuchen über Reibung aus. Vierzig derselben bezogen sich auf Reibung des Wassers, fünfzig auf die des Quecksilbers und zwanzig auf Reibung von gusseisernen Platten. Er deducirte aus diesen Versuchen unser jetziges Wärmeäquivalent, welches in der ganzen Welt mit Recht als „Joule's Aequivalent“ anerkannt ist.

Es giebt Arbeiten von solcher Wichtigkeit und von so weit tragenden Consequenzen, dass man ihnen das höchste Lob ertheilt, wenn man einfach ihr Resultat angiebt. Die Arbeiten von Herrn Joule sind von dieser Art. Sie bilden die experimentelle Grundlage eines Principes von ganz unberechenbarer Wichtigkeit, nicht nur für die Praxis allein, sondern mehr noch für die Wissenschaft selbst.

Seit Newton's Zeiten ist kein Gesetz von ähnlicher Bedeutung aufgefunden worden, als die Theorie, welche Herr Joule durch seine Experimente bewies.

Ich habe jede Erwähnung der zahlreichen anderweitigen Abhandlungen vermieden, womit Herr Joule die wissenschaftliche Literatur bereicherte. Ebenso wenig habe ich der wichtigen Untersuchungen gedacht, welche er gemeinschaftlich mit Sir William Thomson unternahm.

Das Gesagte wird jedoch genügen, um zu zeigen, dass die Royal Society dem Genie nicht nur einen wohl erworbenen, sondern einen bereits vor zwanzig Jahren schuldigen Tribut zollte, indem sie diesem Manne ihre höchste Ehrenbezeugung durch Verleihung der Copley Medaille erwies.

---



## XIV.

D.

### Julius Robert Mayer.

Empfänger der Copley Medaille für 1871.

---

Dr. Julius Robert Mayer war für den ärztlichen Beruf herangebildet worden. Im Sommer 1840 befand er sich auf Java, und bemerkte da, wie er uns selbst mittheilt, dass das venöse Blut bei einigen seiner Patienten eine auffallend hellrothe Färbung zeigte. Diese Beobachtung fesselte seine Aufmerksamkeit; er dachte darüber nach und kam zum Schlusse, die Helligkeit der Farbe rühre von der Thatsache her, dass in einem heissen Klima ein geringerer Grad von Oxydation genügt um die Temperatur des Körpers zu erhalten, als dies in einem kälteren Klima der Fall ist. Das dunklere Roth des venösen Blutes betrachtete er als das sichtbare Zeichen von der Lebhaftigkeit der Oxydation.

Es wäre trivial, hier darauf aufmerksam zu machen, wie oft ein derartiger Zufall bei einem darauf vorbereite-

ten Geiste zu grossen Entdeckungen geführt hat. Mayer's Aufmerksamkeit wurde hierdurch auf die ganze Frage von der thierischen Wärme gelenkt. Lavoisier hatte diese Wärme der Oxydation der Nahrung zugeschrieben. Ein Hauptgrundsatz in der physiologischen Theorie der Verbrennung, sagt Mayer, besteht darin, dass dieselbe Quantität von Brennmaterial, bei vollkommener Verbrennung, dieselbe Quantität von Wärme ergibt, dass dieses Gesetz auch für Processe des organischen Lebens gilt, und dass demnach der lebende Körper, trotz aller seiner Räthsel und Wunder unfähig ist, Wärme aus Nichts zu erzeugen.

Allein der thierische Organismus besitzt neben der Fähigkeit, innerliche Wärme zu erzeugen, auch noch diejenige, Wärme nach Aussen hervorzubringen. Ein Schmied ist z. B. im Stande, durch Hämmern einen Nagel zu erwärmen, und ein Wilder vermag Holz durch Reibung so stark zu erwärmen, dass dasselbe sich entzündet. Wenn wir nun das physiologische Axiom, dass der lebende Körper nicht Wärme aus Nichts hervorbringen kann, aufgeben wollen, so „sind wir zur Annahme gezwungen“, wie Mayer sagt, „dass es die ganze Innen und Aussen erzeugte Wärme ist, welche wir als die wahre Wärmewirkung von der im Körper oxydirten Masse anzusehen haben.“ Hieraus schloss er nun abermals: „dass die vom lebenden Körper erzeugte mechanische Wärme mit der dazu verbrauchten Arbeit in einem unveränderlichen Grössenverhältniss stehen muss. Denn wenn je nach der verschiedenen Construction der zur Wärmegewinnung dienenden mechanischen Vorrichtungen, durch die nämliche Arbeit und bei gleichbleibendem organischem Verbrennungsprocesse verschieden grosse Wärmemengen erzielt werden könnten, so würde

ja die producirte Wärme bei einem und demselben Materialverbrauche bald grösser bald kleiner ausfallen können, was gegen die Annahme ist ..... folglich ist eine unveränderliche Grössenbeziehung zwischen der Wärme und der Arbeit ein Postulat der physiologischen Verbrennungstheorie.“

Dies ist der einfache und natürliche, von Mayer späterhin gegebene Bericht<sup>1)</sup> über die Gedankenfolge, welche sich an jene in Java gemachte Beobachtung knüpfte. Nachdem nun aber die Ueberzeugung bei Mayer feststand, dass ein unveränderliches Verhältniss zwischen Arbeit und Wärme besteht, so war es unvermeidlich, dass er dasselbe durch Zahlen auszudrücken suchen würde. Eben so unvermeidlich war es auch, dass ein derartiger Geist, einmal zur Klarheit in diesem wichtigen Punkte gelangt, weiter gehen und bis zur Verwandtschaft der Naturkräfte im Allgemeinen vordringen würde. Mayer's Arbeit war zu Anfang des Jahres 1842 ziemlich weit vorgeschritten; allein er war Bezirksarzt der Stadt Heilbronn geworden und die Pflichten seines Berufes beschränkten die Zeit, welche er auf rein wissenschaftliche Untersuchungen verwenden konnte. Er hielt es für nöthig, sich gegen Zufälle zu schützen, und richtete deshalb im Frühling 1842 die Bitte an Liebig, eine kurze vorläufige Anzeige seines in der Vollendung begriffenen Werkes in die „Annalen“ aufzunehmen. Liebig willfahrte der Bitte, und so erschien Dr. Mayer's erste Abhandlung 1842 im Maihefte von Liebig's Annalen. Mayer war zu seinen Schlüssen durch Nachdenken über die verwickelten Vorgänge des lebenden Körpers gekommen; sein erster Schritt vor der Oeffentlichkeit war die Darlegung der

---

<sup>1)</sup> Mayer, mechanische Wärmetheorie, pag. 252—253.

physikalischen Principien, worauf seine physiologischen Schlüsse beruhen sollten. Er beginnt deshalb mit den Kräften der unorganischen Natur. Er findet im Universum zwei Causalsysteme, welche sich nicht gegenseitig in einander verwandeln lassen; — die verschiedenen Arten der Materie und die verschiedenen Formen der Kraft. Er stellt fest, die Haupteigenschaft von Beiden sei die Unzerstörbarkeit. Eine Kraft kann weder zu Nichts werden noch kann sie aus Nichts entstehen. Die Kräfte sind verwandelbar, aber nicht zerstörbar. In der Terminologie seiner Zeit giebt er alsdann klare Definitionen der Begriffe von potentieller und dynamischer Energie; er erläutert diesen Punkt durch das Beispiel von einem Gewichte, das auf der Erde liegt, alsdann in einer gewissen Höhe von der Erde aufgehängt wird und wirklich zur Erde fällt. Ferner heftet er seine Aufmerksamkeit auf Vorgänge, wobei Bewegung scheinbar verloren geht ohne andere Bewegung hervorzubringen, wie zum Beispiel beim Zusammenstoss unelastischer Körper. Unter welcher Form erhält sich die verschwundene Bewegung? Der Versuch allein kann uns hier weiter helfen, sagt Mayer. Er erwärmt Wasser, indem er es bewegt; er macht auf die bei der Reibung verwendete Kraft aufmerksam. In beiden Fällen verschwindet die Bewegung, allein Wärme wird erzeugt; und die erzeugte Wärme ist der zerstörten Bewegung äquivalent. Unsere Locomotiven können, wie er mit merkwürdigem Scharfsinn bemerkt, mit einem Destillirapparat verglichen werden: die Wärme unter dem Kessel geht als Bewegung in den Zug über und wird wieder als Wärme an die Achsen und Räder abgegeben.

Was Mayer anstrebte war eine durch Zahlen ausgedrückte Angabe des Verhältnisses zwischen Wärme und

Arbeit; den ersten Versuch dazu macht er am Schlusse seiner ersten Abhandlung. Es war bekannt, dass eine bestimmte Luftmenge zwei verschiedene Wärmemengen aufnehmen kann, während sie selbst sich um einen Temperaturgrad erwärmt. Wenn ihr Volumen constant erhalten wird, nimmt sie eine gewisse Menge auf; erhält man dagegen ihren Druck constant, so ist die aufgenommene Menge eine andere. Diese beiden Mengen werden genannt: die spezifische Wärme bei constantem Volumen und die bei constantem Druck. Das Verhältniss von der ersten zur zweiten ist gleich 1 : 1,421. Niemand hat, meines Wissens, früher als Dr. Mayer die Bedeutung dieses Zahlenverhältnisses begriffen. Er zuerst sah ein, dass der Ueberschuss von 0,421 nicht, wie damals allgemein angenommen wurde, Wärme bedeutet, die in dem Gase steckt, sondern Wärme, welche durch das Gas verbraucht wird, während es sich unter Druck ausdehnt. Die Menge der geleisteten Arbeit war hier genau bekannt; ebenso die Menge der verbrauchten Wärme; und aus diesen Daten bestimmte Mayer das mechanische Wärmeäquivalent. Bereits in seiner ersten Abhandlung macht er auf das ungeheure Missverhältniss aufmerksam, welches zwischen der theoretischen Kraft des in einer Dampfmaschine verbrauchten Brennmaterials und seiner nutzbaren Wirkung besteht.

Obwohl diese erste Abhandlung nur den Keim zu Mayer's späteren Arbeiten enthält, so kann man doch füglich behaupten, dass der zu jener Zeit ganz unbekannte Arzt zu Heilbronn in Bezug auf die mechanische Wärmetheorie allen Männern der Wissenschaft seiner Zeit voraus war.

Nachdem er sich durch die Veröffentlichung dieser Arbeit gegen das was er „Eventualitäten“ nennt, gesichert hatte, verwendete er jede freie Stunde auf seine Studien

und veröffentlichte im Jahre 1845 eine Abhandlung, welche nicht nur seine erste Arbeit an Bedeutung und Fülle des Inhaltes weit überragt, sondern welche in der Geschichte der Wissenschaft geradezu Epoche machend dasteht. Mayer hatte seine erste Abhandlung „Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur“ genannt. Die zweite nannte er „Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel“. Hierin verbreitet er sich über die physikalischen Grundsätze, welche er in der ersten Abhandlung ausgesprochen hatte, und erläutert dieselben. Er rechnet das mechanische Wärmeäquivalent völlig durch. Er berechnet die Leistungen von Dampfmaschinen und findet, dass 100 Pfund Kohlen in einer gut arbeitenden Maschine nur dieselbe Wärmemenge ergeben, als 95 Pfund in einer nicht arbeitenden Maschine; die verlorenen 5 Pfund sind in Arbeit verwandelt worden. Er bestimmt die nutzbare Wirkung des Schiesspulvers und findet, dass 9 Procent von der Kraft der verbrauchten Kohle auf die Bewegung der Kugel verwendet sind. Er berichtet Beobachtungen über die Wärme in Wasser, welches durch die Maschine einer Papierfabrik in Bewegung versetzt ist und berechnet das Aequivalent dieser Wärme in Pferdekraften. Er vergleicht chemische und mechanische Verbindung, ferner die Vereinigung von Atomen mit einander, und die von fallenden Körpern mit der Erde. Er berechnet die Geschwindigkeit, mit der ein aus unendlicher Ferne ausgehender Körper zur Erde stürzen würde, und findet, dass die durch den Zusammenstoss erzeugte Wärme die Temperatur eines gleichen Gewichtes an Wasser um  $17356^{\circ}$  C. steigern würde. Er bestimmt hierauf die Wärmewirkung, welche durch den Sturz der Erde in die Sonne hervorgerufen werden würde. Wir haben hiermit bereits 1845 den Keim

zu jener meteorischen Theorie der Sonnenwärme, welche Mayer drei Jahre später mit so aussergewöhnlichem Scharfsinn entwickelt hat. Er weist auch auf die Wirksamkeit der Sonne, als fast alleiniger Ursache aller mechanischen Bewegung auf der Erde hin und schliesst mit der tiefsinnigen Betrachtung, dass die Wärme, welche sich in den Rädern unserer Wind- und Wassermühlen durch Reibung entwickelt, aus der Sonne in Form von schwingender Bewegung stammt, während die Wärme in Maschinen, welche durch die Wirkungen der Fluth getrieben sind, auf Kosten der Achsendrehung der Erde erzeugt wird.

Nachdem er auf diese Weise festen Schrittes durch die Kräfte der unorganischen Natur hindurchgegangen war, fasste er es nun als nächsten Zweck ins Auge, seine Principien auf die Erscheinungen der Pflanzen- und Thierwelt zu übertragen. Holz und Kohle können brennen; woher kommt ihre Wärme und die Arbeit, welche mittels dieser Wärme geleistet werden kann? Aus dem unermesslichen Vorrath der Sonne. Die Natur hat es sich zur Aufgabe gemacht, das Licht, welches von der Sonne gegen die Erde strömt, aufzuspeichern und somit der flüchtigsten unter allen Kräften eine dauernde Form zu geben. Zu diesem Zwecke hat sie die Erde mit Organismen besät, welche, so lange sie leben, das Sonnenlicht in sich aufnehmen und durch den Verbrauch desselben andere Kräfte erzeugen. Diese Organismen sind die Pflanzen. Die Pflanzenwelt ist in der That das Instrument, wodurch die Wellenbewegungen der Sonne in die feste Form der chemischen Spannung verwandelt und auf diese Weise zu weiterem Gebrauche vorbereitet wird. Mit dieser Einrichtung ist, wie wir später sehen werden, die Existenz des Menschengeschlechtes unzertrennbar verknüpft. Hier

muss ich bemerken, dass Mayer's Entdeckungen in keiner Weise vorweggenommen waren durch unbestimmte Redensarten über den „Stimulus des Lichtes“ oder solche, dass „Steinkohlen auf Flaschen gezogenes Sonnenlicht seien.“ Er war es, der zuerst die volle Bedeutung von De Saussures Bemerkung über die reducirende Kraft der Sonnenstrahlen einsah, und der dieser Beobachtung ihren richtigen Platz in der Lehre von der Erhaltung der Kraft anwies. In den Blättern eines Baumes werden Kohlenstoff, Sauerstoff und Kohlensäure einerseits, Wasserstoff und Sauerstoff des Wassers andererseits auseinander getrieben, auf Kosten der Energie der Sonnenstrahlen; dieselbe wird jedoch bei der Verbrennung des Baumes genau wieder erhalten. Die in unsern Kohlenlagern potentiell gewordene Wärme und Arbeit sind eben so viel Kraft, welche der Sonne in früheren Zeitaltern entzogen wurde. Mayer legt die Axt an die Wurzel mancher zu jener Zeit noch herrschenden Vorstellung von der Lebenskraft. Wir haben die einfache Thatsache vor uns, schreibt er, dass Pflanzen in Abwesenheit der Sonnenstrahlen weder die Arbeit der Reduction verrichten, noch chemische Spannkräfte erzeugen können; es ist somit unglaublich, dass die chemischen Spannkräfte jemals durch das mystische Spiel der Lebenskraft hervorgebracht werden könnten. Eine solche Hypothese würde jede Untersuchung abschneiden, und würde uns in „das Chaos ungezügelter Phantasiespiele“ zurückführen. Mayer rechnet deshalb auf das Einverständniss seiner Lehre, wenn er als axiomatische Wahrheit folgenden Satz aufstellt: „dass während des Lebensprocesses nur eine Umwandlung, so wie der Materie, so der Kraft, niemals aber eine Erschaffung der einen oder andern vor sich gehe.“

Nachdem er sich seinen Weg durch die Pflanzenwelt



wie zuvor durch die unorganische Natur gebahnt hat, geht Mayer zur übrigen organischen Welt über. Die physikalischen Kräfte, welche die Pflanzen angesammelt haben, werden nun Eigenthum der Thiere. „Das lebende Thier nimmt fortwährend aus dem Pflanzenreich stammende brennbare Stoffe in sich auf, um sie mit dem Sauerstoff der Atmosphäre wieder zu verbinden.“ Thierische Wärme wird auf diese Weise erzeugt, und nicht nur thierische Wärme, sondern auch thierische Bewegung. Mayer lässt hier keinerlei Undeutlichkeit bestehen, sondern behandelt den Gegenstand in allen seinen Theilen und führt die Vorgänge, welche die Muskelthätigkeit begleiten, auf Zahlen zurück. Er sagt z. B.: „Ein Kegelspieler, der eine 8 Pfund schwere Kugel mit einer Geschwindigkeit von 30 Fuss abwirft, verwendet zu dieser Arbeit  $\frac{1}{10}$  Gran Kohlenstoff; ein Mann, der sein Körpergewicht von 150 Pfund 8 Fuss hoch hebt, verbraucht dazu 1 Gran Kohlenstoff; beim Besteigen eines Berges von 10000 Fuss Höhe beträgt der Aufwand  $2\frac{1}{2}$  Unzen und 50 Gran Kohlenstoff.“ Boussingault hat durch Versuche bestimmt, wie viel mehr Nahrung Pferde bei starker Arbeit als im Ruhezustande bedürfen; und Liebig hat dasselbe für den Menschen gethan. Mayer beweist, indem er das mechanische Wärmeäquivalent, das er zuvor berechnet hatte, anwendet, dass das Mehr an Nahrung völlig genügend ist, um die stärkere Oxydation zu decken.

Er begnügt sich jedoch nicht damit im Allgemeinen zu zeigen, dass der menschliche Körper nach bestimmten Gesetzen verbrennt, während er mechanische Arbeit verrichtet, sondern er sucht den einzelnen Körpertheil, der verbraucht wird, zu bestimmen und führt dabei einige bemerkenswerthe Rechnungen aus. Die Muskeln

eines 150 Pfund schweren Arbeiters wiegen 64 Pfund, und ganz getrocknet nur 15 Pfund. Fände die Oxydation, welche der Arbeit des Mannes entspricht, nur in den Muskeln allein Statt, so würden diese in 80 Tagen vollkommen verzehrt sein. Das Herz liefert ein noch auffälligeres Beispiel. Würde die Oxydation, welche nöthig ist, um das Herz im Gang zu halten, auf dessen eigenes Gewebe angewendet, so würde es in 8 Tagen vollkommen verzehrt sein. Und wenn wir uns auf die beiden Herzkammern beschränken, so finden wir, dass ihre Wirkung genügend wäre, um das umliegende Muskelgewebe in  $3\frac{1}{2}$  Tagen zu verzehren. Hier folgt in Mayer's eigenen Worten und in der ihm eigenthümlichen Weise hervorgehoben, die Schlussfolgerung, welche er aus obigen Berechnungen zieht: „Der Muskel ist nur das Werkzeug, mittels dessen die Umwandlung der Kraft erzielt wird, aber er ist nicht der zur Hervorbringung der Leistung umgesetzte Stoff.“ Er nennt das Blut „das Oel aus der Lampe des Lebens“, es ist die langsam brennende Flüssigkeit, deren chemische Kraft im Schmelzofen der Capillargefäße geopfert wird, um thierische Bewegung hervorzubringen. Zu diesem Schlusse kam Mayer bereits vor 26 Jahren; er stand damals im völligsten Widerspruche mit den wissenschaftlichen Schlussfolgerungen seiner Zeit; allein seitdem haben ihm bedeutende Forscher vollkommen Recht gegeben.

In den dürftigsten Umrissen habe ich hiermit einen Begriff von der ersten Hälfte dieser wunderbaren Schrift zu geben versucht. Die zweite Hälfte ist so ausschliesslich physiologischen Inhaltes, dass ich es vorziehe, sie unerörtert zu lassen. Ich will nur noch die Art und Weise erwähnen, wie Mayer die Wirkung der Nerven auf die Muskeln zu erläutern sucht. Wie ein Ingenieur durch

die Bewegung seiner Finger eine Klappe öffnet oder einen Sperrhaken löst, und damit eine im Vergleich mit der veranlassenden Ursache fast unendlich zu nennende Menge von mechanischer Bewegung frei machen kann, eben so können die Nerven, indem sie auf die Muskeln einwirken, eine ganz ausser Verhältniss mit der Arbeit der Nerven stehende Menge von Arbeitskraft entfesseln.

