Das

Wirken und Wesen

der

Naturkräfte

in übersichtlicher zusammenhängender Darstellung.

Von

Dr. L. M. Lauber,

Director des Königl. Gymnasiums in Thorn.

Thorn, 1849.

Gedruckt in der Rathsbuchdruckerei.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

I.

Allgemeine Erfahrungen und Grundbestimmungen.

§ 1. Die ursprünglich gemeinsame Form aller Veränderung in der Sinnenwelt ist Bewegung, d. h. Ortsveränderung, dessen Gegensatz Ruhe, d. h. Beibehaltung des Ortes, ist.

§ 2. Das Raum-Erfüllende, die Materie, stellt sich uns dar als an und für sich beharrlich, d. i. den Zustand der Bewegung oder der Ruhe, in welchem sie sich befindet, beibehaltend, wenn nicht ein Anlaß hinzutritt, diesen Zustand zu verändern. Diese Eigenschaft der Materie ist das erste allgemeine Gesetz in dem Gebiete der Naturerscheinungen und man bezeichnet dasselbe mit dem Namen Beharrungsvermögen (vis inertiae).

§. 3. Die Ursache nun, welche den Zustand der an und für sich beharrlichen oder trägen Masse verändert, die ruhende zur Bewegung treibt, die sich bewegende zur Ruhe bringt, heißt Kraft, deren Dasein außer allem Zweifel gesetzt wird durch ihre Wirkung.

§ 4. Die allgemeinste Naturkraft ist die Schwere: vermöge welcher alle Körper, wenn sie nicht unterstützt sind, sich in einer bestimmten Richtung bewegen oder fallen. Dieses Motiv der Bewegung erscheint also erfahrungsmäßig als der Masse immanent, und es wirkt daher stetig. Es können aber auch durch äußere Impulse Veränderungen

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

in dem räumlichen Zustande eines Körpers hervorgebracht werden, namentlich durch Stoß oder Druck, welcher von der Muskelspannung eines lebenden Wesens oder von der Elastizität irgend eines Körpers ausgeübt wird; dieses würde eine momentane Einwirkung einer Kraft sein.

Vermöge des allgemeinen Naturgesetzes der vis inertiae muß die Bewegung, welche durch die momentane oder einmalige Einwirkung einer Kraft hervorgebracht wird, eine ohne Aufhören fortdauernde und während ihres ganzen Verlaufs sich in jeder Art gleichbleibende sein, so lange nämlich nicht eine andere, diese Bewegung verändernde, Kraft hinzutritt. In dieser Bestimmung ist uns aber zugleich das, wenigstens versinnlichende, Mittel gegeben, die Wirkung einer dem Körper immanenten, also permanent wirkenden Kraft zu beurtheilen: wenn wir nämlich uns vorstellen, daß die immanente Kraft vom ersten Augenblicke an einen in jedem Momente sich erneuernden und sich gleichbleibenden Impuls auf den Körper ausübt.

§ 6. Suchen wir nun nach dem Vorausgehenden, unabhängig von der Erfahrung, die möglichen Arten der Bewegung zu bestimmen. — Demnach halten wir uns blos an das Element jeder Bewegung, an diejenige, welche während ihrer ganzen Dauer sich gleich bleibt; ferner nehmen wir an, das sich Bewegende sei ein Punkt, die Bahn also eine Linie, und betrachten einen solchen in einer bestimmten Zeit zurückgelegten, sich uns als Linie darstellenden Weg nach allen möglichen Bestimmungen.

§ 7. Es stellen sich uns sogleich die beiden Seiten heraus, unter welchen jede Vorstellung in unser Anschauungsgebiet tritt, nämlich Quantität und Qualität: wie groß dieser Weg für eine bestimmte Zeit sei, ist die Quantität der Bewegung, welche Form die Bahn habe, krumm oder gerade, ist die Qualität der Bewegung. Für die Quantität der sich immer gleichen Bewegung ist also der in einer Sekunde (als dem kleinsten für uns genau meßbaren Zeittheilchen) zurückgelegte Weg das Bestimmungs-Element der Bewegung, der Maßstab derselben, und es heißt dieser Weg die Geschwindigkeit (celeritas) der Bewegung, und eine sich gleichbleibende Bewegung, d. i. eine solche, welche mit einerlei Geschwindigkeit fortgehet, oder in gleichen Zeiten gleiche Wege zurücklegt, nennt man eine gleichförmige Bewegung (motus uniformis).