In allen diesen für die Physiologie so hochwichtigen Fragen war Dr. Mayer 1845 sicherlich allen Mitlebenden voraus.

Mayer erfasste die mechanische Wärmetheorie mit Meisterhand, erläuterte sie und wendete sie auf die verschiedensten Gebiete an. Er begann, wie wir gesehen haben, mit physikalischen Grundsätzen; er bestimmte das Zahlenverhältniss zwischen Wärme und Arbeit; er enthüllte die Quelle der Kräfte der Pflanzenwelt und zeigte die Verwandtschaft von der Wärme unserer Feuer mit der Wärme der Sonne. Er verfolgte die Kräfte, welche in der Pflanze nur erst potentiell waren bis zu ihrem Verbrauch in den Organen der Thiere. 1845 entstand jedoch ein neuer Gedanke in Folge dieser Berechnungen in ihm. Zum ersten Male lenkte er die Aufmerksamkeit auf die erstaunliche Menge von Wärme, welche durch die Schwere erzeugt wird, falls diese Kraft durch genügende Entfernungen wirken kann. Er bewies, wie ich bereits bemerkte, dass die Wärme beim Zusammenstosse eines Körpers, der aus unendlicher Ferne auf die Erde fällt, genügend wäre, um die Wärme einer dem Gewichte des fallenden Körpers gleichkommenden Wassermenge um  $17356^{\circ}$  Celsius zu erhöhen. Ferner fand er in demselben Jahre, dass die Schwerkraft zwischen der Erde und der Sonne eine Wärmemenge zu erzeugen vermag, welche derjenigen gleichkommt, die bei der Verbrennung vom 6000fachen

Gewicht der Erde an reiner Kohle entstehen würde. Mit dem Blicke des Genies erkannte er, dass wir hier eine Kraft haben, welche genügt, um die enorme Temperatur der Sonne hervorzubringen und auch, um den ursprünglich geschmolzenen Zustand unseres eigenen Planeten zu erklären. Mayer zeigt, wie völlig unvermögend die chemischen Kräfte — so wie wir sie kennen — sind, die Sonnentemperatur zu erzeugen oder sie zu erhalten. Er zeigt, dass wenn die Sonne aus Kohle bestünde, sie in 5000 Jahren völlig verzehrt sein müsste. Er zeigt die Schwierigkeiten, die sich mit der Annahme, dass die Sonne ein in der Abkühlung begriffener Körper sei, verknüpfen, da ihre Temperatur in 5000 Jahren um  $15000^{\circ}$  fallen müsste, selbst wenn man annähme, dass ihre Substanz die hohe Wärmecapazität des Wassers habe. Er kommt endlich zum Schlusse, dass Licht und Wärme der Sonne durch den fortwährenden Einsturz meteorischer Masse auf die Sonne erhalten werden. Ich habe niemals gewagt, eine Meinung über die Richtigkeit dieser Theorie auszusprechen; es ist dies eine Frage, die noch ausgefochten werden muss. Allein ich erwähne sie als ein Beispiel von Mayer's genialer Art und Weise, die *mèchanische* Wärmetheorie in alle ihre Anwendungen zu verfolgen. Die meteorische Theorie möge nun eine Thatsache sein oder nicht; jedenfalls gebührt Mayer das Verdienst bis zur Demonstration bewiesen zu haben, dass das Licht und die Wärme der Sonne und der Sterne durch den Zusammenstoss kalter planetarischer Körper erzeugt und erhalten werden könnten.

Dem Manne, der aus den spärlichsten Daten im kurzen Zwischenraum von 6 Jahren und in den Mussestunden, die er seinem schwierigen Berufe abgewann, dies Alles auszuführen vermochte, hat die Royal Society in diesem

Jahre ihren höchsten Ehrenbeweis zuerkannt. Dr. Mayer hat niemals zuvor ein Zeichen ihrer Anerkennung erhalten.

Wenn man die beiden Männer, welche in diesem und dem vorigen Jahre durch Verleihung der Copley Medaille ausgezeichnet wurden, mit einander vergleicht, so kommt der verschieden wirkende Einfluss der äusseren Umgebung auf gleichartige Geister recht augenfällig zum Vorschein. Mechanischen Anwendungen ferne stehend, verfällt Mayer auf Reflexionen und erwählt mit wunderbarem Scharfsinn die einzige unter sämtlichen bekannten physikalischen Thatsachen, auf welche er eine Berechnung des mechanischen Wärmeäquivalentes gründen konnte. Inmitten von Anwendungen der Mechanik stehend verlegt Joule sich auf das Experimentiren, und legt damit die breite und sichere Grundlage, welche der mechanischen Wärmetheorie die allgemeine Annahme, die ihr jetzt zu Theil wird, sicherte. Joule musste einen grossen Theil seiner Zeit mit praktischen Manipulationen verbringen; davon frei, hatte Mayer die Musse seine Theorie bis in ihre abstraktesten und staunenswerthesten Anwendungen zu verfolgen. Aber wenn die Stellen vertauscht worden wären, hätte aus Joule ein Mayer und aus Mayer ein Joule werden können.

---

Bei Abfassung dieser kürzeren Aufsätze konnte nicht auf die grosse Entwicklung der dynamischen Theorie eingegangen werden, welche seit Joule's und Mayer's denkwürdigen Arbeiten stattgefunden hat.

---

## XIV.

### E.

# Ueber Schieferbildung.

Bruchstück aus einem Vortrage, gehalten in der Royal Institution  
am 6. Juni 1856.

Ein Physiker, der den Charakter einer Naturkraft zu untersuchen hat, muss zuvörderst danach trachten, dieselbe von der Vermischung mit andern Kräften frei zu machen und ihre einfache Wirkung zu studiren. Wünscht er zum Beispiel zu wissen, wie eine flüssige Masse sich formen würde, wenn sie frei wäre dem Zuge ihrer eigenen Molekularkräfte zu folgen, so muss er diesen Kräften freie und ungestörte Wirksamkeit zu verschaffen suchen. Wir könnten ihn vielleicht auf die Thautropfen als Lösung der Frage hinweisen; hier haben wir es jedoch nicht allein mit der Wirkung der Molekel der Flüssigkeit auf einander, sondern auch mit der Wirkung der Schwere auf die Masse zu thun, wodurch

der Tropfen nach Unten und zugleich in die Länge gezogen wird. Wenn der Beobachter das Problem ganz rein zu untersuchen wünscht, so muss er das Beispiel von Plateau befolgen, und die Flüssigkeit von der Einwirkung der Schwere befreien; sie wird alsdann eine vollkommene Kugel bilden. Die natürlichen Vorgänge bieten sich nur in gemischter Weise dar und sind für den darin Unbewanderten ein hoffnungslos verwirrtes Chaos. Denken Sie sich sechs der ausgezeichnetsten Musiker in einem Raume vereinigt. Sie spielen sämmtlich ihre betreffenden Instrumente in der Vollkommenheit; allein ein Jeder spielt ein anderes Musikstück; obwohl jedes einzelne Instrument für sich allein eine Quelle der schönsten Musik sein könnte, so bringen doch sämmtliche Instrumente zusammen nichts als Lärm zu Stande. Dasselbe findet bei den Vorgängen der Natur Statt. Hier vermischen sich mechanische und molekulare Gesetze und erzeugen anscheinende Verwirrung. Ihre Mischung bringt das hervor, was man den Lärm der Naturgesetze nennen könnte. Der Beruf des Naturforschers ist es nun, diesen Lärm in seine Bestandtheile aufzulösen und somit die „Harmonie“ aufzufinden, in welcher die Grundgesetze der Natur geordnet sind.

Die Nothwendigkeit eine Kraft von allen andern Kräften zu sondern tritt nirgends auffallender hervor, als bei dem Phänomen der Krystallisation. Hier haben wir z. B. eine Lösung von gewöhnlichem Glaubersalz (schwefelsaures Natron). Betrachten wir die Flüssigkeit mit unserem geistigen Auge, so sehen wir die Molekel derselben wie disciplinirte Truppen unter einem Befehlshaber sich in Abtheilungen sondern, an bestimmten Punkten sammeln und sich in feste Massen zusammenziehen, welche nach einiger Zeit die sichtbare Gestalt des

Krystalles in meiner Hand annehmen. Ich kann mich einmischen, um die Sache zu beschleunigen und, ungeschickt genug, Verwirrung in diese Ordnung bringen. Ich brauche zu diesem Zwecke nur einen Glasstab in die Flüssigkeit zu tauchen. Die dadurch entstehende Wirkung ist nun nicht mehr der reine Ausdruck der krystallinischen Kräfte; sondern die Molekel stürmen jetzt in der verwirrten Weise einer unorganisirten Menge, nicht aber mit der pünktlichen Genauigkeit einer disciplinirten Schaar auf einander. An diesem Stücke Wismuth haben wir ein weiteres Beispiel von verwirrter Krystallisation; in dem Gefäße hinter uns aber findet ein langsamerer Process Statt; hier arbeitet ein Baumeister, der keine Fehler begeht, sondern jetzt die Theilchen in Krystalle aufbaut, welche in Gestalt und Structur diesen schönen Massen hier auf unserem Tische ähnlich sind. Lässt man Alaun auf solche langsame Art krystallisiren, so erhält man diese vollkommenen Octaeder; lässt man kohlen sauren Kalk krystallisiren, so bringt die Natur diese schönen Rhomboeder hervor; wenn Kieselerde krystallisirt, bilden sich diese sechseckigen Prismen, deren Enden sich in Pyramiden zuspitzen; beim Krystallisiren von Salpeter haben wir diese prismatischen Massen; und beim Krystallisiren von Kohlenstoff haben wir den Diamant. Wünschen wir einen vollkommenen Krystall zu erhalten, so müssen die Molekularkräfte freies Spiel haben. Lässt man die krystallisirende Masse auf einer Fläche ruhen, so wird sie sich abplatten; um dieses zu verhüten muss man einen kleinen Krystall derartig aufhängen, dass er nach allen Richtungen hin von der Flüssigkeit umgeben ist; oder aber, wenn er auf einer Unterlage ruht, muss man ihn täglich umwenden, so dass er der Reihe nach alle seine Flächen dem arbeitenden Baumeister darbietet.



Beim Aufbau von Krystallen ordnen sich diese atomischen Mauersteine oft in vollkommen parallel laufender Schichten, welche durch mechanische Mittel getrennt werden können, man nennt dies die Spaltbarkeit des Krystalles. Der Zuckerkrystall in meiner Hand ist bis jetzt den schmelzenden und reibenden Einflüssen entgangen, welche früher oder später das Schicksal des Candiszuckers bestimmen. Ich entdecke sofort, dass er sich mit besonderer Leichtigkeit nach einer Richtung spalten lässt. Ich lege nun mein Messer auf dieses Stück Steinsalz und spalte es mit einem Schläge nach einer Richtung hin. Lege ich das Messer im rechten Winkel zur früheren Richtung an, so spaltet sich der Krystall abermals, und lege ich es schliesslich im rechten Winkel zu beiden früheren Richtungen, so finden wir eine dritte Spaltfläche. Steinsalz spaltet nach drei Richtungen, und der resultierende Körper ist dieser vollkommene Würfel, der in eine beliebige Anzahl kleinerer Würfel gespalten werden kann. Isländischer Spath spaltet auch nach drei Richtungen, die jedoch nicht im rechten Winkel, sondern schräg zu einander laufen; der resultierende Körper ist ein Rhomboeder. In beiden Fällen spaltet sich die Masse nach allen drei Richtungen mit derselben Leichtigkeit. Der Vollständigkeit halber kann ich noch erwähnen, dass viele Krystalle sich nicht mit derselben Leichtigkeit auf den verschiedenen Spaltflächen trennen; Schwerspath ist ein Beispiel von dieser ungleichmässigen Art der Spaltung.

Wenden wir uns nun zur Betrachtung einiger andern Erscheinungen, auf welche der Ausdruck Spaltung auch angewendet werden kann. Buchen, Tannen und andere Holzarten spalten sich mit Leichtigkeit der Länge der Faser nach, und diese Art der Spaltung ist dann am vollkommensten, wenn wir die Schneide der Axt quer über

die Jahresringe ansetzen. Wenn Sie dieses einem Heuschober entnommene Bündel Heu betrachten, so werden Sie eine bestimmte Art der Spaltung an demselben wahrnehmen; die Halme liegen in paralleler Richtung und lassen sich mit leichter Mühe von einander trennen. Aber wir können die Spaltfläche eines Baumes nicht mit der eines Heubündels vergleichen; in dem einen Falle ordnen sich die Molekel, einem organischen Gesetze zu Folge, zu einer spaltbaren Masse an, im andern Falle haben wir die leichte Trennbarkeit nach einer Richtung hin der mechanischen Anordnung zuzuschreiben, in welcher sich die groben sichtbaren Massen der einzelnen Halme befinden.

Dieses Stück Sandstein war einst ein mehr oder weniger feines Pulver, welches im Wasser mechanisch suspendirt war. Das Pulver bestand aus zwei getrennten Substanzen, aus feinen Körnchen Sand und kleinen Glimmerplättchen. Denken Sie sich einen weiten durch die Fluth bedeckten Strand oder eine Seewasserlache, worin derartiges Pulver suspendirt ist; wie wird dasselbe sich niederschlagen? Die abgerundeten Sandkörner werden, weil sie weniger Widerstand finden, den Boden zuerst erreichen; der Glimmer wird folgen; und wenn die Fluth sich zurückzieht, so werden die Glimmerplättchen, glänzend wie Goldfitter, auf der Oberfläche des Sandes liegen. Jede nachfolgende Fluth bringt ihre Ladung von gemischtem Pulver, legt ihre doppelte Schicht Tag auf Tag nieder und schliesslich werden Massen von ungeheurer Dicke aufgehäuft, deren wohlerhaltene Abwechslung von Sand und Glimmer die Geschichte ihrer Entstehung erzählt. Nehmen Sie sowohl Sand als Glimmer, mischen Sie beides in Wasser und lassen Sie beides sich niederschlagen; die Stoffe werden sich in der oben erwähnten Weise absetzen, und wenn Sie den Process wiederholen,

so können Sie in der That eine Masse aufbauen, welche das genaue Gegenstück bietet zu dem, was in der Natur vorkommt. Diese Struktur lässt sich nun mit Leichtigkeit, längs der Flächen, in welchen der Glimmer gelagert ist, spalten. Stücke derartiger Felsen haben Sie hier vor Augen; etliche sind mir von Halifax, andere aus den Steinbrüchen von Over-Darwen in Lancashire zugesandt worden. Mit Hammer und Meissel lassen sie sich in dünne Platten spalten; auch werden diese Platten in der That zum Bedecken der Dächer in den Gegenden, woraus sie stammen, verwendet und führen dort den Namen „Schieferstein.“ Sie werden jedoch unterscheiden, ohne dass ich Sie darauf aufmerksam zu machen habe, dass diese Spaltbarkeit nicht krystallinischen Ursprungs ist, eben so wenig als dies bei der Spaltung eines Heubündels der Fall ist. Sie gehört den groben Massen, nicht aber den Molekeln an. Dieses ist meines Wissens nach niemals eingehender beachtet worden; die Geologen sind übereingekommen, diese Erscheinung nicht als Schieferung zu bezeichnen, sondern letztere Benennung auf ein Phänomen von ganz verschiedenem Charakter zu beschränken.

Wer die Schieferbrüche in Cumberland und Nord Wales besucht hat, wird die erwähnten Erscheinungen bemerkt haben. Seit lange wird unser Bedarf an Dachschiefer aus jenen Brüchen entnommen; die Schulkinder schreiben ihre Zahlen auf Tafeln, die dorthier stammen. Grabsteine für Friedhöfe und Billardtische für die Hauptstadt werden daraus gemacht; aber verhältnissmässig sehr spät erst fing man an, nach der Entstehung dieser wunderbaren Structur zu fragen. Welches ist die Ursache, die uns in Stand setzt, die Felsen von Honister Crag oder die Klippen des Snowdon von Oben bis Unten in dünne

Plättchen zu spalten? Diese Frage ist heutzutage von grösster Schwierigkeit für die Geologen, und beschäftigt ihre Aufmerksamkeit vielleicht mehr als jede andere. Sie werden sich vielleicht darüber wundern. Bei der Besichtigung der Steinbrüche von Peurhyn wären Sie wahrscheinlich geneigt dieselbe Erklärung zu geben, welche ich vor zwei Jahren dort geben hörte. „Diese Spaltflächen“, sagte ein Freund, der neben mir auf der Kante des Steinbruches stand, „sind die Flächen der Schichten, welche durch eine Umwälzung in eine fast senkrechte Lage gebracht worden sind.“ Allein dies war ein Irrthum, und hier liegt auch in der That die grosse Schwierigkeit des Problems. Die Spaltungsebenen bilden in den meisten Fällen einen spitzen Winkel mit den Schichtflächen. Ich kann Ihnen, Dank der Güte von Sir Roderick Murchison den Beweis hierfür vorlegen. Hier ist ein Stück Schiefer, woran deutlich sowohl die Flächen der Spaltung als die der Schichtung zu erkennen sind; sie stehen in einem starken Winkel zu einander. Es kommt dies häufig vor. Die Spaltung des Schiefers ist also nicht eine Frage der Schichtung; was kann nun aber ihre Ursache sein?

Professor Sedgwick brachte 1835 in einer ausführlichen und bemerkenswerthen Abhandlung die Theorie vor, dass die Spaltflächen der Einwirkung von krystallinischen oder polaren Kräften nach dem Festwerden des Felsens zuzuschreiben seien. „Wir können versichern“, sagt er, „dass kein Zusammenschrumpfen der Theile, kein Zusammenziehen der Dimensionen beim Uebergang zum festen Zustande derartige Erscheinungen zu erklären vermöchten. Dieselben scheinen mir nur durch die Annahme zu erklären, dass krystallinische oder polare Kräfte auf die ganze Masse gleichzeitig in einer Richtung und mit entsprechender Stärke einwirkten.“ Und weiter sagt

er an einer andern Stelle: „Krystallinische Kräfte haben ganze Gebirgsmassen von Neuem geordnet, und indem sie alle Strata durchdrangen, haben sie schöne krystallinische Spaltflächen hervorgebracht“<sup>1)</sup>. Die Ansicht eines solchen Mannes machte mit Recht tiefen Eindruck auf die Geologen, und heutzutage giebt es ihrer wohl Wenige, welche sich dieser Ansicht nicht ganz oder theilweise anschließen<sup>2)</sup>.

Die Kühnheit dieser Theorie hat zwar in einzelnen Fällen die Speculation auf Irrwege geführt, und es sind Bücher über Polarkräfte und über geologischen Magnetismus geschrieben und gedruckt worden, die Denjenigen, welche mit dem Gegenstand vertraut sind, sehr wunderlich erscheinen müssen. Jener Theorie zu Folge wären ganze Districte von Nord-Wales und Cumberland mit ihren Gebirgen nichts anderes als Theile eines riesigen Krystalles. Diese Schiefermassen wären hiernach ursprünglich feiner, aus den zerbrochenen und abgebröckelten Theilchen älterer Felsen bestehender, Schlamm. Sie enthalten Kiesel, Thon, Kali, Natron und Glimmer, mechanisch unter einander gemischt. Im Laufe der Zeiten wäre

---

<sup>1)</sup> Transactions of the Geological Society, Ser. II. Vol. III. pag. 477.

<sup>2)</sup> In einem Briefe an Sir Charles Lyell, datirt vom Cap der guten Hoffnung, 20. Februar 1836, schreibt Sir John Herschel wie folgt: „Wenn Felsen so erwärmt worden sind, dass der Anfang einer Krystallisation eintreten konnte; das heisst, wenn sie bis zu einem Grade erwärmt waren, dass die Theilchen unter sich in Bewegung gerathen oder sich wenigstens um ihre Achse drehen konnten, so muss ein allgemeines Gesetz die Stellung bestimmen, wo sich die Theilchen bei ihrer Abkühlung befinden werden. Wahrscheinlich wird diese Stellung eine Beziehung zu der Richtung haben, in welcher die Wärme entweicht. Wenn nun alle oder doch die Mehrzahl aller gleichartigen Theilchen eine allgemeine Tendenz nach einer Richtung hin zeigen, so muss dies natürlich eine Spaltfläche bestimmen.“

diese Mischung fest geworden, und die oben erwähnte Theorie nimmt an, dass ein Krystallisationsprocess die Theilchen wieder anordnete und in ihnen eine einzige Spaltungsfläche entwickelte. Diese Hypothese hat ihre guten Dienste geleistet, obwohl sie auf eine zu kühne und, meiner Ansicht nach, übermässig ausgedehnte Analogie gegründet ist. Sie möge aber richtig oder falsch sein, eine auf Ideen beruhende Theorie hat immer eine gewisse treibende Kraft, indem sie den geistigen Stillstand verhindert, und sogar indem sie Opposition hervorruft wirkt sie noch zu Gunsten der Wahrheit. Es wäre jedoch auffallend gewesen, wenn sich nicht unter den Geologen Leute gefunden hätten, die nach einer weniger kühnen Annahme zur Erklärung der Schieferspaltung gesucht hätten.

Der erste Schritt bei einer derartigen Untersuchung besteht darin, Thatsachen aufzusuchen. Dies ist geschehen, und die Arbeiten von Daniel Sharpe (des verstorbenen Präsidenten der geologischen Gesellschaft, der der Wissenschaft und seinen zahlreichen Freunden leider so plötzlich entrissen wurde), von den Herren Henry Clifton, Sorby und Andern haben uns mit einer Anzahl Thatsachen bekannt gemacht, die sich an spaltbaren Schiefeln zeigen, und die von grösstem Gewichte für diese Frage sind.

Zuweilen finden sich versteinerte Muscheln in den Schieferfelsen. Ich habe hier verschiedene Exemplare derartiger Muscheln in natürlichem Schiefer; dieselben nehmen verschiedene Stellungen in Bezug auf die Spaltflächen ein. Sie sind meist gequetscht, verzerrt und zerdrückt. In allen Fällen aber führt die Zerquetschung zum Schlusse, dass der Felsen, welcher diese Muscheln enthält, einem ungeheuren Drucke unterworfen war, dessen Richtung im rechten Winkel zur Spaltungsebene stand. Die Muscheln sind

sämmtlich abgeplattet und nach den Spaltflächen in die Breite gezogen. Vergleichen Sie diesen versteinerten Trilobiten von normaler Beschaffenheit mit diesen Andern, welche Verzerrungen erlitten haben. Einzelne haben quer, andere der Länge nach, wieder andere schräg zur Spaltebene des Schiefers gelegen; allein in allen Fällen ist die Verzerrung derartig, dass zu ihrem Entstehen eine drückende Kraft nöthig war, welche im rechten Winkel zur Spaltfläche einwirkte. Als jene Trilobiten im Schlamme lagen scheinen die Klammern einer gigantischen Schraubenschraube sich über denselben geschlossen und sie in die hier vor Ihnen befindliche Form gequetscht zu haben.

Wir finden zuweilen eine dünne Schicht groben körnigen Materiales zwischen zwei Schichten feineren Gesteines, wobei die Bruchflächen durch letzteres und quer über die körnige Schicht laufen. Die grobe Schicht ist durch den Druck in Krümmungen wie ein geschlungenes Band gewunden. Herr Sorby hat ein auffallendes Beispiel dieser Art angeführt. Derartige Runzeln können durch Versuche nachgeahmt werden; auch die Stärke des Druckes liesse sich ungefähr bemessen, indem man sich die gekrümmte Schicht ausgestreckt denkt, ihre Länge misst und mit der kürzeren Länge vergleicht, in welche sie hineingepresst worden war. Wir finden auf diese Weise, dass die Masse bedeutend nachgegeben hat.

Gestatten Sie mir jetzt, Ihre Aufmerksamkeit auf einen andern Beweis für diese Pressung zu lenken; Sie sehen die verschiedene Färbung, welche die Schichten in der Schiefermasse bezeichnen. Der körnige dunkle Theil ist aus verhältnissmässig gröberen Theilchen zusammengesetzt, welche wegen ihrer Grösse, Form und Schwere zuerst sinken und den Grund jeder Schicht bilden mussten. Nach und nach nimmt das Gestein von

Unten nach Oben an Feinheit zu, und nahe der Oberfläche haben wir eine Schicht sehr feiner Masse. Dieser festgewordenen Masse sind die allenthalben geschätzten deutschen Wetzsteine entnommen, die zum Schärfen von chirurgischen Instrumenten so vielfach gebraucht werden. Wenn die Schicht dünn ist, so lässt man den feinen weissen Schlamm mit einer Tafel des gröbereren Schiefers in der natürlichen Verbindung; ist die Schicht dick, so schneidet man sie in Platten, welche auf Stücke gewöhnlichen Schiefers aufgekittet werden. Die auf solche Weise abgesetzte Schlammerde ist, wie zu erwarten steht, durch die Ströme, welche den Schiefer Schlamm hinterliessen, öfters knotenähnlich aufgerollt, alsdann weiter geführt und auf größerem Gestein abgesetzt worden. Derartige in Sandstein eingeschlossene Knoten sind hier vor Ihnen. Ueberdies wird sich Jedermann, der jemals Zahlen auf eine Schiefertafel schrieb, jener grünlichweissen auf der Oberfläche der Tafel vorkommenden Stellen erinnern, auf welchen der Griffel wie auf einem Fettfleck auszugleiten pflegt. Diese Flecken bestehen aus jenem feineren Schlamme, und können eben ihrer Feinheit wegen den Griffel nicht angreifen, wie dies der grobkörnigere Schiefer thut. Hier haben Sie ein schönes Beispiel derartiger Knoten. Sie sehen dieselben auf der Spaltoberfläche als grosse runde Flecken. Allein drehen Sie das Stück nach der Kante, so sehen Sie jeden einzelnen Knoten als scharfes Oval, dessen Längsachse parallel zur Spaltfläche steht. Diese lehrreiche Thatsache ist durch Herrn Sorby hervorgehoben worden. Ich habe manchen Ausflug nach den Steinbrüchen von Wales und Cumberland gemacht und manche der grossen Niederlagen von Schiefersteinen in London durchsucht, und habe die Thatsache allgemein



gefunden. Auf diese Weise wird eine gewöhnliche Erfahrung aus unserer Knabenzeit dazu erhoben, ein bedeutsames Zeugniß für eines der wichtigsten Probleme der Geologie abzulegen. Das magnetische Verhalten dieses Schiefers führte mich zum Schlusse, die hellen Stellen könnten weniger Eisen enthalten als der umliegende dunkle Schiefer. Eine Analyse ward für mich durch Herrn Hambly im Laboratorium von Dr. Percy in der Bergwerkschule mit folgendem Resultate angestellt:

Analyse des Schiefers:

Dunkler Schiefer zwei Analysen.

1. — Eisengehalt . . . . .	5,85%
2. . . . .	6,13%
	<u>        </u>
	Durchschnitt 5,99

Weisslichgrüner Schiefer.

1. — Eisengehalt . . . . .	3,24%
2. . . . .	3,12%
	<u>        </u>
	Durchschnitt 3,18

Dieser Analyse zu Folge ist der Eisengehalt im dunklen Schiefer unmittelbar neben dem grünlichen Fleck beinahe doppelt so gross, als die im Flecken enthaltene Quantität. Auch die magnetischen Versuche liessen ungefähr auf diese Eisenmenge schliessen.

Ich möchte Sie nun daran erinnern, dass diese That-sachen sämmtlich typisch sind; eine Jede derselben repräsentirt eine ganze Classe. Wir haben zerdrückte Muscheln, zerquetschte Trilobiten, verkrümmte Schichten, abgeplattete Knollen grünlichen Schlammes gesehen; und alle diese Zeugnisse aus unabhängiger Quelle deuten auf einen und denselben Schluss hin: nämlich, dass das Schiefergestein einem ungeheuren Druck ausgesetzt war, der im rechten Winkel zu seinen Spaltflächen einwirkte.

In Bezug auf Herrn Sorby's gekrümmte Schichten

habe ich gesagt, dass wenn man sie ausziehen und ihre Länge messen könnte, sie uns eine Idee geben würden, in welchem Grade die darunter und darüber liegende Masse nachgegeben hat. Allein diese Art der Messung würde die Nachgiebigkeit der Masse nicht genau feststellen können. Ich halte ein Stück Schieferstein in meiner Hand, worauf die Lagerschichten genau zu sehen sind; die unteren Theile jeder Schicht bestehen aus verhältnissmässig grobem körnigem Material, dem ähnlich, aus welchem die gekrümmte Schicht bestanden haben mag. Beim Ueberschreiten der körnigen Theile dreht sich die Spaltfläche, als ob sie diese Schicht unter einem andern Winkel zu durchkreuzen suchte. Als die Wirkung des Druckes begann, erlitt das dazwischen befindliche nicht ganz unnachgiebige Lager eine Längenpressung; als es sich bog, wurde der Druck nach und nach mehr lateral; die Richtung der Spaltflächen dieses Steines entspricht genau einer derartigen Einwirkung; sie geht weder vollkommen quer über die Lagerung noch ganz in derselben Richtung als die Spaltflächen des darüber und darunter liegenden Schiefers, sondern in einer zwischen beiden liegenden Richtung. Angenommen nun, die Spaltung laufe im rechten Winkel zum Drucke, so ist dies die Richtung, welche sie bei den weniger nachgiebigen Schichten annehmen musste.

Wir haben also das gleichzeitige Vorkommen von Druck und Schieferung festgestellt; wir wissen, dass sie neben einander hergehen; allein es bleibt noch immer die Frage, ob dieser Druck genügend ist um die Schieferung zu erklären? Ein einziger Geologe ist meines Wissens kühn genug, diese Frage zu bejahen. Dies ist Herr Sorby, welcher die Sache vom Standpunkte des Physikers behandelt. Rufen Sie sich die Tafeln von Halifax und Over Darwen ins Gedächtniss

zurück, deren Spaltflächen durch Glimmerlagen zwischen den körnigen Schichten hervorgebracht sind. Herr Sorby findet, dass Glimmerplättchen auch ein Bestandtheil vom Schieferstein sind. Er stellt sich die Frage: welche Wirkung wird Druck auf eine Masse ausüben, die derartige Platten in ungeordneter Lagerung enthält. Die Wirkung wird darin bestehen, antwortet er mit Recht, dass diese Platten sich mit ihrer flachen Oberseite senkrecht zur Richtung, in welcher der Druck erfolgt, einstellen. Er nimmt Eisenoxydschüppchen, vermischt sie mit einem feinen Pulver, und, indem er die Masse presst, findet er, dass die Schüppchen sich im rechten Winkel zur Drucklinie einstellen. Die Masse spaltet sich längs derjenigen Ebenen, in welchen die Schüppchen den Zusammenhang gelockert haben.

Man könnte durch Proben anderer Art, als die von Herrn Sorby angewendeten, zeigen, dass seine Schlussfolgerung richtig ist, und dass die Wirkung von Druck auf längliche Theilchen diejenige sein muss, die er beschrieben hat. Allein trotzdem diese Plättchen als eine der wirklichen Ursachen der Spaltung anzusehen sind, würde ich denselben doch nicht allzuviel Wichtigkeit beilegen. Ich glaube, dass auch bei gänzlicher Abwesenheit von Glimmerplättchen die Spaltung des Schiefergesteines sich ziemlich eben so verhalten würde, wie sie sich jetzt zeigt.

Hier ist eine Masse von reinem weissem Wachs; dieselbe enthält weder Glimmer- noch Eisenplättchen, noch irgend etwas ähnliches. Hier ist dieselbe Substanz, nachdem sie einem Drucke unterworfen war. Ich möchte die Aufmerksamkeit der hier anwesenden Geologen auf die Structur dieses Wachses lenken. Niemals zeigt Schiefer eine so reine Spaltfläche; das Wachs spaltet

sich in Blätter von grösster Feinheit, und beweist mit einem Schläge, dass Druck allein genügt um Spaltbarkeit hervorzubringen, und dass diese Spaltbarkeit unabhängig ist von damit vermischten Plättchen oder Schüppchen. Ich habe dieses Wachs absichtlich mit länglichen Theilchen gemischt, und bin im gegenwärtigen Augenblick ausser Stande zu sagen, ob die Spaltung durch deren Gegenwart irgendwie beeinflusst wird, doch bin ich eher zu glauben geneigt, dass die Reinheit und Feinheit der Spaltung dadurch vermindert wird.

Je feiner der Schiefer ist, desto vollkommener wird die Aehnlichkeit seiner Spaltung mit der des Wachses sein. Vergleichen Sie die Oberfläche dieses Stückes Wachs mit derjenigen dieses Schiefers aus Borrodale in Cumberland. Beide bieten dieselben Eigenthümlichkeiten dar. Sie sehen bei beiden kleine Plättchen an der Oberfläche haften, welche beim Spalten theilweise abgetrennt wurden. Meiner Ueberzeugung nach wird jeder sorgfältige Beobachter, der die beiden Wirkungen vergleicht, zu dem Schlusse kommen, dass sie als das Produkt einer gemeinschaftlichen Ursache anzusehen sind<sup>1)</sup>.

Wenn Sie mich fragen, wie meiner Ansicht nach ein Druck eine derartige Wirkung hervorbringen könne, so soll dies in wenigen Worten erklärt werden:

Es giebt in der Natur keinen Körper von gänzlich homogener Structur. Ich zerbreche diesen Thon, der so

---

<sup>1)</sup> Ich pflege gewöhnlich das Wachs durch Erwärmen weich zu machen, dann knete ich es zwischen den Fingern und presse es zwischen dicken zuvor nass gemachten Glasplatten. Bei gewöhnlicher Sommertemperatur ist das gepresste Wachs weich und ist leichter zu zerreißen als zu spalten; aus diesem Grunde kühle ich mein gepresstes Wachs in einer Mischung von gestossenem Eis und Salz; auf diese Weise gekühlt, spaltet es sehr schön.

gleichmässig erscheint, und finde, dass die Bruchfläche meinem Auge unzählige Flächen darbietet, längs welcher er nachgegeben hat, weil hier der Zusammenhang der Massen geringer war als anderwärts. Ich zerbreche dieser Marmör und sogar dieses Wachs und beobachte überall dasselbe Resultat. Beobachten Sie den Schlamm auf dem Grunde eines ausgetrockneten Teiches; sehen Sie einer nicht mit Sand bestreuten Gartenweg an, der nach dem Regen getrocknet ist; beide werden voll Ritzen und Sprünge sein, und bei sonst gleichen Bedingungen werden sie da reissen und springen, wo ihr Zusammenhang am schwächsten ist. Nehmen Sie ein Stück halbtrockneten Schlammes. Eine derartige Masse ist getheilt und wieder getheilt durch innere Flächen, längs welcher der Zusammenhang verhältnissmässig gering ist. Durchdringen Sie die Masse in Gedanken und Sie werden sehen, wie sie aus unzähligen unregelmässigen Polyedern, begränzt durch Flächen von schwachem Zusammenhang, besteht. Denken Sie sich eine derartige Masse einem Drucke ausgesetzt; sie giebt nach und weicht nach der Richtung des geringsten Widerstandes aus <sup>1)</sup>; die kleinen Polyeder verwandeln sich in Blätter, die durch Flächen von schwachem Zusammenhang von einander getrennt sind; und das

---

<sup>1)</sup> Es ist wohl kaum nöthig, zu bemerken, dass, wenn die Masse von allen Seiten gleichmässig gepresst würde, keine blätterige Structur entstehen könnte; sie muss Raum haben, in horizontaler Richtung nachzugeben. Herr Warren de la Rue theilt mir mit, dass er einmal den Wunsch hatte, Bleiweiss in feiner körniger Structur zu erlangen, und zu dem Ende dasselbe zuerst presste. Die Form war kegelförmig und gestattete dem Blei sich horizontal etwas auszubreiten. Eine blätterige Structur, so vollkommen als die des Schiefers, entstand, und seine Bemühung, dieselbe körnig zu machen, blieb fruchtlos.

Resultat wird unfehlbar die Neigung sein, im rechten Winkel zur Drucklinie zu spalten.

Getrockneter Schlamm pflegt eine Menge von Ritzen und Höhlungen zu zeigen; auch bei getrocknetem Pfeifenthon werden Sie eine grosse Anzahl derselben wahrnehmen, und ausserdem sind viele davon so klein, dass sie beinahe unsichtbar sind. Ein Abflachen der Höhlungen wird stattfinden, wenn der Schlamm gepresst wird, und bis zu einem gewissen Grad muss dies das Spalten der Masse nach der angegebenen Richtung erleichtern. Die mir zu Gebot stehende Zeit hat es mir leider nicht gestattet, diese Gedanken geordnet, wie sich gebührte, auszuführen; der Gegenstand ist mir jedoch seit einem Jahre fast täglich in irgend einer Form gegenwärtig gewesen. Ich habe in der ganzen Zeit niemals ein Theebiscuit gegessen, ohne die durch das Wellholz bewirkte Spaltung zu beobachten. Sie brauchen nur ein solches Biscuit in der Mitte durchzubrechen und die Bruchfläche anzusehen, um die blätterartige Structur zu bemerken. Wir können die Analogie noch weiter verfolgen. Ich bitte Sie, die Structur dieses Schiefers, der einer hohen Temperatur während einer Feuersbrunst ausgesetzt war, mit der eines Biscuits zu vergleichen. Die in dem Schiefer eingeschlossene Luft oder Dämpfe verursachten eine Schwellung des Steines, und jetzt zeigt er dieselbe mechanische Structur wie ein Biscuit. Während dieser Untersuchungen liess ich mir öfters Unterricht im Verfertigen von Blätterteig ertheilen. Hier ist Pastetenteig, der unter meiner eigenen Leitung gebacken wurde. Die Spaltung unserer Berge ist zufällig, dies hier ist absichtliche Spaltung. Der Wille des Pastetenbäckers hat zu ihrer Entstehung beigetragen. Sein Zweck war, eine Reihe von Oberflächen mit schwachem Structurzusammenhange beizubehalten, längs

welcher der Teig sich in Schichten theilt. Blätterteig darf nicht zu viel in einander verarbeitet werden; er muss überdies auf einem kalten Brette zubereitet werden, damit die Butter nicht schmelze, zusammenfließe und dadurch den Teig homogener und weniger zum Spalten geneigt mache. Blätterteig ist also einfach ein vergrößerter Fall von Schieferspaltung.

Das Princip, welches ich hier vortrug, ist so einfach, dass es beinahe trivial erscheint; allein es umfasst nicht nur die besprochenen Fälle, sondern, wenn die Zeit es zuliesse, könnte gezeigt werden, dass das Princip eine noch viel weitere Anwendung zuliesse. Wenn das Eisen aus dem Puddelofen kommt, ist es mehr oder weniger schwammig, in der That ein Aggregat von kleinen Knötchen; es ist im Zustande der Schweisshitze und wird bei dieser Temperatur dem Prozesse des Walzens unterworfen. Glatte glänzende Stangen sind das Resultat. Aber trotz der hohen Hitze vermischen sich die einzelnen Körner nicht vollkommen in einander. Der Process des Walzens zieht sie in Fasern aus. Hier ist eine Masse, welche der Einwirkung von Schwefelsäure unterworfen ist, und welche in auffallender Weise diese faserige Structur zeigt. Das Experiment wurde ohne Beziehung zur Frage der Spaltbarkeit durch meinen Freund Dr. Percy ausgeführt.

Zerbrechen Sie ein Stück gewöhnlichen Eisens, und Sie haben eine körnige Bruchfläche. Hämmern Sie das Eisen, so verlängern Sie die Körner und machen die Masse schliesslich faserig. Hier sind Stücke von Schienen, über welche die Räder der Locomotive hingefahren sind; das Korn hat nachgegeben, hat sich in Plättchen verwandelt und dieselben lösen sich in Blättern ab. Alle diese Wirkungen gehören, meines Erachtens, zu der grossen

Classe von Erscheinungen, wovon die Schieferspaltung das hervorragendste Beispiel ist <sup>1)</sup>).

---

Nachträgliche Bemerkung. Ich würde heute grösseren Nachdruck auf das Nachgeben in der Quere und auf das Gleiten in der tangentialen Richtung legen als ich es zur Zeit, als dieser Vortrag gehalten ward, gethan habe. Dieses Gleiten ist meines Erachtens die Hauptursache für die Bildung der Flächen schwachen Zusammenhanges, sowohl im gepressten Wachs als im Gestein.