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

§ 8. Gehen wir zurück auf die wirkenden Ursachen der mannigfaltigen Bewegungen, so erkennt man leicht: 1) eine größere, d. i. schnellere Bewegung wird hervorgebracht durch eine, der Intensität nach, größere Kraft, oder eigentlich umgekehrt, die Geschwindigkeit ist das Maaß der Kraft; 2) eine durch einen einmaligen Impuls hervorgebrachte Bewegung ist vermöge der vis inertiae eine gleichförmige; 3) eine Bewegung wird eine krummlinige sein, wenn sie durch Zusammenwirkung mehrerer Kräfte stetig von der geraden Linie abgelenkt wird.

§ 9. Es bleibt nun noch, um unsern Gegenstand begrifflich zu erschöpfen, die Betrachtung übrig, welche Modifikationen in die Bewegung eintreten, wenn sie von einer permanent wirkenden Kraft, z. B. der Schwere, hervorgebracht wird. Wir erkennen leicht: 1) sie ist ebenfalls geradlinig; aber 2) die Geschwindigkeit nimmt in jedem Momente um Gleiches zu. Es kann daher hier von keiner absoluten Geschwindigkeit, sondern nur von einer relativen, d. h. mit Bezugnahme auf die bereits verflossene Zeit der Bewegung, die Rede sein; man nennt diese Geschwindigkeit die Endgeschwindigkeit für eine gewisse Zeit. Es ist demnach die Angabe „es sei c die Endgeschwindigkeit nach Verlauf von n Sekunden" so zu verstehen: „die stetig sich wiederholenden Impulse zur Bewegung haben sich auf c summirt, so daß der Körper, wenn er nun mit der erlangten Endgeschwindigkeit seine Bewegung gleichförmig fortsetzt, fortan in jeder Sekunde den Weg c zurücklegen werde."

Diese Bewegung, „deren Geschwindigkeit nämlich in gleichen Zeiten um Gleichvieles zunimmt," heißt eine gleichförmig beschleunigte (motus uniformiter acceleratus.)

Der Maaßstab der gleichförmig beschleunigten Bewegung ist offenbar der in der ersten Sekunde zurückgelegte Weg, den man die Beschleunigung (acceleratio) der Bewegung nennt.

Verbinden wir endlich die beiden Grundbestimmungen der Wirkung einer Kraft, die durch einen einzigen Impuls, und die permanent wirkende, so mit einander, daß ihre Richtungen gerade entgegengesetzt sind, so muß offenbar eine Bewegung entstehen, deren ursprüngliche, mitgetheilte Geschwindigkeit durch die Impulse der permanenten Kraft gleichmäßig vermindert wird, d. i. eine gleichförmig verzögerte Bewegung. (motus uniformiter retardatus.)

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

§ 10. Die Umstände der Bewegung so wohl der Quantität als der Qualität nach, stehen unter bestimmten mathematischen Gesetzen, weil diesen Bewegungen unabänderliche Bestimmungen, gewisse nach einem gleichbleibenden Prinzip wirkende Kräfte, als Ursachen zu Grunde liegen. Der Inbegriff der reinen mathematischen Lehren der Bewegung heißt als Wissenschaft die Phoronomie (Mechanik) und der von der Zusammen- und Entgegenwirkung der Kräfte, woraus sich dann die Bestimmungen für das Gleichgewicht derselben d. i. „Ruhe durch Entgegenwirkung von Kräften," ergeben, heißt die Statik; man nennt nämlich die Wirkung der Schwere, welche der unterstützte Körper auf die Unterlage, die ihn verhindert sich zu bewegen, ausübt, Druck, und die Größe des Druckes, auf einen bekannten Druck als Einheit bezogen, heißt Gewicht; Gewicht aber ist der allgemeine Repräsentant der Intensität jeglicher Kraft.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

II.

Die mathematischen Grundlehren der Bewegung und des Gleichgewichts der Kräfte.*)

A. Grundlehren der Phoronomie.

a. Gleichförmige Bewegung.

§ 11. Es sei s der in t Sek. mit der Geschwindigkeit c zurückgelegte Weg, so ist $s = c.t$ der Ausdruck der Abhängigkeit dieser Größen von einander und enthält somit die ganze Theorie dieser Bewegung; aus diesem Ausdrucke ergeben sich dann leicht die Formeln: $c = \frac{s}{t}$, $t = \frac{s}{c}$, welche, verbunden mit der Grundgleichung, jede der 3 Größen s, c, t durch die beiden andern darstellen.

b. Gleichförmig beschleunigte Bewegung.

§ 12. Es bezeichne hier c die Endgeschwindigkeit nach Verlauf der Zeit t'' und g die Beschleunigung der Bewegung. (§ 9.).