J. T. 1871.

---

<sup>1)</sup> Weitere Beobachtungen über diesen Gegenstand von Herrn Sorby und mir siehe Philosophical Magazin, August 1856.

---



## XIV.

### F.

## Tod durch Blitzstrahl.

---

Es ist eine verbreitete Meinung bei Solchen, die überhaupt über derlei Dinge nachdenken, dass ein Nerveneindruck, z. B. ein Schlag, oder ein Nadelstich, in demselben Augenblicke empfunden werde, in welchem er ertheilt wird. Dies ist jedoch nicht der Fall. Der Sitz der Empfindung ist das Gehirn, und ihm muss die Nachricht von einem Nerveneindruck zuerst mitgetheilt werden, ehe dieser Eindruck in das Bewusstsein übergehen kann. Diese Ueberführung erfordert jedoch Zeit, und die Folge davon ist, dass eine Wunde, welche einem vom Gehirn entfernten Körpertheil zugefügt wird, später empfunden wird, als eine in der Nähe des Gehirnes erlittene. Mittels einer sinnreichen experimentellen Vorrichtung hat Helmholtz die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den Nerven bestimmt, und hat gefunden, dass sie ungefähr 100 Fuss in der Secunde

oder weniger als ein Zehntel von der Schallgeschwindigkeit in der Luft beträgt. Wenn deshalb ein Walfisch von fünfzig Fuss Länge am Schwanze verwundet würde, so würde er die Verletzung erst nach einer halben Secunde empfinden <sup>1)</sup>. Allein dies ist nicht die einzige Ursache der Verzögerung. Es kann kaum ein Zweifel darüber bestehen, dass zu jeder Aeusserung des Bewusstseins eine bestimmte molekulare Anordnung des Gehirnes gehört und dass jeder Gedanke und jedes Gefühl sein physisches Correlat in jenem Organ besitzt; und Nichts ist gewisser, als dass jede physische Veränderung, gleichviel ob molekular oder mechanisch, zu ihrem Zustandekommen Zeit braucht. Demnach ist, abgesehen von dem Zeitraum, der zur Ueberführung nöthig ist, noch eine weitere Zeitdauer nöthig, damit das Gehirn sich in Bereitschaft setze; mit andern Worten, damit seine Molekeln in diejenige Stellung oder Bewegung kommen, welche zur Herstellung des Bewusstseins nöthig sind. Helmholtz schliesst, ein Zehntel Secunde sei für diesen Zweck erforderlich. In dem oben angenommenen Falle vom Walfische wird zunächst eine halbe Secunde verbraucht, um die Nachricht durch die Gefühlsnerven zum Kopfe überzuleiten, dann ein Zehntel Secunde, welche vom Gehirne verbraucht wird, um die für das Bewusstsein nothwendigen Bewegungen zu Stande zu bringen, und dann, falls die Geschwindigkeit in den motorischen Nerven dieselbe wie in den Gefühlsnerven ist, wird eine zweite halbe Secunde verbraucht, um dem Schwanze den Befehl zu seiner Ver-

---

<sup>1)</sup> Ein ausgezeichnet schöner Vortrag von Professor du Bois-Reymond über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den Nerven ist in den Proceedings of the Royal Institution 1866, Vol. IV, pag. 575 erschienen.

theidigung zuzusenden. Demnach würde  $1\frac{1}{10}$  Secunde verstreichen, ehe ein Walfisch von fünfzig Fuss Länge auf einen Eindruck reagiren könnte, welcher seinen Schwanznerven zugefügt wurde.

Nun ist aber eine Art der Verletzung denkbar, wobei die Nerven ausser Stand gesetzt werden, die Leiter derjenigen Bewegung zu sein, welche sich als Gefühl zu erkennen giebt; träte ein derartiger Fall ein, so würden wir uns der Verletzung nicht bewusst werden, sie möge noch so bedeutend sein. Oder es wäre möglich, dass lange vor Ablauf der Zeit, welche das Gehirn braucht, um sich für das Bewusstsein in Bereitschaft zu setzen, die Fähigkeit sich in Bereitschaft zu setzen, überhaupt aufgehört hat. Obwohl eine solche Verletzung den Tod verursachen könnte, so würde derselbe doch eintreten, ohne dass wir irgend Etwas empfänden. Der Tod wäre alsdann nur ein einfaches Aufhören des Lebens, ohne irgend ein Dazwischentreten des Bewusstseins.

Es giebt ohne Zweifel viele Todesarten, welche auf diese Weise erfolgen. Das Eindringen einer Büchsenkugel in das Gehirn ist ein solcher Fall; und es steht in vollkommener Uebereinstimmung mit dem Schlusse, den man a priori aus den Experimenten von Helmholtz ziehen konnte, dass die auf solche Weise Umgekommenen stets ein völlig friedliches Aussehen zeigen. Auch kommen nicht selten Fälle von Bewusstlosigkeit vor, die nicht mit dem Tode endigen, nach deren Ablauf die betreffenden Personen im Stande sind zu bezeugen, dass sie keinerlei Schmerz empfunden hatten, ehe sie das Bewusstsein verloren.

Eine Büchsenkugel braucht ungefähr  $\frac{1}{1000}$  Secunde, um durch den Kopf eines Menschen zu gehen; — hierbei hätten wir also nicht die nöthige Zeit zur Empfindung,

und der Tod wäre demnach schmerzlos. Es giebt jedoch andere Wirkungen, welche die einer Flintenkugel an Geschwindigkeit weit übertreffen. Ein Blitzstrahl spaltet eine Wolke und erscheint und verschwindet in weniger als einer hunderttausendstel Secunde; und die Geschwindigkeit der Elektrizität ist so gross, dass sie in einer einzigen Secunde eine Entfernung wie die des Mondes von der Erde zu durchlaufen vermag.

Es ist bekannt, dass ein Lichteindruck, der einmal auf der Netzhaut hervorgebracht ist, ungefähr eine sechstel Secunde andauert; dies ist der Grund, warum wir einen leuchtenden Streifen zu sehen glauben, wenn eine glühende Kohle rasch durch die Luft bewegt wird. Ein Körper, welcher durch einen momentanen Lichtblitz beleuchtet wird, bleibt noch  $\frac{1}{6}$  Secunde, nachdem das Licht erloschen ist, sichtbar; und wenn der so beleuchtete Körper sich in Bewegung befindet, erscheint er da, wo der Lichtstrahl ihn trifft, in Ruhe zu sein. Der Farbenkreisel ist den Meisten unter uns bekannt. Bei diesem Instrumente wird eine in verschiedene farbige Felder eingetheilte Scheibe in rasche Umdrehung versetzt; die Farben vermischen sich, und falls sie in den richtigen Verhältnissen gewählt sind, und die Bewegung in hinreichender Geschwindigkeit erfolgt, so erscheint die Scheibe weiss. Ein derartiger Kreisel, welcher sich in einem dunkeln Raume dreht und durch elektrische Funken erleuchtet wird, erscheint bewegungslos; und jede Farbe kann deutlich unterschieden werden. Professor Dove hat gefunden, dass ein Blitzstrahl dieselbe Wirkung hervorbringt. Während eines Gewitters versetzte er einen Farbenkreisel in äusserst rasche Bewegung, und fand, dass jeder Blitzstrahl denselben als einen bewegungslosen Gegenstand mit ganz deutlichen Farben erscheinen

liess. Die Bewegung sämmtlicher Körper auf der Erdoberfläche würde, wie Dove bemerkt, aufgehoben erscheinen, falls dieselben nur durch einen Blitzstrahl erleuchtet würden. Eine Kanonenkugel z. B. würde in ihrem Fluge angehalten, und regungslos im Raume zu hängen scheinen, so lange der Lichteindruck, welcher die Kugel sichtbar macht, in unserem Auge anhält.

Wenn demnach schon eine Büchsenkugel sich genügend rasch bewegt, um das Leben zu zerstören, ohne das Dazwischentreten einer Empfindung, wie viel mehr ist ein Blitzstrahl im Stande diese Wirkung hervorzubringen. Demgemäss haben wir wohlbeglaubigte Fälle, wonach Individuen, die vom Blitze besinnungslos niedergeworfen, beim Erwachen keine Erinnerung an Schmerz hatten. Der folgende ausführlich erzählte Fall wird von Hemmer beschrieben :

Am 30. Juni 1788 stellte sich ein Soldat in der Nähe von Mannheim während eines Regengusses unter einen Baum, worunter bereits eine Frau Schutz gesucht hatte. Er schaute in die Höhe, um zu sehen, ob die Zweige den nöthigen Schutz gewähren könnten, wurde in diesem Augenblick vom Blitze getroffen und fiel besinnungslos zu Boden. Die Frau neben ihm empfand den Schlag in ihrem Fusse, wurde jedoch nicht nieder geworfen. Nach einigen Stunden erholte sich der Mann, wusste jedoch Nichts von dem was geschehen war, ausser der Thatsache, dass er in die Höhe geschaut habe. Dies war seine letzte bewusste Handlung, und der Uebergang vom bewussten zum unbewussten Zustande ging ganz ohne Schmerz vor sich. Die sichtbaren Spuren eines Blitzstrahles sind gewöhnlich unbedeutend. Das Haar ist

zuweilen versengt; kleine Wunden kommen vor; und in manchen Fällen bezeichnet ein rother Streifen auf der Haut die Bahn der Entladung.

Unter gewöhnlichen Umständen ist die Entladung einer kleinen Leydener Flasche sehr unangenehm. Vor einiger Zeit befand ich mich in Gegenwart eines zahlreichen Zuhörerkreises, neben mir eine Batterie von fünfzehn grossen geladenen Leydener Flaschen. Durch eine Ungeschicklichkeit kam ich einem der Leitungsdrähte der Batterie zu nahe, und die Entladung ging durch meinen Körper. Ohne eine Spur von Schmerz hörte jede Lebensempfindung während eines ganz beträchtlichen Zeitraumes auf. Nach einer Secunde ungefähr kehrte das Bewusstsein zurück. Ich sah mich in Gegenwart eines Zuhörerkreises und meines Apparates, und mit Hülfe dieser äussern Umstände schloss ich sofort, dass eine Entladung der Batterie mich getroffen habe. Das intellectuelle Bewusstsein meiner Lage war mit grösster Geschwindigkeit hergestellt, nicht so das optische Bewusstsein. Um meine Zuhörer nicht in Schrecken zu versetzen, bemerkte ich, dass ich längst den Wunsch gehabt, zufällig einen derartigen Schlag zu erleiden, und dass mein Wunsch nun erfüllt sei. Allein während ich diese Worte sprach, erschien mir mein Körper wie in eine Anzahl einzelner Stücke getheilt. Die Arme z. B. erschienen vom Rumpfe getrennt in der Luft aufgehängt. In der That schienen das Gedächtniss und die Denkfähigkeit hergestellt, lange ehe der Sehnerv zu seiner normalen Thätigkeit zurückkehrte. Was ich jedoch hauptsächlich hervorzuheben wünsche, ist die absolute Schmerzlosigkeit des Schlags. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass auch bei den vom Blitzstrahle Getödteten der Uebergang vom Leben zum Tode erfolgt, ohne dass das Bewusstsein im

Geringsten dabei betheiligt ist. Der Tod ist nur das plötzliche Aufhören der Empfindung ohne einen Moment des Schmerzes.

8. Juli 1865.

Anmerkung: Ich habe Gelegenheit gehabt eine ähnliche Erfahrung zu machen, indem ich von einem mit mir durchgehenden Pferde bei einer schnellen Wendung herabgeschleudert wurde, und mit dem Kopfe gegen eine Mauer fiel. Als ich wieder zum Bewusstsein kam, hatte ich nicht nur nicht die geringste Erinnerung an den Fall und den Stoss gegen den Kopf, sondern nicht einmal mehr irgend einen Eindruck von den letzten zwanzig Schritten des zurückgelegten Weges. Meine Erinnerung hörte auf von dem Augenblick ab, wo ich die Mitte einer Brücke passirt hatte, die sich ungefähr in jener Entfernung von der Mauer befand, an deren Fuss liegend ich wieder zum Bewusstsein erwachte.

H. Helmholtz.

---

## XIV.

### G.

## Geister und Wissenschaft.

---

Man hat den Naturforschern mehrfach zum Vorwurf gemacht, dass sie es verweigerten, sich mit den sogenannten „spiritistischen“ Erscheinungen irgend wie zu befassen. Ich beabsichtige nun im Folgenden kurz mitzuthemen, mit welchem Erfolge ich selbst einen Versuch machte, die naturwissenschaftliche Untersuchungsweise auf diese „Erscheinungen“ anzuwenden.

Vor einiger Zeit, als die „Geister“ ganz besonders lebhaft in unserem Lande auftraten, wurde ein berühmter Naturforscher von einem seiner Freunde eingeladen, oder vielmehr angefleht, mit diesen Geistern zusammenzukommen und sie zu befragen. Der Naturforscher, welcher bereits diese Bekanntschaft gemacht und keine Erneuerung derselben gewünscht hatte, wusste es so einzurichten, dass die Einladung von ihm auf mich übertragen wurde, der ich noch nicht so glücklich gewesen war. Die



Geister bestimmten selbst die Zeit der Zusammenkunft, und zur angegebenen Stunde ward ich an den betreffenden Ort geführt.

Ich war keineswegs absolut ungläubig, sondern ich hielt es im Gegentheil für wahrscheinlich, dass irgend ein physikalisches Princip, den Spiritisten selbst unbekannt, diesen Erscheinungen zu Grunde liegen könnte. Eine Anhäufung von kleinen Impulsen kann ausserordentliche Wirkungen hervorbringen. Setzte doch Galilei ein schweres Pendel durch die richtig bemessenen Stöße seines Athems in Bewegung und Ellicot brachte eine Uhr durch das Ticken einer andern in Gang, obwohl beide durch eine Wand getrennt waren. Zudem sind vorgefasste Meinungen im Stande, die Aussagen der wahrheitsliebendsten Menschen ungemein zu beeinflussen. Daher mein Wunsch, mit eigenen Augen jene aussergewöhnlichen Erscheinungen zu sehen, deren Vorhandensein keinem Zweifel zu unterliegen schien, nachdem sie durch vollkommen zuverlässig scheinende Zeugen wahrgenommen und geschildert worden waren. Die Zusammenkunft fand in einem Privathause in der Nähe von London statt. Mein Wirth, seine intelligente Frau und ein Herr, den wir X nennen wollen, waren bei meiner Ankunft anwesend. Es ward mir mitgetheilt, dass das „Medium“ noch nicht erschienen sei; dass die Dame jedoch zu Empfindlichkeit neige, und jeden Verdacht übel nehmen würde. Ich wurde deshalb gebeten, vor ihrer Ankunft die Stühle und Tische, welche benutzt werden sollten, zu untersuchen, um sicher zu sein, dass keinerlei Betrug mittels der Zimmereinrichtung stattfinden könne. Dies geschah, und ich wurde jetzt erst gewahr, dass unser gastlicher Wirth die bevorstehende „Geistersitzung“ in Form eines Diners

angeordnet hatte. Diese Form einer Untersuchung war mir neu, allein ich fügte mich, da sie vielleicht zur Gelegenheit gehörte.

Das „Medium“ erschien; es war eine zart aussehende junge Dame, welche sich offenbar keiner guten Gesundheit erfreute. Ich führte sie zu Tische und war ihr Nachbar während der Mahlzeit. Eine geraume Zeit hindurch fiel nichts Ungewöhnliches vor. Eine Reihenfolge von wunderbaren Erzählungen ersetzte die Thatsachen. Die Pflicht, den Aussagen von Zeugen zu glauben, wurde vielfach mit Nachdruck hervorgehoben. X schien ein erwähltes Werkzeug der Geister zu sein, und erzählte verschiedene erstaunliche Dinge. Wenn er eine Feder in die Hand nehme, behauptete er, erleide er einen Einfluss von der Schulter nach der Hand hin, der ihn zwingt orakelartige Aussprüche niederzuschreiben. Ich hörte eine Weile schweigend zu. „Und jetzt“, fuhr X fort, „hat diese Kraft so zugenommen, dass sie mir die Gedanken anderer Menschen verräth. Heute Morgen erst konnte ich einem Freunde nicht nur seine Gedanken sagen, sondern ich wusste auch, was er an dem Tage zu thun beabsichtige.“

Dies kann sofort erprobt werden, dachte ich, und sagte unmittelbar zu X: „Wenn Sie sich einen Apostel für Ihre Sache gewinnen wollen, der Ihre Principien der Welt ohne Furcht bekennen wird, sagen Sie mir, was ich in diesem Augenblicke denke.“ X erröthete, allein er berichtete mir meine Gedanken nicht.

Es war noch nicht lange her, dass ich den bekannten Baron Reichenbach in Wien besucht hatte; ich frug nun meine Nachbarin, ob sie auch im Stande sei, die merkwürdigen Dinge, die Jener beschreibt, zu sehen, ob sie zum Beispiel das Licht, das von Krystallen ausgehen soll, wahrnehmen könne.

Das hier folgende Gespräch wurde von mir den Tag nach der Sitzung niedergeschrieben:

Medium: „Oh ja! aber ich sehe Licht rings um alle Körper.“

Ich: „Sogar bei völliger Dunkelheit?“

Medium: „Ja; ich sehe alle Menschen von leuchtenden Atmosphären umgeben. Die Atmosphäre, welche Herrn R. C. umgiebt, würde dieses Zimmer mit Licht erfüllen.“

Ich: „Wissen Sie, welche Wirkung Baron Reichenbach den Magneten zuschreibt?“

Medium: „Ja; aber ein Magnet macht mich sehr krank.“

Ich: „Darf ich also annehmen, dass Sie, auch bei vollkommener Dunkelheit, zu erkennen vermöchten, ob sich ein Magnet in diesem Zimmer befindet, auch ohne dass Ihnen Mittheilung davon gemacht würde?“

Medium: „Ich würde das Vorhandensein eines Solchen sofort beim Eintritt ins Zimmer wissen.“

Ich: „Wie denn das?“

Medium: „Ich würde mich augenblicklich krank fühlen.“

Ich: „Wie befinden Sie sich heute?“

Medium: „Ganz besonders wohl, besser als seit Monaten.“

Ich: „Darf ich Sie wohl fragen, ob in diesem Augenblicke ein Magnet in meinem Besitze ist?“

Die junge Dame sah mich an und stotterte erröthend: „Nein, ich bin nicht *en rapport* mit Ihnen.“

Ich sass zu Ihrer Rechten und meine linke Rocktasche enthielt einen Magneten, nicht 6 Zoll von ihr entfernt.

Unser Wirth ersuchte mich, die Discussion nicht fortzusetzen, da das Medium dadurch erschöpft werden könnte.

Die wunderbaren Erzählungen begannen von Neuem; aber nun hatte ich meinerseits noch viel Wunderbareres zu berichten. Diese Geister schienen mir in der That sehr plumpe Gesellen im Vergleich mit denjenigen, welche ich in meinen Untersuchungen kennen gelernt hatte. Ich setzte also meinerseits ein Wunder gegen jedes mir erzählte Wunder ein. Eine anwesende Dame sprach von geistigen Atmosphären, welche sie bei geschlossenem Auge in schönen Farben sehen könnte. Ich behauptete, ähnliche Farben wahrzunehmen, und noch über dies das Innere meines eigenen Auges sehen zu können.

Das Medium versicherte wirkliche, von der Sonne ausgehende, Lichtwellen zu sehen. Ich erwiderte, dass die Naturforscher die genaue Anzahl der Lichtwellen innerhalb einer Secunde und die Länge einer jeden Welle zu bestimmen wüssten. Das Medium sprach von den Leistungen der Geister auf musikalischen Instrumenten. Ich entgegnete, dass eine solche Leistung grob sei im Vergleiche mit derjenigen Musik, welche durch einen Naturforscher vor noch nicht langer Zeit entdeckt worden sei. Auf eine Entfernung von zwanzig Fuss vermöge dieser einer Gasflamme zu befehlen einen musikalischen Ton anzugeben; und sie gehorche und singe stundenlang fort. Und so laut sei die Musik, welche die Gasflamme mache, dass sie von einer Versammlung von tausend Menschen gehört werden könne. Die Gesellschaft gab zu, dass diese Wunder sich mit denen der Geisterwelt messen könnten. Nun wurden Fragen an die Geister gestellt und ich wurde als ein Medium ersten Ranges erkannt.

Während dieser Gespräche war von Zeit zu Zeit ein leises Klopfen unter dem Tische hörbar gewesen. Dies war

das Klopfen der Geister. Man sagte mir, ein einmaliges Klopfen bedeute Nein, ein zweimaliges Klopfen Noch nicht und ein dreimaliges Klopfen Ja. Als Antwort auf die Frage, ob ich ein Medium sei, erfolgte rasch ein entschiedenes dreimaliges Klopfen. Da ich bemerkte, dass das Klopfen von einem bestimmten Orte ausging, so ersuchte ich die Geister mir von einer andern Ecke des Tisches aus zu antworten. Sie gehorchten zwar nicht, allein ich war überzeugt, dass sie sich dazu und zu manchem Anderen mit der Zeit verstehen würden. Das Klopfen dauerte fort; ich setzte ein Weinglas umgekehrt auf den Tisch und hielt mein Ohr darauf wie auf ein Stethoskop. Die Geister schienen dadurch ausser Fassung gebracht und verloren ihre Lebhaftigkeit für eine geraume Zeit.

Etwas ermüdet von diesen Proceduren lehnte ich mich alsdann in meinem Stuhle zurück und schaute zerstreut zum Fenster hinaus. In diesem Momente wurde der Tisch heftig angestossen. Man lenkte die Aufmerksamkeit auf den noch schwankenden Wein und fragte mich, ob dies nicht überzeugend sei. Ich gab gerne die Thatsache zu, dass der Tisch sich bewegt habe, begann jedoch das Delicate meiner Lage zu verspüren. Es waren verschiedene Paar Arme auf dem Tische und verschiedene Paar Beine unter demselben; aber wie sollte ich, ohne zu beleidigen, die Ueberzeugung aussprechen, die ich wirklich hegte? Um die Schwierigkeit abzulenken, drehte ich mein Weinglas wieder um und legte mein Ohr darauf. Der Rand des Glases war nicht eben, und mein Haar versetzte es durch die Berührung in Schwingung, so dass es einen leisen summenden Ton von sich gab. Ein sehr warmherziger und offenbar sehr aufrichtig überzeugter alter Herr, mir gegenüber, den wir A nennen wollen, machte auf den Ton aufmerksam, fest überzeugt, es sei dies ein Geisterton

gewesen. Ich erklärte ihm, dass der Klang nur durch die Bewegung meines Haares verursacht worden sei; meine Erklärung ward jedoch nicht gut aufgenommen, und X frug in streng scherzhaftem Tone, ob meine Haare auch den Tisch bewegt hätten. Meine rasche Verneinung wird ihn wohl überzeugt haben, dass ich darüber anders dachte.

Es war hierauf von der übermenschlichen Kraft der Geister die Rede. Die Kraft des Menschen könne ihr gegenüber nichts ausrichten. Keine irdische Kraft vermöge den Tisch aufzuhalten, wenn er durch die Geister in Bewegung versetzt sei. Der Anfang zu einem solchen Fortrücken des Tisches fand an jenem Abende dreimal Statt, oder wurde vielmehr dreimal versucht. Zweimal bewegte sich der Tisch, während meine Aufmerksamkeit nach einer andern Richtung gelenkt war, das dritte Mal versuchte ich, ob er auch durch eine scheinbare Unachtsamkeit meinerseits zur Bewegung veranlasst werden könne. Ich fasste den Tisch fest zwischen meine Kniee, warf mich im Stuhle zurück und wartete, die Augen aufs Unbestimmte gerichtet, auf den Ruck. Er kam; einige Secunden lang war es eine Frage, wer stärker sei, die Geister oder meine Muskeln; Letztere behielten die Oberhand, und der Tisch blieb ruhig stehen. Dieses interessante Factum ist bis zu diesem Augenblicke nur dem betreffenden Geiste und mir bekannt gewesen.

Ein gewisses geistiges Ausmalen von Vorgängen, wie ich es aus meinen eigenen Studien her kenne, wurde auch hier angewendet, um sich die Veränderungen und Vertheilung der spiritistischen Kraft darzustellen. Den Geistern wurden Atmosphären verliehen, welche sich gegenseitig durchdringen und verbinden sollten; und auf ganz sinnreiche Weise wurde die Nothwendigkeit

einer Zeitdauer für die gegenseitige Anpassung jener Atmosphären betont. In der That bestanden die Bedingungen zu jenen Erscheinungen ebenso wie in wissenschaftlichen Dingen in den Sinnen, der Zeit und dem Raume.

Es wurde nun der Vorschlag zu einer Aenderung unserer Plätze gemacht und ausgeführt, und kurze Zeit danach wurde ich auf ein kaum merkliches Zittern des Tisches aufmerksam. Verschiedene Personen lehnten sich zu gleicher Zeit auf den Tisch; und ich bat um die Erlaubniss, die Hand des Mediums berühren zu dürfen. „Oh, ich weiss, dass ich zittere“, gab sie zur Antwort.

Bei einer zufälligen Bewegung, die ich machte, — ich legte ein Bein über das andere — knackte ein Muskel um und verursachte dadurch eine unfreiwillige Erschütterung des oberen Beines. Diese Erschütterung musste sich dem Fussboden und von da den Stühlen sämtlicher Anwesenden mittheilen. Ich wiederholte deshalb absichtlich den Vorgang. Sofort wurde ich auf diese Bewegung aufmerksam gemacht; und ein neben mir sitzender Herr, dessen Zeugniss mir von besonderer Wichtigkeit war, drückte seinen Glauben aus, dass es ausserhalb der Grenzen der menschlichen Macht liege, ein so eigenthümliches Beben hervorzubringen. „Ich glaube“, sagte er eifrig, „dass dies einzig und allein die Geister thun können.“ „Ich auch“, rief feurig der alte Herr A. „Ich bitte Sie, mein Herr“, fuhr er fort, „ich fühle in diesem Augenblicke wie die Geister meinen Stuhl erschüttern.“ Ich hielt mein Bein stille. „Nun sind sie fort“, rief A. Ich wiederholte die Bewegung und abermals rief mich der alte Herr an. Doch konnte ich bemerken, dass Etliche unter den Anwesenden im Zweifel waren, was sie aus diesen Manifestationen zu machen hätten. Ich konnte ihre Ungewiss-

heit erkennen; die Enthüllung des Geheimnisses hätte jedoch nur Zorn und Aerger verursacht und somit verschwiegen ich es. Abermals folgte nun eine längere Unterhaltung, während welcher die Geister sich etwas lebhafter zeigten. Doch war dieser Abend nach dem Ausspruche der Anwesenden kein besonders begünstigter. Gegen den Schluss der Sitzung schien sich die Sache etwas besser anzulassen. Die Geister wurden aufgefordert den Namen, unter welchem ich in der himmlischen Welt bekannt bin, zu buchstabiren. Unser Wirth begann das Alphabet aufzusagen, und als er zum Buchstaben P kam, ertönte ein Klopfen. Er wiederholte das Alphabet und diesmal klopften die Geister bei O. Ich verwunderte mich zwar, wartete aber das Ende ruhig ab. Der nächste bezeichnete Buchstabe war E. Ich bemerkte lachend, die Geister schienen einen Poeten aus mir machen zu wollen. Getadelt ob meiner Frivolität wurde mir bedeutet, dass die richtige Vorbereitung zu einer derartigen Sitzung im Lesen der Bibel bestehe. Das Buchstabiren ging indessen weiter; und richtig ging ich als „Poet“ daraus hervor. Allein die Sache war damit nicht beendet. Unser Wirth fuhr fort mit der Wiederholung des Alphabetes und der nächste Buchstabe war abermals O. Dies war offenbar ein unbeendetes Wort; und die Geister schienen in mittheilsamster Laune. Das Klopfen tönte unter dem Tische vor; keiner der Anwesenden zeigte jedoch die leiseste Lust, unter den Tisch zu sehen. Ich erbat und erhielt die Erlaubniss, hinunterzukriechen. Einige lachten leise, aber der alte A rief: „Er hat das Recht, bis in den letzten Winkel zu schauen, um sich zu überzeugen.“ Nachdem ich mich überzeugt hatte, dass kein Geräusch hier stattfinden könne, ohne dass seine Entstehung von mir bemerkt würde, bat ich unsern Wirth,



seine Fragen fortzusetzen. Er that es, jedoch ohne Erfolg. Er nahm einen Ton zärtlichen Flehens an, aber die „lieben Geister“ waren stumm geworden, und liessen sich nicht erbitten. Ich blieb wohl eine Viertelstunde unter diesem Tische sitzen. In einem Zustande der tiefsten Verzweiflung über die Menschheit, wie ich ihn ähnlich nie empfunden habe, nahm ich nach deren Verlauf meinen Sitz auf dem Stuhle wieder ein. Jetzt wurden die Geister wieder gesprächig und pochten mich als „Poet of science“ (Dichter der Wissenschaft) heraus.

Dies also war das Resultat meines Versuches, als Naturforscher einen Einblick in diese spiritistischen Erscheinungen zu gewinnen. Derselbe ist nicht ermuthigend und zwar aus folgendem Grunde: Die gegenwärtigen Förderer spiritistischer Phänomene theilen sich in zwei Classen, wovon die eine keines Beweises bedarf, während die andere einem solchen nicht zugänglich ist. Die Opfer wollen gerne glauben und wollen nicht gerne aus ihrer Täuschung gezogen werden. Die Wissenschaft ist gänzlich machtlos einer solchen Geistesverfassung gegenüber. Ueberdies ist dieser Zustand sehr leicht zu vereinen mit der äussersten geistigen Subtilität und mit der Fähigkeit Hypothesen auszudenken; diese Hypothesen bedürfen alsdann nur der Hartnäckigkeit einer starken Ueberzeugung oder aber der frechen Lügenhaftigkeit, um vollkommen unumstösslich zu werden. Man bedenkt nicht genug die logische Schwäche der Naturwissenschaft. Sie drückt wohl das Unkraut des Aberglaubens nieder; aber nicht etwa durch Logik, sondern dadurch, dass sie den Geist nach und nach unfähig macht eine geeignete Pflanzstätte für denselben zu sein. Wenn die Wissenschaft die Gleichmässigkeit der Erfahrung anführt, so wird der Spiritist erwiedern: „Woher wissen Sie, dass die bisher gleichförmige Erfahrung noch fernerhin so

bleiben wird? Sie sagen mir, die Sonne sei seit 6000 Jahren aufgegangen, dies ist aber kein Grund, dass sie morgen auch aufgehen werde; der Allmächtige kann sie in den nächsten 24 Stunden auslöschen.“ Von diesem Standpunkte aus kann man die unsinnigsten Behauptungen Angesichts aller Wissenschaft der Welt aufstellen. Umsonst suchen Sie begreiflich zu machen, dass wir der Naturwissenschaft alle Kenntniss vom Universum, wie wir sie jetzt besitzen, verdanken, während der Spiritismus noch Nichts dazu gefügt hat. Die narkotisirte Seele ist der Vernunft nicht zugänglich. Umsonst werden Betrüger entlarvt und wird der Teufel im einzelnen Falle ausgetrieben. Er braucht nur leise seine Gestalt zu verändern und zu seinem Haus zurückzukehren, er wird es stets „leer, gereinigt und geschmückt“ finden.

10. December 1864.

## XIV.

### H.

# Die Lebenskraft.

---

Der Ursprung, das Wachsthum und die Kräfte der lebenden Wesen haben von je her in bevorzugter Weise die Aufmerksamkeit denkender Menschen in Anspruch genommen. Zu ihrer Erklärung pflegte man ein specielles Agens anzunehmen, das ziemlich frei sein sollte von den Beschränkungen, welche an den Kräften der unorganischen Natur wahrgenommen werden. Dieses Agens nannte man die Lebenskraft, und unter dem Einfluss derselben sollten Pflanzen und Thiere, die zu ihrem Aufbau nöthigen Stoffe ansammeln und bestimmte Gestalten annehmen. Innerhalb der letzten Jahrzehnte haben sich unsere Begriffe über die Vorgänge des Lebens jedoch wesentlich verändert; und die Streitigkeiten und Proteste, welche gegenwärtig betreffs der Erscheinungen des Lebens so häufig vorkommen, geben ein deutliches Zeichen von dem Interesse, ja von der Unruhe, welche

durch diese Veränderung der Anschauungen in den Geistern hervorgebracht worden sind. Nachdem die Lebenserscheinungen durch alle ihre Modificationen verfolgt worden waren, kamen die vorangeschrittensten unter den heute lebenden Naturforschern zu dem Schlusse, dass nur eine einzige Quelle der Kraft als Ursprung aller Lebensenergie existire; und das Beunruhigende hierbei ist, dass diese Quelle nicht der directe Ausfluss eines übernatürlichen Agens ist, sondern, dass man sie — falls man sich nicht zu den Anhängern Zoroaster's zählt — als einen Vorrath von unorganischer Kraft ansehen muss. Kurzum, man kann es als bewiesen betrachten, dass wir alle Kraft, welche wir aus Pflanzen und Thieren ziehen, ursprünglich der Sonne entnehmen.

Wenn man noch vor wenigen Jahren behauptet hätte, die Sonne sei der Urquell alles Lebens, so würden neun Zehntel von denen, die jetzt beunruhigt sind durch die Form, welche diese Behauptung neuerdings angenommen hat, gerne ihre Zustimmung gegeben haben, wenigstens in einem gewissen allgemeinen Sinne. Sie würden diese Behauptung freilich mehr poetisch als wissenschaftlich aufgefasst haben und gewiss durchaus nicht vorbereitet gewesen sein, eine strenge mechanische Bedeutung an ihre Worte geknüpft zu sehen. Dies ist jedoch das Eigenthümliche der neueren Schlussfolgerungen, dass keinerlei schöpferische Kraft im thierischen oder pflanzlichen Organismus vorhanden ist, sondern dass alle Kraft, welche wir aus den Muskeln der Menschen oder Thiere gewinnen, sowie diejenige, welche wir durch die Verbrennung von Holz oder Kohle entwickeln, auf Kosten der Sonne erzeugt worden ist. Die Sonne wird kälter, damit unsere Feuer brennen, sie wird kälter, damit wir unsere

Wettrennen oder die Besteigung der Hochalpen ausführen können.

Meistens denkt man sich die Energie von Licht und Wärme als gänzlich verschieden von der gewöhnlichen mechanischen Energie. Jede derselben kann jedoch aus der Andern abgeleitet werden. Ein Wilder vermag Holz durch Reibung bis zur Entzündung zu erwärmen; ein geschickter Schmied kann durch Hämmern ein Stück Eisen zum Glühen bringen und durch die grobe Einwirkung seines Hammers Licht und Wärme erzeugen. Diese Wirkung, falls man sie weit genug treiben könnte, würde das Licht und die Wärme der Sonne erzeugen. In der That sind Wärme und Licht der Sonne angesehen worden als Wirkungen des Falles von Meteorsteinen auf die Sonnenoberfläche. Diese Ansicht mag nun richtig oder unrichtig sein, die Möglichkeit einer solchen Erklärung ist jedenfalls vollkommen zulässig. Ob ferner der ehemals geschmolzene Zustand unserer Erde dem Zusammenstosse kosmischer Massen zuzuschreiben ist, wie bedeutende Forscher das angenommen haben, oder ob das nicht der Fall ist, so viel ist gewiss, dass der geschmolzene Zustand auf diese Weise entstehen konnte. Wenn also Licht und Wärme der Sonne durch den Zusammenstoss von todter Materie entstehen können, und wenn wir aus diesem Lichte und dieser Wärme die Kräfte zu entnehmen vermögen, welche wir gewöhnlich als Leben bezeichnen, so folgt daraus ganz unzweifelhaft, dass der Kraftvorrath lebender Wesen einen ganz eigentlich mechanischen Ursprung haben kann.

In welchem Sinne ist nun die Sonne als Ursprung der Energie, die von Pflanzen und Thieren gewonnen werden kann, zu betrachten? Versuchen wir es, eine verständliche Antwort auf diese Frage zu geben. Wasser

kann vom Niveau des Meeres auf grosse Höhen gehoben werden und von da wieder herabfliessen. Das Herabfliessen kann in verschiedener Weise stattfinden; es kann als Wasserfall stürzen, als Fontaine sprudeln, sich wirbelnd überstürzen oder in sanft geneigtem Bette ruhig einherfliessen. Ausserdem vermag es verwickelte Maschinen in Bewegung zu setzen, Mühlsteine zu drehen, Sägen und Hämmer zu heben. Allein jede Form der hier angeführten Krafterleistungen würde aus demjenigen Kraftaufwande abgeleitet sein, welcher ursprünglich verwendet worden ist, um das Wasser zu der Höhe zu heben, von der es herabkommt. Die Maschinen erzeugen keinerlei Triebkraft; die durch das Herabfallen des Wassers geleistete Arbeit ist einfach ein Zertheilen und Wiederausgeben von derjenigen Arbeit, die zur Hebung verbraucht wurde. Genau in diesem Sinne ist alle Energie der Pflanzen und Thiere als ein Zertheilen und Wiederausgeben der ursprünglich von der Sonne entnommenen Triebkraft anzusehen. Beim Wasser besteht die Quelle der Kraft in der erzwungenen Trennung einer Quantität der Flüssigkeit von einem niedrigen Niveau der Erdoberfläche, und in der Hebung derselben zu einer höheren Lage; die so verbrauchte Kraft wird vom Wasser, während es herabfliesst, wieder zurückgegeben. Bei den Erscheinungen des Lebens besteht die Quelle der Kraft in der durch die Sonne erzwungenen Trennung der Atome zusammengesetzter Substanzen. Wir nennen die Kraft, welche das Wasser abwärts zieht, die „Schwerkraft“, und diejenige, welche die Atome zu einander zieht, „Chemische Verwandtschaft“; allein diese verschiedenartige Benennung darf uns nicht irre führen in Bezug auf die qualitative Einheit der beiden Kräfte. Beides sind Anziehungen, und für den Verstand ist es nicht schwieriger sich vorzustellen, dass Kohlenstoff- und

Sauerstoffatome aufeinanderstürzen, als dass Wasser den Berg herabfließt.

Der Aufbau der Pflanzen wird also von der Sonne mittels der Zerlegung chemischer Verbindungen bewerkstelligt. Die Erscheinungen des thierischen Lebens sind mehr oder weniger verwickelte Umkehrungen dieses Zersetzungsprocesses. Wir essen die Pflanze und athmen den Sauerstoff der Luft, und in unserem Körper fällt der Sauerstoff, welcher durch die Wirkung der Sonne von dem Wasserstoff und dem Kohlenstoff losgerissen worden war, wieder auf und gegen diese beiden hin, erzeugt dadurch thierische Wärme und bildet thierische Formen. Durch die verwickeltesten Erscheinungen des Lebens läuft folgendes Gesetz: Die Entwicklung einer Pflanze entspricht dem steigenden Gewichte, die eines Thieres entspricht dem fallenden Gewichte. Allein die Frage ist damit noch nicht erschöpft. Das Wasser, welches wir soeben als Beispiel anführten, erzeugt alle Bewegung, die bei seinem Herabfallen zum Vorschein kommt; die Form der Bewegung hängt jedoch von der Art der Maschine, die in seinen Lauf eingeführt wird, ab. In ähnlicher Weise wird die ursprüngliche Wirkung der Sonnenstrahlen modificirt durch die Atome und Molekel, zwischen welchen ihre Energie sich vertheilt. Molekularkräfte bestimmen die Form, welche die Kraft der Sonne annimmt. Bei der Trennung von Kohlenstoff und Sauerstoff kann deren Energie so geleitet werden, dass in dem einen Fall ein Kohlkopf, in dem andern ein Eichbaum entsteht. Ebenso kann bei der Wiedervereinigung von Kohlenstoff und Sauerstoff die molekulare Maschinerie, worin die verbindende Kraft thätig ist, in dem einen Fall die Bestandtheile eines Frosches, in dem andern Falle die eines Menschen aufbauen.

Der Stoff des thierischen Körpers ist der der unorganischen Natur. Es findet sich keinerlei Substanz in den thierischen Geweben, welche nicht ursprünglich den Gesteinen, dem Wasser und der Luft entnommen wäre. Sind also die Kräfte der organischen Materie verschieden von denen der unorganischen? Die heutige Naturwissenschaft verneint die Frage. In der organischen Welt ist es die besondere Art des Zusammenwirkens der Kräfte, welche ebenfalls der unorganischen Welt angehören, worin das Geheimniss und das Räthsel des Lebens besteht. Jeder Theil eines jeden einzelnen thierischen Körpers kann in rein unorganische Stoffe aufgelöst werden. Eine vollkommene Umkehrung dieses Auflösungsprocesses würde uns vom Unorganischen zum Organischen führen; und eine solche Umkehrung ist zum Mindesten denkbar. Die neuere Wissenschaft strebt auch in der That danach, die Scheidewand zwischen der unorganischen und organischen Welt niederzureissen, und beide auf die Wirkung von Kräften zurückzuführen, die von einer und derselben Art sind, deren Combinationen jedoch durch den Grad ihrer Verwicklung sich unterscheiden.

Betrachten wir nun die Frage von der bleibenden Identität der Person in ihrer Beziehung zu der der molekularen Formen. Vor bald dreissig Jahren zeigte Mayer von Heilbronn mit jener Kraft des Genies, welches aus kleinen Thatfachen grosse Bedeutung zu ziehen weiss, dass das Blut das „Oel des Lebens“ sei, von dessen Verbrennung die Thätigkeit der Muskeln ebenso gut abhängt, wie die Wirksamkeit gröberer Maschinen von der der Kohle. Die Muskeln sind die Maschinerie, durch welche die dynamische Kraft des Blutes zur Aeusserung gelangt. Auf diese Weise verzehrt sich das Blut. Allein auch der ganze übrige Körper verbraucht sich, wenn gleich weniger rasch als



das Blut; so dass er nach einer gewissen Anzahl von Jahren total erneuert ist. Wie wird nun das Bewusstsein der Identität der Person während dieser Flucht der Molekeln bewahrt? Der Mensch, so wie wir ihn kennen, bedarf der Materie zum Bewusstsein; allein die Materie irgend einer Periode kann gänzlich verändert sein, während das Bewusstsein keinerlei Unterbrechung erduldet. Wie Schildwachen, die sich ablösen, scheinen Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff ihre Parole im Abgehen den anrückenden Cameraden zuzuflüstern, und so kommt es, dass das Ich unberührt bleibt, während das Nicht-Ich wechselt. Die Beständigkeit der Form in der Gruppierung der Molekel, nicht aber die Beständigkeit der Molekel selbst entspricht dieser Beständigkeit des Bewusstseins. Das Leben ist eine Welle, die niemals im Laufe ihrer Existenz auch nur während zwei aufeinander folgenden Momenten aus denselben Theilchen besteht.

Angenommen also, die Molekel des menschlichen Körpers würden, anstatt andere zu ersetzen, und so eine bereits bestehende Form zu erneuern, aus erster Hand der Natur entnommen und in dieselbe gegenseitige Stellung gebracht, welche sie im Körper einnehmen; angenommen, sie hätten dieselben Kräfte und Vertheilung von Kräften, dieselben Bewegungen, und dieselbe Vertheilung von Bewegungen; würde diese organisirte Masse von Molekeln als fühlendes, denkendes Wesen vor uns stehen? Es scheint kein triftiger Grund vorhanden, dass dem nicht so sein sollte. Oder angenommen, ein Planet würde von der Sonne losgerissen und würde um seine Axe kreisend sich in derselben Entfernung wie die Erde um die Sonne drehen; würde alsdann die Entwicklung organischer Formen eine Folge von der Abkühlung des Planeten sein? Ich neige zur Bejahung der Frage. Structur bildende

Kräfte sind sicherlich in der Masse vorhanden, ob sie nun zur Bildung einer Pflanze oder eines Thieres ausreichen oder nicht. In einem ungeformten Tropfen Wassers sind alle Wunder der krystallinischen Kräfte latent; und wer möchte dem möglichen Spiele der Molekel eines sich abkühlenden Planeten Grenzen ziehen? Wenn diese Behauptungen auffällig klingen, so ist es, weil die Materie sowohl von Naturforschern als von Theologen verläumdete und falsch dargestellt worden ist, und weil weder die Einen noch die Andern darauf geachtet haben, dass sie im Grunde mystisch und transcendental ist.

Das Interesse, welches Fragen, wie die vorliegende, gegenwärtig haben, rührt zum grossen Theile von ihrer Kühnheit her; mit der Zeit werden sie nicht mehr auffallend erscheinen. Je eher die allgemeine Scheu vor solchen Fragen verbannt wird, desto besser ist es für die Sache der Wahrheit. In Bezug auf Kenntnisse zeigt die Physik polare Gegensätze. Nach einer Richtung hin weiss sie Alles, oder ist wenigstens dazu bestimmt, Alles zu wissen, nach der andern weiss sie Nichts. Die Wissenschaft weiss Vieles von der mittleren Phase der Dinge, die wir Natur nennen, und deren Product sie selbst ist; allein sie weiss Nichts über den Ursprung oder den Zweck der Natur. Wer oder Was erschuf die Sonne und gab ihren Strahlen diese Kraft? Wer oder Was erschuf die ursprünglichen Theilchen der Materie und verlieh ihnen jene wunderbare Kraft des verschiedenartigsten Ineinanderwirkens? Die Naturwissenschaft weiss es nicht; wenngleich in die Ferne gerückt, bleibt das Geheimniss unverändert stehen. Manche unter uns, die da fühlen, dass es zwischen Himmel und Erde Dinge giebt, von denen wir uns Nichts träumen lassen, die aber auch gelernt haben, wie vergeblich es ist das Unerforschliche ergründen zu wollen, kommen

schliesslich auf den Standpunkt Goethe's und spreche mit ihm :

„Wer darf ihn nennen ?  
 Und wer bekennen :  
 Ich glaub' ihn ?  
 Wer empfinden  
 Und sich unterwinden  
 Zu sagen : Ich glaub ihn nicht ?  
 Der Allumfasser,  
 Der Allerhalter,  
 Fasst und erhält er nicht  
 Dich, mich, sich selbst ?“

---

Einzelne Zusätze abgerechnet wurde der vorstehende kurze Aufsatz im Sommer 1863 auf einer Alpenhöhe geschrieben. Sieben Jahre später wurde mein Interesse lebhaft geweckt, als ich hörte, dass vor beinahe 300 Jahren Descartes ähnliche Bilder anwendete und ähnliche Ansichten äusserte, soweit dies die Kenntnisse jener Zeit erlaubten, um die Wirkungen und Kräfte des menschlichen Körpers zu erklären. Professor Huxley, dessen Belesenheit ich nur beneiden kann, hat in seinen „Laienpredigten“ folgende merkwürdige Auszüge aus dem *Traité de l'homme* veröffentlicht: Im Verhältniss wie diese Geister (die Lebensgeister) in die Höhlen des Gehirns eindringen, gehen sie von da in die Poren der Gehirnssubstanz und von hier in die Nervensubstanz über; wo sie, im Verhältniss wie sie mehr in die Eine als in die Andere eindringen oder auch nur einzudringen streben, die Kraft erhalten, die Gestalt der Muskeln zu verändern, in welche die Nerven sich einsenken und auf diese Weise alle Glieder zu bewegen. Aehnliches haben Sie vielleicht in den Grotten und Fontainen der königlichen Gärten bemerkt. Dort ist die Kraft, womit das Wasser aus seinem Behälter hervor-

geht, im Stande, verschiedene Maschinerien in Gang zu setzen, ja sogar Instrumente spielen oder sie Worte aussprechen zu lassen, je nach der Anordnung der Röhren, welche das Wasser leiten.

„In der That kann man die Nerven derjenigen Maschine, welche ich beschreibe, sehr gut mit den Röhren jener Wasserwerke vergleichen; die Muskeln und Sehnen derselben mit den verschiedenen Maschinen und Druckfedern, die daran angebracht sind; die Lebensgeister mit dem Wasser, das sie antreibt; das Herz gleicht der Fontaine, und die Höhlungen des Gehirns der Centralleitung der Wasserwerke. Ueberdies sind die Athmung und andere derartige Vorgänge, wie sie in dem Körper natürlich und gewohnheitsmässig sind, und die von den Lebensgeistern abhängig sind, den Bewegungen einer Uhr oder einer Mühle zu vergleichen, die durch den dauernden Fluss des Wassers in Gang gehalten werden.

„Die äusseren Gegenstände, welche durch ihre blossen Anwesenheit auf die Sinnesorgane wirken, und welche vermittels derselben die körperliche Maschine bestimmen, sich in sehr verschiedenartiger Weise zu bewegen, je nachdem die Gehirntheile sich anordnen, sind gleich jenen Fremdlingen, die in eine jener Wassergrotten eintreten, und unbewusst zur Ursache aller jener Bewegungen werden, die sich vor ihnen vollziehen. Denn sie können nicht eintreten, ohne über gewisse Bretter zu gehen, welche so angelegt sind, dass wenn sie sich z. B. einer badenden Diana nähern, diese sich im Schilf versteckt, und wenn sie die Göttin verfolgen, ein mit dem Dreizack drohender Neptun erscheint; oder, wenn sie einen andern Ausweg suchen, ein Ungeheuer erscheint, das ihnen Wasser ins

Gesicht speit; und was dergleichen Vorrichtungen mehr sind, je nachdem die Phantasie des Ingenieurs sie sich ausgedacht hat. Und schliesslich, wenn eine vernünftige Seele in dieser Körpermaschine wohnt, so wird sie ihren Hauptsitz im Gehirne haben, und wird den Ingenieur vertreten, der auch an derjenigen Stelle der Wasserwerke sein muss, wo alle Röhren zusammenlaufen, falls er die Bewegungen der Maschinerie irgendwie beschleunigen, verlangsamten oder sonst verändern will.

„Alle Functionen, welche ich dieser Maschine (dem Körper) zuschrieb, nämlich die Verdauung der Nahrung, die Pulsation des Herzens und der Arterien, die Ernährung und das Wachsthum der Glieder; Athemholen, Wachen, Schlafen; die Empfänglichkeit der äusseren Sinnesorgane für Licht, Töne, Gerüche und Wärme, und ähnliche Eigenschaften; ferner der Eindruck derselben auf das Organ des Verstandes und auf die Einbildungskraft; die Aufbewahrung oder der Eindruck dieser Vorstellungen auf das Gedächtniss; die inneren Bewegungen der Leidenschaften und des Begehrens, und schliesslich die äusseren Bewegungen der Glieder, welche so geschickt nicht nur den Einwirkungen der äusseren Gegenstände auf die Sinne, sondern auch den Eindrücken, die im Gedächtniss zusammenkommen, folgen; dass sie so genau als möglich denjenigen eines wirklichen Menschen gleichkommen: alle diese Functionen also sollen Sie, wie ich wünsche, betrachten als nothwendig aus der Anordnung der Organe dieser Maschine hervorgehend, so dass sie genau wie die Bewegungen einer Uhr oder eines Automaten das Resultat ihres Gewichtes und ihrer Räder sind, und dass es also — was diese Maschine und ihre Organe betrifft — nicht nöthig ist, eine andere vegetative oder füh-

lende Seele oder ein anderes Lebens- und Bewegungsprincip anzunehmen, als das Blut und die Lebensgeister, die durch das im Herzen beständig brennende Feuer erregt werden; dieses Feuer aber ist in keiner Weise wesentlich verschieden von allen andern Feuern, die in unbelebten Körpern brennen.

---

## XIV.

### I.

## Nachträgliche Bemerkungen über Wunder.

---

Unter den Notizen, welche ich mir zur Zeit, als Herrn Mozley's Buch mich beschäftigte, aufschrieb, finde ich folgende Bemerkungen:

Was den von Herrn Mozley so gering geschätzten Einfluss der modernen Naturwissenschaft betrifft, so ist sicherlich eine der Folgen desselben, dass die berichteten Wunder grösser und dadurch verhältnissmässig unglaublicher erscheinen.

Die Alten wussten nur wenig von der Grösse des Universums. Ein Geistlicher, Herr Rickmann hat z. B. gezeigt, welche unzulänglichen Kenntnisse die Juden über das „Firmament des Himmels“ hatten; und Professor Airy erwähnt eines griechischen Philosophen, der verfolgt wurde, weil er die damals für ungeheuerlich geltende Ansicht aufzustellen wagte, dass die Sonne wohl so gross sein könnte als ganz Griechenland. Die Angelegenheiten eines

Universum, das von jenem Standpunkte aus betrachtet wurde, waren in viel näherem Verhältniss zu menschlichen Dingen und Angelegenheiten, als das Universum, welches die Wissenschaft uns jetzt enthüllt hat: und deshalb war es der alten Welt leichter an das Eintreten von Veränderungen in der Ordnung des Weltalles zum Zwecke der Förderung menschlicher Plane oder als Erhöhung menschlicher Gebete zu glauben, als dies heut zu Tage möglich ist. Gerade die Grossartigkeit, welche den Naturerscheinungen nach der Lehre der Wissenschaft zukommt, hat die Entfernung zwischen ihnen und der Menschheit erweitert und den Glauben an den ordnungsmässigen Verlauf derselben im Volke verbreitet. Als natürliche Folge hiervon ist das Verlangen mächtiger geworden, Beweise zu haben für die Behauptung, dass eine Störung dieser Ordnung stattgefunden habe.

Nehmen wir als Beispiel das Wunder, wodurch der Sieg des Josua über die Amoriter vollständig gemacht wurde und wobei, nach der Erzählung, die Sonne über Gibeon und der Mond über dem Thale von Ajalon einen ganzen Tag lang stille gestanden haben sollen. Heut zu Tage würde ein Engländer von landläufiger Bildung natürlicher Weise mehr Beweise für das Vorkommen dieser Thatsache verlangen als ihrer ein Israelit aus dem Zeitalter nach Josua zu seiner Befriedigung bedurfte. Denn für diesen bestand das Wunder wahrscheinlich nur in dem Stillestehen einer Scheibe, die kaum eine Elle im Durchmesser mass; für Jenen aber wäre damit das Stillestehen einer Kugel gemeint, die 1 Million vier mal hunderttausend Mal grösser ist als die Erde. Sogar wenn man die Auslegung annimmt, welche gelehrte Theologen heut zu Tage abgeben, dass nämlich Josua nur die scheinbare Thatsache kannte, dass aber in Wirklichkeit die Rotation



der Erde für einen Tag aufgehoben worden war, sogar dann wird man zugestehen müssen, dass der Naturforscher der Jetztzeit mehr Zurückhaltung beobachten darf und das Recht hat nach gültigeren Beweisen zu verlangen, als es die alten Juden in Anspruch nehmen konnten.

Es giebt eine wissenschaftliche Einbildungskraft, gerade wie es eine historische Einbildungskraft giebt; und wenn man mit Hülfe der Ersteren das Stillstehen der Erde sich vollständig vorzustellen sucht, so nimmt dieses Ereigniss derartige Proportionen an, dass der Glaube bei diesen Betrachtungen schwankend wird. Die dabei in Betracht kommende Energie ist gleich der Kraft von sechs Trillionen Pferden, welche während der ganzen Zeit, die Josua zur Zerstörung seiner Feinde brauchte, arbeitete. Die Menge von hierbei verbrauchter Kraft wäre genügend, um jedes Individuum in einer tausend mal stärkeren Armee als diejenige von Josua war, mit der tausendfältigen Kraft jener Krieger auszustatten, und zwar nicht nur auf die wenigen Stunden, welche zur Vertilgung von einer Hand voll Amoriter nöthig waren, sondern auf Millionen Jahre hinaus. Dieses ganze Wunder ist völlig mit Stillschweigen übergangen durch den heiligen Geschichtsschreiber, offenbar, weil er davon nichts wusste. Ob wir demnach das Wunder nur als eine blosse Demonstration, oder ob wir es als ein thatsächliches Mittel zur Rache ansehen, es bleibt dieselbe übertriebene Vergeudung von Kraft, welche dem Manne der Wissenschaft in die Augen fällt. Als blosse Demonstration war es verschwendet, weil die Israeliten die dabei in Betracht kommenden Verhältnisse gar nicht kannten; und als Mittel der Zerstörung betrachtet, kann man sich selbst das Verhältniss der verlorenen zu der wirklich angewendeten Kraft, aus vorstehenden Zahlen entnehmen.

Aehnliche Bemerkungen sind auch auf andere Wunder anzuwenden. Erheben wir unsere Gedanken von dem kleinen Sandkorne unserer Erde zu den unermesslichen Himmelsräumen, wo zahllose Welten mit Leben beladen, wahrscheinlich ungesehen, einander umkreisen, deren erwärmende Sonnen wir durch die Tiefen des Raumes kaum zu erkennen vermögen; bedenken wir, dass jenseits dieser Sonnen, die nur noch als Lichtpunkte sichtbar sind, unzählige andere Sonnen liegen mögen, deren Licht niemals unsern Sehnerv trifft, und bringen wir diese erhabenen Begriffe mit der Vorstellung zusammen, dass der Erbauer und Erhalter von alledem sich in einen feurigen Busch verwandeln oder sich in ähnlichen ihm zugeschriebenen Weisen betragen sollte, so werden wir leicht begreifen, wie erstaunlich eine derartige Ungeheuerlichkeit dem Manne der Wissenschaft erscheinen muss. Hätten wir es nur mit leichtgläubigen Erzählungen der Alten zu thun, wären diese nicht zugleich verknüpft mit Worten unvergänglicher Weisheit und mit Beispielen von moralischer Grösse, welche unerreicht dastehen in der Geschichte des Menschengeschlechtes, längst schon hätten sowohl die Wunder als deren Beweise aufgehört zu den Ueberlieferungen der verständigen Menschheit zu gehören. Unter dem Eindrucke erhabener Scheu, welche das Universum einflösst, können wir wohl im Geiste David's, wenn auch nicht in den Worten David's, ausrufen:

„Wenn ich sehe die Himmel, Deiner Finger Werk, den Mond und die Sterne, die Du bereitest; was ist der Mensch, dass Du sein gedenkest, und des Menschen Kind, dass Du Dich seiner annimmst.“

Wenn Sie mich fragen, wer die Aeusserungen der Kraft des Allmächtigen beschränken wolle, so erwiedere ich Ihnen: „Ich nicht“. — Wenn Sie mir sagen, dass

der Erbauer und Schöpfer des Weltalles durch Niemand daran verhindert werden könne, nach Belieben die Umdrehung der Erde anzuhalten oder sich in einen feurigen Busch zu verwandeln, so kann ich Ihnen in keiner Weise widersprechen. Ich stimme weder mit Ihnen noch gegen Sie; denn es ist ein Gegenstand, über welchen ich Nichts weiss. Allein ich bemerke Ihnen, dass in derartigen Fragen, welche die göttliche Allmacht betreffen, Sie nicht nach der Macht fragen, wie sie sich thatsächlich im Universum zeigt, sondern nach der Macht Ihrer eigenen Einbildungskraft. Ihre Frage lautet nicht: Hat der Allmächtige dies und jenes gethan? oder ist es im Geringsten wahrscheinlich, dass der Allmächtige dies oder jenes gethan habe? sondern sie lautet: Ist meine Einbildungskraft im Stande, sich ein Wesen vorzustellen, das dies oder das zu thun vermöchte oder zu thun Willens wäre? Ich werde Ihre Competenz nicht im Geringsten bestreiten. Der menschliche Geist besitzt eine Fähigkeit die Gegenstände, welche ihm seine Sinne oder sein Bewusstsein offenbaren, zu vergrössern oder zu verkleinern, sie zu verzerren und unendlich zu combiniren. Er kann sich eine Maus von der Grösse eines Elephanten, einen Elephanten von der Grösse eines Berges und einen Berg bis an die Sterne reichend denken. Er kann Zusammengehöriges trennen und Unzusammengehöriges zusammenfügen. Wir sehen einen Fisch und sehen ein Weib; wir können von Jedem die Hälfte weglassen, und in Gedanken die beiden andern Hälften zu einer Seejungfrau vereinen. Wir sehen ein Pferd und sehen einen Mann; wir können von Jedem die Hälfte weglassen, und einen Centauren aus den andern beiden Hälften machen. Ebenso sind die malerischen Darstellungen der Gottheit, die Körper und Schwingen der Cherubim und Seraphim, die Hufen, die Hörner und

der Schweif des Satans, die Qualen der Verdammten, wie die Freude der Seeligen hervorgegangen aus dem Materiale, welches der Einbildungskraft durch die Sinne geliefert wurde. Aber es ziemt Ihnen und mir danach zu trachten, dass unsere Vorstellungen von der Macht, welche das Universum regiert, nicht blosse phantastische oder ignorante Erweiterungen der menschlichen Macht seien. Die Fähigkeiten von dem, was Sie Ihre Vernunft nennen, bestreitet Niemand. Mit Hülfe der besagten Fähigkeit, welche man die mythologische Einbildungskraft nennen könnte, können Sie sich ein Wesen ausmalen, das alles und jedes Denkbare auszuführen im Stande ist. Sie haben Recht, wenn Sie sagen, dieser Kraft gegenüber vermöge die Wissenschaft nichts. Herr Mozley würde sie „eine Waffe aus Luft“ nennen. Der Mann der Wissenschaft aber würde vielleicht das Gleichniss annehmen, es jedoch umkehren, in der Meinung, dass nicht die Wissenschaft das Luftgebilde ist, sondern vielmehr jenes substanzlose Product der Einbildungskraft, dem die Wissenschaft als das wohlgegründete gegenübertritt.

---

# Kritische Beilage

von

H. Helmholtz.

---

## Zöllner contra Tyndall.

Da Herr Tyndall für uns nur als wissenschaftlicher Schriftsteller in Betracht kommt, so ist die Hauptfrage die, ob sein Kritiker irgend welche erhebliche Irrthümer oder Leichtfertigkeiten in den von ihm hingestellten wissenschaftlichen Sätzen nachzuweisen im Stande ist. Aber trotzdem ein ganzer Abschnitt des Buches mit 70 Seiten Text und weitläufigen psychologischen Erörterungen seiner Verurtheilung gewidmet ist, und ausserdem noch viele entsprechende Behauptungen, die durch das ganze Buch zerstreut sind, habe ich von Einwänden gegen die wissenschaftlichen Sätze des englischen Autors Nichts weiter gefunden, als was gegen eine von ihm vorgeschlagene neue Hypothese über die Natur der Kometenschweife gesagt ist, die einen Anhang zum letzten Capitel des Buches über die Wärme (dritte Auflage) bildet. Herr Tyndall hatte interessante neue Thatsachen entdeckt, die in dem genannten Capitel beschrieben sind. Sonnenstrahlen, welche durch gewisse sehr verdünnte Dämpfe kohlenstoffhal-

tiger Substanzen gehen, zersetzen diese, so dass feinste flüssige Theilchen sich ausscheiden, und einen höchst durchsichtigen Nebel bilden, der beleuchtet von Sonnenlicht ein ähnliches Ansehen und ähnliche Erscheinungen der Polarisation des Lichts zeigt, wie sie an den Schweifen der Kometen beobachtet sind. Herr Tyndall nennt diese durch chemisch wirkende (actinische) Strahlen ausgeschiedenen Nebel actinische Wolken, und stellte sich die Frage, ob nicht die Kometenschweife, deren Erscheinungen in vieler Beziehung noch räthselhaft sind, actinische Wolken sein könnten.

Da er selbst nicht Astronom ist, so benutzte er die Gelegenheit eines Vortrags in der Philosophical Society in Cambridge, zu der einige der bedeutenderen Englischen Astronomen gehören, seine Gedanken darüber vorzutragen und fand gute Aufnahme oder wenigstens keinen entschiedenen Widerspruch. Dies veranlasste ihn einen kurzen Abriss jenes Vortrags auch als Anhang zu dem betreffenden Capitel der Wärmelehre abdrucken zu lassen. Uebrigens trägt er diese seine Ansicht durchaus nur als eine mögliche Anwendung der gefundenen Thatsachen vor, als eine Hypothese, von der er glaube, „dass sie einen Keim von Wahrheit enthalte.“

Da sich Herr Tyndall hierbei nirgends für einen Kenner der astronomischen Verhältnisse ausgiebt, im Gegentheil berichtet, dass er Rath von Astronomen zu gewinnen gesucht habe, so muss ich gestehen, könnte ich sein Verfahren nicht tadelnswerth finden, selbst wenn sich herausstellen sollte, dass seine Hypothese sich mit manchen an älteren und neueren Kometen gemachten astronomischen Erfahrungen nicht vereinigen lasse. Jemand der sich mit diesem Gegenstande eingehend beschäftigt, die astronomische Literatur durchstudirt, oder selbst Kometen beobachtet hat, möchte vielleicht augenblicklich im Stande gewesen sein zu erklären, dass und warum Tyndall's Erklärung den am Himmel beobachteten Thatsachen gegenüber nicht ausreiche, ohne dass man dem Physiker, der nur als solcher eine ihm plausibel erscheinende, auf neu entdeckte Thatsachen gestützte Hypothese vorträgt, daraus billiger Weise einen schweren Vorwurf machen dürfte. Nur in dem Falle

würde er einen solchen verdienen, wenn er Widersprüche und nachweisbar unrichtige Sätze in dem physikalischen Theile seiner Theorie vorgetragen hätte. Dies hat Herr Zöllner allerdings in diesem Falle nachzuweisen gesucht; ich muss aber behaupten, dass ihm dieser Nachweiss misslungen ist.

Die Tyndall'sche Hypothese ist, dass der Schweif der Kometen nicht, wie es Olbers und Bessel angenommen hatten, aus Theilchen bestehe, die von dem Kometen auströmen, sondern dass diese an Ort und Stelle, wo sie sichtbar würden, durch die actinischen Strahlen der Sonne aus den Dämpfen einer in höchst geringer Menge durch den Welt-raum verbreiteten Substanz solcher Art, wie er sie in den erwähnten Versuchen gebraucht hatte, niedergeschlagen seien. Die Möglichkeit eines solchen Niederschlags erklärt er durch die weitere Annahme, dass der Kern des Kometen von einer Dunsthülle umgeben sei (die übrigens selbst das Material für actinische Wolkenbildung enthalten muss), welche die wärmenden Strahlen der Sonne in stärkerem Maasse absorbire, als die actinischen.

Wenn man nun, erstaunt über die strenge Verurtheilung von Herrn Tyndall's wissenschaftlichem und sittlichem Charakter, wozu die Berechtigung hauptsächlich aus seiner Kometentheorie hergeleitet werden soll, nachsieht, was sein Gegner eigentlich an dieser zu tadeln hat, so findet man zunächst (S. 171, und an mehreren anderen Stellen) die Behauptung, schon im Voraus sei die Tyndall'sche Theorie durch Olbers' und Bessel's Arbeiten widerlegt. „Denn das für eine physische „Theorie der Kometen wesentliche Resultat jener beiden Arbeiten reducirt sich einfach auf den Inhalt des folgenden „Satzes: Die Dunsthüllen und Schweife der Kometen „bestehen aus discreten Theilen, welche sich unter „dem Einfluss der Repulsivkraft der Sonne und des „Kernes nach bekannten mechanischen Gesetzen be- „wegen.“ Nun liegt es in der Natur der Sache, dass die genannten beiden Astronomen besten Falls nichts anderes bewiesen haben können als dieses: „Die Dunsthüllen und Schweife der Kometen zeigen eine Form und Lage, wie

sie entstehen würde, wenn diese Hüllen aus discreten Theilchen gebildet wären, welche u. s. w.“ Das kann doch offenbar Niemanden hindern, die Frage zu stellen, ob nicht auch durch eine andere Voraussetzung die Form und Lage der Schweife erklärt werden könne! Von den Beobachtungsthatsachen beabsichtigt Herr Tyndall keine zu leugnen; dass aber die Schweiftheilchen des Kometen vom Kerne ausgeströmt seien, ist nicht Beobachtungsthatsache, sondern Hypothese. Ich will gar nicht leugnen, dass auch ich Bessel's Hypothese für einen glücklichen Griff halte und für diejenige, welche unter allen bisher aufgestellten Hypothesen über die Kometenschweife am meisten geleistet hat. Aber man vergesse doch nicht, dass über ihre Uebereinstimmung mit den Thatsachen auch ein Deutscher, der als Anhänger jener Hypothese und als sachverständiger und selbständiger Beobachter jedenfalls Vertrauen verdient, nämlich Herr Winnecke, sich nur mit der vorsichtigsten Zurückhaltung (s. Zöllner, Kometentheorie S. 272) ausdrückt.

Von Jemandem, der in der Erkenntnistheorie sich selbst einigen der ausgezeichnetsten Naturforschern so überlegen dünkt, wie es Herr Zöllner thut, hätten wir eine sorgfältigere Scheidung dessen, was bewiesen, und dessen, was nur Hypothese ist, wohl erwarten dürfen.

Ogleich Herr Zöllner anfangs erklärt hat, dass nach den Arbeiten von Bessel eine Widerlegung der Tyndall'schen Hypothese nicht nöthig sei, hat er doch auch eine solche zu geben versucht, um sie zu einer „moralischen Vivisection“ zu benutzen, wie er selbst sein Verfahren zu bezeichnen liebt. Ich übergehe eine etwas pedantische Berechnung, welche darthun soll, dass Tyndall vier Hypothesen gemacht habe, um zwei Thatsachen zu erklären, gegen welche Rechnung sich mancherlei einwenden liesse, auf die indessen der Leser schwerlich viel Gewicht legen wird. Die Hauptsache ist, dass von diesen vier Hypothesen, wenn Tyndall sie wirklich gemacht hätte, oder zu Gunsten seiner Theorie machen müsste, gewisse Punkte der dritten, und die vierte allerdings physikalisch unzulässig sein würden.



In Bezug auf die dritte Hypothese, wonach die calorischen Strahlen stärker als die actinischen in der hypothetischen Dunsthülle des Kometenkopfes absorbirt werden, klagt Herr Zöllner den englischen Autor an übersehen zu haben, dass die actinisch wirksamen Strahlen, wo sie eine Wirkung ausübten, nothwendig ebenfalls absorbirt werden müssten. Hätte sich Herr Zöllner, ehe er das Messer zur Vivisection anzusetzen eilte, wenigstens die Mühe genommen, das Capitel des Buches durchzulesen, welches die von seinem Opfer neu entdeckten Erscheinungen beschreibt, und als dessen Anhang die darauf gebaute Kometentheorie abgedruckt ist, so würde er gefunden haben, wie Herr Tyndall in §. 744 dieses Capitels die fragliche Absorption selbst beobachtet und durch Versuche nachgewiesen hat!

Ausserdem hat Letzterer gar nicht behauptet, dass die kurzwelligen actinischen Strahlen die Dunsthülle des Kometenkopfes ganz unvermindert durchliefen, sondern nur, dass sie weniger absorbirt würden, als die langwelligen calorischen Strahlen. Dass übrigens viele Dünste calorische Strahlen selbst bei hohen Verdünnungsgraden ausserordentlich stark absorbiren, hat er anderweitig in mannigfaltig abgeänderten Versuchen gezeigt.

Dadurch erledigt sich nun auch die angebliche vierte Hypothese, die Herr Zöllner aufzählt, es müsse sich nämlich „der actinischen Wirkung des Lichts gegenüber Kern- und Halbschatten eines absorbirenden Mediums umgekehrt „wie jeder andern Wirkung des Lichts gegenüber verhalten, „die von Intensitätsunterschieden abhängig ist.“ Er behauptet dies, weil in den Kometenschweiften nicht der Kernschatten den dichtesten Nebel enthält, sondern dessen Umfang, wo der Halbschatten liegt. Sobald aber die Dunsthülle die actinischen Strahlen überhaupt absorbirt, wenn auch weniger als die dunklen Wärmestrahlen, so könnten dennoch beide Arten von Strahlen vollständig absorbirt sein, ehe sie die Dunsthülle längs eines ihrer Durchmesser durchstrahlt hätten, und würde alsdann der Niederschlag in dem Centrum des Schattens fehlen, wie es in der Regel der Fall ist.

Jedenfalls muss ich behaupten, dass die physikalischen Annahmen der Tyndall'schen Hypothese in keiner Weise als unsinnig oder unzulässig bezeichnet werden können, und also auch in keiner Weise das Recht geben, den wissenschaftlichen Charakter der Arbeiten ihres Autors zu verdächtigen; im Gegentheil scheint mir unzweifelhaft, dass eine solche Hypothese wohl im Stande wäre, das Auftreten von nebligen Massen zu erklären, die in Form und Lage den Schweifen mancher Kometen ziemlich ähnlich wären, und wie diese einen rundlichen Kopf und kegelförmigen Schweif, letzteren am Umfang heller als in der Mitte hätten. Aber, dass diese nebligen Schattenkegel eine strenge Confrontation mit allen beobachteten Kometen oder genauen Abbildungen derselben aushalten würden, scheint auch mir zweifelhaft. Ich selbst möchte daher keineswegs die Tyndall'sche Hypothese als besonders wahrscheinlich empfehlen. Herr Zöllner hat immerhin einige Punkte angerührt, die zwar nicht die Unsinnigkeit oder Unmöglichkeit derselben erweisen, aber doch Zweifel gegen ihre Wahrscheinlichkeit erregen. Nämlich, erstens müsste die Nebelhülle des Kometen in ihren Hauptumrissen die Form der absorbirenden Dunsthülle des Kerns und ihres Schattenkegels haben. Wenn man nun genaue Abbildungen von Kometen, wie sie auch Herr Zöllner in seinem Buche zusammengestellt hat, betrachtet, so sind in der That manche dabei, die man sich nicht als Schattenkegel einer ihren vorderen Theil ausfüllenden Dunstmasse vorstellen kann. Bald sind die Schweife zu stark seitwärts gerichtet, bald anfangs schmal und in grösserer Entfernung sich fächerförmig entfaltend u. s. w. Ich halte es für unwahrscheinlich, dass solche Formen durch irgend welche Annahmen über verschiedene Stärke der Absorption für die verschiedenen Theile des Sonnenspectrum in verschiedenen Theilen jener Dunsthülle und der actinischen Wolke erklärt werden könnten. Aber definitiv entscheiden kann darüber vielleicht erst eine genaue mathematische Discussion des Ganges der Lichtstrahlen.

Zweitens steht die physikalische Annahme, dass die actinischen Strahlen von den niederzuschlagenden Dämpfen, die

sie schon auf dem Wege von der Sonne bis zum Kometen passirt haben, erst da absorbirt werden, wo der Mangel an calorischen das Entstehen des Niederschlags erlaubt, und nicht schon vorher, so viel ich weiss, ohne Analogie unter den bisher beobachteten physikalischen Thatsachen da, und ist mit der übrigen sehr wahrscheinlichen Theorie des Mitschwingens der Molekeln bei den Erregungen durch Lichtoscillationen schwer zu vereinigen. Ich würde mich also ohne den thatsächlichen Nachweis, dass dieses Verhältniss bei irdischen Körpern vorkommt, bedenken jene Annahme zu machen. Indessen ist Herr Tyndall unter den Physikern Europas bei Weitem der beste Kenner gerade dieser Verhältnisse, und er wird am besten im Stande sein, herauszufinden, ob so etwas möglich ist. Auch diese Annahme mag für unwahrscheinlich erklärt werden; unmöglich oder widersinnig kann man sie nicht nennen. Wenn nun gegen den sachlichen Inhalt der langen Reihe von wissenschaftlichen Arbeiten und populären Darstellungen, die Herr Tyndall veröffentlicht hat, nichts weiter vorzubringen ist, als dass er bei einem gelegentlichen astronomischen Excurse nicht die Kenntnisse eines Astronomen gezeigt haben mag, so scheint mir, ist kein Recht da, ihm den Vorwurf wissenschaftlicher Leichtfertigkeit ins Gesicht zu werfen; wenigstens Herr Zöllner würde sehr wohl gethan haben, ehe er es that, an die Parabel vom Splitter und vom Balken zu denken.

Was dann den zweiten Hauptvorwurf betrifft, nämlich den der Eitelkeit, so sind dabei glücklicher Weise keine langen Auseinandersetzungen nöthig, da der Leser in den Tyndall'schen Büchern die Corpora Delicti vor sich hat, und vollkommen im Stande ist, sich selbst ein Urtheil zu bilden. Ich glaube, dass Herr Tyndall demselben ruhig entgegen sehen kann.

Uebrigens ist es unmöglich einen Gelehrten, einen Schriftsteller oder überhaupt irgend einen Mann, der für ideelle Zwecke arbeitet, vor dem Vorwurf der Eitelkeit solchen Leuten gegenüber zu schützen, die kein Verständniss für jene Zwecke haben. So ist auch Herrn Zöllner's Hauptbeweis für die Eitelkeit des englischen Autors immer wieder der Umstand,

dass dieser populäre Vorlesungen hält, und zwar oft und gern, und dass er dabei grossen Beifall findet. Nach Herrn Zöllner's Ansicht kann sich ein Mann, der zu originaler wissenschaftlicher Arbeit fähig ist, jener Beschäftigung aus keinem andern Beweggrunde als aus Sucht nach Ruhm oder nach Gelde hingeben, und der Beifall, den der Redner etwa findet, muss nach der Vorstellung unseres Kritikers unwiderstehlich moralische Verderbniss herbeiführen.

Ich will durchaus nicht leugnen, dass hier eine Gefahr besteht, und populäre Vorlesungen, namentlich vor einem Publicum, was noch nicht viele gehört hat, von geschickten Phrasenmachern leicht zu persönlichen Zwecken missbraucht werden können. Aber *Abusus non tollit usum*, und ich kann auch hier den Beweis a priori, von der Möglichkeit schlimmer Wirkungen auf ihre Wirklichkeit, nicht zulassen.

In der That hat sich Herr Zöllner bemüht, den Beweis auch a posteriori durch zwei Beispiele aus Herrn Tyndall's Büchern zu vervollständigen (auf Seite LV der Einleitung und Seite 224). Die eine dieser Stellen kommt in der Gedenkschrift auf Faraday vor, bei der Beschreibung von Tyndall's letztem Zusammentreffen mit seinem grossen Vorgänger und Freunde kurz vor dessen Tode: „Es war mein Streben „und mein Wunsch, die Stelle Schiller's bei diesem „Goethe einzunehmen: und er war zu Zeiten so freudig und „kräftig, körperlich so rüstig und geistig so klar, dass mir oft „der Gedanke kam, auch er werde, wie Goethe, den jünger „ren Mann überleben.“

Unsere Väter und Grossväter pflegten, wenn sie von ihren Freundschaften redeten, sich wohl gelegentlich mit Orestes und Pylades zu vergleichen. Es ist ihnen dabei schwerlich je in den Sinn gekommen, sich damit auch die übrigen Eigenschaften gepriesener Heroen beilegen zu wollen. Wenn also Herr Tyndall sich und seinen älteren Freund, als zwei in gleicher geistiger Arbeit eng verbundene Männer in Bezug auf das frühere Sterben des einen oder andern mit den beiden Deutschen Dichtern vergleicht, so scheint mir dies noch nicht im Entferntesten die Deutung zu berechtigen,

als wolle er für sich selbst damit die geistige Bedeutung Schiller's in Anspruch nehmen. Ausserdem ist zu bemerken, dass wir einen Dichter, der in fremder Sprache geschrieben hat, zwar bis zu einem gewissen Grade verstehen und bewundern können, aber doch kaum je ein so unmittelbares Gefühl seiner Grösse haben werden, wie die, die seine Sprache reden. Dies sind so nahe liegende und einfache Ueberlegungen, dass ich mich geschämt haben würde, sie etwa in einer Anmerkung zu der betreffenden Stelle den Lesern der Uebersetzung, die ich mir als verständige Leute vorgestellt habe, aufzutischen. Herr Zöllner freilich behauptet: „wenn man solche Stellen kritiklos in deutschen Uebersetzungen wiedergiebt, so verletzt man dadurch den gesunden Sinn unseres Volkes, und gewöhntes an die Betrachtung von Reden und Handlungen einer bis zur Carricatur getriebenen Eitelkeit, wie sie nur als Krankheitssymptome bei einem Volke auftreten können, welches, von der Höhe des Newton'schen Zeitalters gesunken, mit Riesenschritten seinem wissenschaftlichen Verfall entgegengeht u. s. w.“

Das zweite Beispiel ist aus dem Originale des vorliegenden Bandes entnommen, und betrifft den Bericht über die spiritistische Sitzung (Seite 550 bis 564), welcher Herr Tyndall beigewohnt hat. Ich setze Herrn Zöllner's Darstellung derselben wörtlich hierher, sie ist zu charakteristisch für die Art der Polemik, welche er seinen Gegnern gegenüber für erlaubt hält. „In seinem neuen Buche — beschreibt Professor Tyndall — seine persönliche Theilnahme am Tischrücken und Geisterklopfen. Die Geister werden gefragt, unter welchem Namen Herr Tyndall in der himmlischen Welt bekannt sei. Um das Pochen der Klopfgeister aber besser beobachten zu können, kriecht Professor Tyndall unter den Tisch, an welchem sich die übrige Gesellschaft der Tischrücker befindet. In dieser unbequemen Position verharrt Herr Tyndall mehr als eine Viertelstunde. Endlich werden die Geister wieder gesprächig und bezeichnen Herrn Tyndall als den „Dichter der Wissenschaft.““ Mit Rücksicht auf die obige Kniescene meinen die Geister jedenfalls Schiller.“

„Selbstzufrieden kriecht Professor Tyndall wieder aus seinem Versteck unter dem Tische hervor und ruft triumphierend aus: „Das also ist das Resultat eines von einem Manne der Wissenschaften ausgeführten Versuchs, um einen Blick in diese geisterhaften Phänomene zu thun!““

Sollte man nicht meinen, wenn man diesen Bericht liest, Herr Tyndall glaube an die Existenz der Klopffeister und an deren höhere Einsicht, er sei stolz auf die von ihnen vorgebrachte Prophezeiung. Und ich weiss, dass dies der Eindruck gewesen ist, den diese Stelle des Zöllner'schen Buches auf Naturforscher gemacht hat, die den Originaltext nicht kannten, und verwundert fragten, was man davon denken solle. Hier ist kein Wort davon erwähnt, dass Tyndall eine Reihe von Thatsachen anführt, die keinen Zweifel darüber lassen, wie einer der anwesenden Herren und ohne Zweifel auch das „Medium“ wissentlich betrügen, dass das Klopfen aufhört, so lange er selbst unter dem Tische sitzt, und Alles genau beobachten kann, dass die andere Gesellschaft aus kritiklos Gläubigen besteht u. s. w. Wenn also Herr Tyndall schliesslich berichtet, wie diese Menschen, die er als Betrüger erkannt und dem Leser geschildert hat, ihn dadurch zu ködern suchen, dass er als der „Poet of Science“ verkündet wird, so kann er dies doch in keiner anderen denkbaren Absicht beigebracht haben, als um die plumpe und unverschämte Art der Schmeichelei zu charakterisiren, mit der diese Wunderthäter sich ihre Gläubigen zu fangen suchen!

So viel über diese Anklagen gegen Herrn Tyndall. Was dem Einen Recht ist, ist dem Andern billig. Herr Zöllner hat die ausgesprochene Absicht gehabt, durch seine Kritik das Vertrauen auf Herrn Tyndall's wissenschaftlichen Charakter zu zerstören. Dass er nicht sehr bedenklich in der Wahl seiner Angriffsmittel war, wird das Vorausgehende gezeigt haben.

Ich kann unter diesen Umständen die Bemerkungen nicht zurückhalten, die sich mir aufdrängten, da ich bei dieser Gelegenheit Herrn Zöllner's eigene Kometentheorie durchzusehen gezwungen war.

Derselbe schliesst sich im Wesentlichen der von Bessel aufgestellten Hypothese an, wonach die Kometenschweife aus Theilchen träger Masse bestehen, die vom Körper des Kometen sich ablösen und von der Sonne abgestossen und fortgetrieben werden. Schon Bessel hat die Vermuthung ausgesprochen, die abstossende Kraft könnte elektrischer Natur sein. Herrn Zöllner's Bestreben ist, eine plausible Hypothese über die Quelle der Elektrisirung aufzustellen und nachzuweisen, dass die von ihm angenommenen elektrischen Kräfte zureichen, um die ungeheuren Geschwindigkeiten hervorzu bringen, welche man nach der Bessel'schen Hypothese der Schweifmaterie zuschreiben muss.

Die Kometen sind nach ihm flüssige Massen, deren Dunsthülle sich unter dem Einfluss der Sonnenwärme „durch einen permanenten Verdampfungs- und Siedeprocess in Form von Blasenentwicklung aus dem Innern von Flüssigkeit erzeugt“ (S. 112). Nicht aber der Process des Verdampfens soll die Elektrizität entwickeln, sondern, wie ganz besonders hervorgehoben wird, nur das mechanische Zerreißen von Flüssigkeitstheilchen. Als Belege werden dann eine Reihe Beobachtungen (genommen aus Riess Lehre von der Reibungselektricität) angeführt, die von verschiedenen Beobachtern an dem Wasserstaube, der sich von Wasserfällen und Wasserstrudeln losgelöst hat, gemacht wurden.

Wenn nun tropfbares Wasser von tropfbarem Wasser sich trennt, also Gleich von Gleich, warum soll denn dieser Theil positiv und jener negativ elektrisch werden? Bei dem grossen Gewicht, was Herr Zöllner auf vermeintliche logische Fehler der von ihm Angegriffenen legt, muss ich darauf aufmerksam machen, dass diese seine eigene Annahme einen viel entschiedeneren logischen Fehler enthält, als alle die sind, welche ihr Autor bei seinen Gegnern zu entdecken glaubt, indem dieselbe offen den Satz vom zureichenden Grunde verletzt.

In den von Riess citirten Beispielen fehlt es nun allerdings nicht an zureichenden Gründen ganz anderer Art für die Elektrisirung des Wassers, die eine so unlogische Hypo-

these, wie sie Herr Zöllner hinstellt, vollkommen unnöthig machen. Theile des fallenden Wassers werden gegen die Felsen gepeitscht und durch Reibung oder einen der Reibung ähnlichen Process elektrisirt. Wie wirksam ein solcher sei, zeigt die gewaltige Wirkung von Faraday's Dampfelektrisirmaschine, welche nachweisbar davon herrührt, dass dem Dampf beigemischte Wassertröpfchen gegen das Metall der Ausgangsöffnung geschleudert werden. Zweitens wirkt auf zerstäubendes Wasser die atmosphärische Elektricität vertheilend ein, die losgelösten Tropfen sind isolirt und führen die aufgenommene Elektricität mit fort nach Orten, wo die vertheilende Wirkung der atmosphärischen Elektricität eine andere ist, und die Elektricität des Tropfens ganz oder zum Theil als freie wirkt.

Dass dies letztere nicht nur Hypothese, sondern ein wirklich stattfindender Vorgang sei, zeigt Herrn W. Thomson's Water-dropping-collector, ein Instrument, wo durch abtropfendes Wasser die vertheilende Wirkung, sei es der atmosphärischen, sei es anderer benachbarter Elektricität an der Stelle, wo die Tropfen abreißen, gemessen wird. Der Gebrauch dieses Instruments zeigt überdies, wenn dies zu zeigen noch nöthig sein sollte, dass das blosse Abreißen eines Tropfens von einem Wasserstrahl keine mit den empfindlichsten elektrischen Messwerkzeugen wahrnehmbare Spur von Elektricität hervorbringt, und gerade Herr W. Thomson ist es gewesen, der die bedeutendsten Fortschritte in Bezug auf die Empfindlichkeit und Brauchbarkeit der Elektrometer gemacht hat. Im Gegentheil sind die allerschwächsten äusseren elektrischen Einwirkungen auf die sich lösenden Wassertropfen durch die Elektrisirung ihrer selbst und des Gefäßes, aus dem sie kommen, leicht zu erkennen. Wäre Herr Zöllner gegen sich selbst eben so streng in seinen Anforderungen über Kenntniß der Literatur, wie er es gegen die Engländer ist, so würde er diese wichtigen Arbeiten, welche sein Thema unmittelbar berühren, wohl besser gekannt haben.

Wir dürfen also wohl behaupten, dass Herrn Zöllner's



Hypothese über die Quelle der Kometenelektricität logisch unzulässig, und factisch unrichtig ist.

Dann folgt Seite 114 eine Erklärung des Eigenlichts der Kometen. „Denken wir uns die Zahl der feinen Wassertheilchen bei gleicher Dichtigkeit der Elektricität an ihrer Oberfläche in demselben Verhältnisse vergrößert, als die Masse jedes einzelnen sich verkleinert, so kann die Dicke der elektrisch leuchtenden Schicht bei constanter Masse des Wassergehalts ausserordentlich vergrößert, und dadurch die Helligkeit beträchtlich erhöht werden u. s. w.“

Jeder Physiker wird sich vielleicht sträuben, diese Stelle so zu verstehen, wie sie schliesslich verstanden werden muss, wenn sie irgend einen Sinn haben soll. Ich finde keine andere Deutung, als die: Herr Zöllner hält die einen elektrisirten Wassertropfen überziehende elektrische Schicht für ein leuchtendes Fluidum. Jede einzelne Schicht dieser Art ist freilich nach seiner Meinung zu schwach leuchtend; wenn aber viele hinter einander liegen bei hinreichender Zertheilung der Wasserstäubchen, dann wird das Licht sichtbar! Wir haben bisher wohl gewusst, dass Elektricität, welche durch Gase oder Dämpfe strömend sich bewegt, ihre Leiter glühend und leuchtend macht. Aber für ihre Strömung durch die Dämpfe des Kometenschweifes hin ist es offenbar ganz gleichgiltig, ob sie von wenigen oder vielen Wassertheilchen ausgegangen ist. Ausserdem ist es nothwendiges Erforderniss der vorgetragenen Theorie, dass die Elektricität an den Theilchen, seien es Tropfen oder Dünste, die sie fortreiben soll, haftet, ohne sie verlassen zu können. Die Meinung aber, dass die an einem elektrisirten Tropfen haftende elektrische Schicht irgend welchen, noch so schwachen Grad des Leuchtens haben könne, ist ein Verstoss gegen das Gesetz von der Erhaltung der Kraft; denn Licht aussenden, heisst Arbeitsäquivalente ausgeben. Und das Gesetz von der Erhaltung der Kraft betrachtet Herr Zöllner doch an anderen Stellen seines Buches als richtig, wenigstens wo er es den von ihm Angegriffenen gegenüber glaubt anwenden zu können.

Dann folgt (S. 121 bis 124) die Rechnung, welche die Hauptschwierigkeit der Bessel'schen Kometentheorie beseitigen und zeigen soll, dass selbst so mässige elektrische Kräfte, wie sie die Elektrizität unserer Atmosphäre erzeugt, die ungeheuren Geschwindigkeiten der Kometenschweif hervorbringen können, deren Theilchen einem schon von Newton beobachteten Beispiele zufolge in zwei Tagen 60 Millionen Meilen durchlaufen mussten, wenn der Schweif überhaupt aus solchen, vom Kometen ausströmenden Theilchen zusammengesetzt war. Herr Zöllner unternimmt es zu erweisen, „dass es vollkommen genügt der Sonnenoberfläche selbst quantitativ nur diejenigen elektrischen Eigenschaften beizulegen, welche man durch directe Beobachtungen an der Erdoberfläche nachzuweisen im Stande ist.“

Zu dem Ende wird eine absolute Messung der Luftpolektrizität benutzt, welche Herr Hankel an einem heitern Nachmittage auf einem Felde bei Leipzig angestellt hat. „Als Einheiten der Länge, Masse und Zeit nimmt Hankel das Millimeter, das Milligramm und die Secunde an.“ Und nach Herrn Zöllner's Angabe hat er „die Intensität der Luftpolektrizität nach absolutem Maasse gemessen und in den angegebenen Einheiten gefunden  $\epsilon_1 = 70930$ , d. h. die bewegende Kraft der Luftpolektrizität war an jenem Nachmittage so gross, dass einer kleinen Kugel von der Masse eines Milligrammes unter dem Einflusse dieser Kraft in einer Secunde eine mehr als 7 Mal grössere Beschleunigung, als durch die Schwere ( $g = 9809$ ) ertheilt werden konnte.“

Was Herr Hankel wirklich gemessen hat, hat derselbe vollkommen klar auseinandergesetzt. Sein Resultat <sup>1)</sup> ist, dass die elektrische Anziehungskraft, welche die Luftpolektrizität an jenem Tage in der Nähe der Erde ausübte, eben so gross war, wie die, welche eine Kugel, geladen mit 70930 Einheiten positiver Elektrizität in der Entfernung von einem Meter (!) ausübt. Da ein Meter gleich 1000 Millimeter ist, die elektrische Kraft umgekehrt dem Quadrat der Entfernung

<sup>1)</sup> Abhandlung der mathematisch physik. Classe der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaft, Bd. III, S. 593.

abnimmt, und 1000 Mal 1000 gleich einer Million ist, so hatte die elektrische Kraft an jenem Beobachtungstage den von Herrn Zöllner angegebenen Werth, aber dividirt durch eine Million! Hätten also die Grundlagen der Zöllner'schen Rechnung überhaupt einen richtigen Sinn, so würde das Resultat nicht das sein, dass eine Kugel von  $\frac{1}{100}$  Milligramm unter den Bedingungen, die er annimmt, in zwei Tagen einen Weg von mehr als 70 Millionen Meilen zurücklegte, sondern dass sie überhaupt auf der Sonne liegen bleiben würde, da ihre Schwere dann immer noch 33000 Mal grösser wäre als die elektrische Abstossungskraft!

Ich muss aber noch weiter gehen, und behaupten, dass die Grundlagen der Zöllner'schen Rechnung gar keinen physikalisch richtigen Sinn haben, und auf einem vollständigen Missverständniss dessen beruhen, was Herr Hankel beobachtet hat. Dieser hat allerdings das Milligramm, das Millimeter und die Secunde als die Maasseinheiten seiner Messung zu Grunde gelegt; aber die von ihm gefundene elektrische Kraft ist nicht die, welche auf ein Milligramm schwerer Masse (Luft in der Zöllner'schen Rechnung) wirkt, sondern es ist diejenige, welche auf die Einheit des elektrischen Quantum wirkt. Diese Einheit des elektrischen Quantum ist aber ganz etwas Anderes als das Milligramm, obgleich sie in der von Hankel recipirten Gauss'schen Definition mit einer Beziehung auf das Milligramm festgestellt wird. Sie ist nämlich definirt als dasjenige Quantum von Elektrizität, welches in der Einheit der Entfernung (1 Millimeter) das gleiche Quantum mit der Einheit der Kraft abstösst, das heisst mit derjenigen Kraft, welche einem Milligramm schwerer Masse in der Einheit der Zeit (Secunde) die Einheit der Geschwindigkeit (1 Millimeter per Secunde) ertheilt. Die ganze Rechnung, welche Herr Zöllner angestellt hat, würde, abgesehen von dem gerügten Rechnungsfehler, also überhaupt einen Sinn nur dann haben, wenn Herrn Hankel's Versuche gezeigt hätten, dass jedes Milligramm Luft mit der Einheit des elektrischen Quantum beladen gewesen sei. Davon ist aber nicht im Entferntesten die Rede, ja die ganze Beobachtung ist über-

haupt gar nicht geeignet irgend welche Elektrisirung der Luft anzuzeigen. Die wirksame Elektrizität kann vielmehr ganz und gar dem Erdboden angehört haben, oder vielleicht auch theilweise den Wolken und den verschiedenen Schichten der Atmosphäre; darüber lehrt die Hankel'sche Beobachtung absolut nichts. Nur über die Elektrisirung der Erdoberfläche und der an ihr liegenden leitenden Körper lehrt sie etwas. Am Erdboden selbst musste jede Kreisfläche von 4 Millimeter Durchmesser ein elektrisches Quantum enthalten, welches jenem oben angegebenen Werthe der Kraft gleich war, nämlich (unter Verbesserung des Rechnungsfehlers) 0.07093. Ein Leiter also, der sich von dem so elektrisirten Boden loslöst, könnte elektrisirt sein, und wenn Herr Zöllner diesen Weg, welcher physikalisch berechtigt gewesen wäre, eingeschlagen hätte, so würde er mit Hilfe seines Rechnungsfehlers sogar noch viel staunenswerthere Resultate erhalten haben, als nach der von ihm beliebten Weise.

Ich gebe es auf zu errathen, in Folge welcher Gedankenverbindung Herr Zöllner in das Volumen von einem Milligramm Luft später nur noch  $\frac{1}{100}$  Milligramm zu setzen sich erlaubt, als ob nicht die Luft, sondern die Raumvolumina elektrisch geladen wären.

Unser Kritiker hat später eingesehen, dass etwas in seiner Rechnung nicht in Ordnung war; er erkennt an<sup>1)</sup>, dass der erlangte Werth mit „Berücksichtigung einer hierbei willkürlich vorausgesetzten Constanten noch ausserordentlich „reducirt werden muss.“ Diese „Constante“ (!) meint offenbar den Betrag der Ladung jedes Milligramms oder  $\frac{1}{100}$  Milligramms Luft, bestehend in einer Million elektrostatischer Einheiten. Wir wollen die Folgerungen aus dieser allerdings vollkommen „willkürlichen“ Voraussetzung nicht weiter untersuchen, und nicht fragen, was geschehen würde, wenn jedes Milligramm Luft seine Nachbarn mit einer Kraft, grösser als die Schwere von tausend Kilogramm, abstiesse. Diese Entschuldigung könnte sonst für Herrn Zöllner am Ende verhängnissvoller

<sup>1)</sup> Berichte der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaft, 1. Juli 1872.

werden, als wenn er sich entschlossen hätte frei zu gestehen, er habe bei Ausführung seiner Rechnung das Milligramm mit der elektrostatischen Einheit verwechselt. Auch würde das einem Manne, der Andern gegenüber von so Catonischer Strenge ist, jedenfalls besser angestanden haben, als Ausreden zu machen, die nur Staub aufwirbeln können.

Aehnliche Rechnungsfehler müssen Herrn Zöllner schon öfter begegnet sein; denn er spottet an einigen Stellen seines Buches derer, die den Flug seiner philosophischen Gedanken durch Nachweis von Rechnungsfehlern zu lähmen bemüht wären. Ein besonderes Capitel ist auch gegen die Mathematik gerichtet, welche er ebenfalls als ein Mittel zur Befriedigung der Eitelkeit und zur Abstumpfung des Denkens verdächtigen möchte. Vielleicht überzeugt ihn das vorliegende Beispiel, dass in Bezug auf die Schärfe der Begriffe doch noch Manches von den Mathematikern zu lernen wäre.

Schliesslich ist noch zu erwähnen, dass Herr Zöllner von den Kometen sich Theilchen loslösen lässt, die immer mit derselben Art von Elektrizität negativ geladen sind. Dies muss für den einzelnen Kometen Monate lang dauern und die losgelösten Theilchen müssen Billionen von Cubikmeilen des Weltraumes neblig machen. Die nächstliegende Frage jedes Physikers würde sein, wo in diesem Falle die positive Elektrizität bleibt. Diese Frage hat Herr Zöllner gar nicht der Mühe werth gehalten auch nur zu erwähnen. Und doch möchte gerade dieser Punkt die ernsthaftesten Schwierigkeiten machen, wenn man die Deduction der Consequenzen einer elektrischen Theorie der Kometenschweife wirklich bis zu Ende führen und nicht da aufhören wollte, wo die Folgerungen anfangen unbequem zu werden.

Ich glaube nicht, dass ich Herrn Zöllner Unrecht thue, wenn ich mein Urtheil dahin zusammenfasse, dass, was in der von ihm vorgetragenen Kometentheorie als richtig und zulässig erscheint, von Bessel herrührt, oder wie der Satz, dass für sehr kleine Massen bei gleichbleibender Dichtigkeit oder bei gleichbleibendem Potential ihrer Elektrisirung die Schwere den elektrischen Abstossungen gegenüber wirkungs-

los wird, so unmittelbar an Bessel's Annahmen sich anschliesst, dass Jeder, der die physikalischen Verhältnisse sich zu überlegen begann, nicht umhin konnte es zu finden. Was aber Herr Zöllner ausserdem zur Bessel'schen Theorie hinzugethan hat, ist zweifellos falsch. Uebrigens wird die hier gegebene kleine Blumenlese aus wenigen Seiten seines Buches wohl genügen, um dem Leser zu zeigen, was man von der neuen „deductiven Methode“ bei solchen Aufgaben zu erwarten hat, wo es nicht bloss auf geistreiches Plänkeln im Nebellande der Phantasie, sondern auf strenge wissenschaftliche Arbeit ankommt. Diese Beispiele legen um so schlimmeres Zeugniß gegen die Methode ab, die zu ihnen geführt hat, als ihr Autor keineswegs guter Anlagen und Kenntnisse entbehrt, und häufig genug, wo ihn sein Hang zu hastiger Speculation nicht verführte, verdienstliche Arbeiten geliefert hat.

Helmholtz.