*) Hier nur die Grundtheorien, auf deren wissenschaftliche und zugleich einfache und anschauliche Darstellung es eigentlich ankommt. Bei dem Gebrauche dieses Leitfadens beim Unterrichte wird es dann nur noch, um für die erweiterten Sätze und die in das Gebiet zu ziehenden Anwendungen auf praktisch statische und mechanische Lehren den Schülern Behufs der Repetition Anhaltspunkte zu geben, ganz kurzer Diktate bedürfen.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Aus der Begriffsbestimmung Endgeschwindigkeit ergiebt sich sogleich der Satz: „Die Endgeschwindigkeiten nach verschiedenen Zeiten verhalten sich „wie diese Zeiten."

§ 13. Da das Element jeder Bewegung das Gleichförmige ist, wie auch in § 9 die Vorstellung dieser Bewegung auf die Vorstellung der gleichf. zurückgeführt ist, so müssen wir in dieser letztern einen Maaßstab für jene suchen (wie für das Krumme in dem Geraden.) Dieses geschieht wie folgt: Man denke sich die Zeit einer Sekunde in eine so große Anzahl n gleicher Theile zerlegt und demnach jeden Zeittheil so klein, daß sich annehmen läßt, es sei die Bewegung des beschleunigten Punktes, welche er während dieses Zeittheils vollführt gleichförmig, und man bezeichne den Weg in dem ersten dieser Zeittheilchen mit 1, als Folge des zu Anfange dieses Zeittheilchens erhaltenen Impulses: so wird der Weg während des zweiten Zeittheilchens 2 sein, denn einmal beschreibt er, wegen der vis inertiae, den Weg 1, und dann, wegen des neuen Impulses, noch einmal den Weg 1. Allgemein in dem letzten (also nten) Zeittheilchen ist der Weg n. Die Summe dieser Wege macht den Weg in der ersten Sekunde aus, welcher also nach der Eigenschaft der arithmetischen Progression zum Ausdrucke hat $\frac{(n+1)\,n}{2}$. Da aber das Zunehmen dieser Wege in der Progression 1, 2, 3 .... n in der That nicht absetzend, sondern fließend ist, so müssen wir die Summirung statt mit 1, mit Null beginnen, so daß die wahre Summe ist:

$$\frac{n+0}{2} = \frac{n^2}{2}$$

In dem ersten Zeittheilchen der zweiten Sekunde würde nun der Weg n sein und wenn der bewegte Punkt mit dieser, die Bewegung der zweiten Sekunde beginnenden Geschwindigkeit die ganze Sekunde sich gleichförmig fortbewegen würde, so würde sein Weg in der zweiten Sekunde nach (§ 11) n^2 sein, also doppelt so groß als der beschleunigte Weg in der ersten Sekunde. Nun ist der beschleunigte Weg in der ersten Sekunde g (§ 12), mithin der gleichförmige in der zweiten 2g; dieser ist aber nach § 9 die Endgeschwindigkeit für die erste Sekunde, „die Endgeschwindigkeit für die erste Sekunde ist 2g" ist also der Satz, auf welchen unsere Betrachtung geführt hat.

§ 14. Da aber diese Betrachtung zu demselben Resultate geführt haben würde,

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

wenn wir statt Einer Sekunde jede Anzahl derselben, also eine beliebige Zeit angenommen und sie in n gleiche Abschnitte getheilt hätten, so ergiebt sich der allgemeine Satz:

„der durch eine Zeit t beschleunigt zurückgelegte Weg ist die Hälfte des Weges, welcher mit der am Ende dieser Zeit erlangten Endgeschwindigkeit in der nun folgenden eben so großen Zeit t gleichförmig zurückgelegt werden würde."

§ 15. Die beiden Sätze §§ 13, 14 geben nun die Theorie der gleichförmig beschleunigten Bewegung in formulirten Ausdrücken wie folgt: 1) Da die Endgeschwindigkeit nach der ersten Sekunde 2g ist und die Endgeschwindigkeiten sich wie die verflossenen, zu denselben gehörigen Zeiten verhalten, so ist die Endgeschwindigkeit nach t Sekunden 2gt; 2) da mit dieser Endgeschwindigkeit in den folgenden t Sekunden der Weg $2gt^2$ (§ 14) mit gleichförmiger Bewegung würde zurückgelegt werden und dieser Weg das Doppelte des während t" beschleunigt zurückgelegten ist, so ist der letztere $\frac{2gt^2}{2} = gt^2$. In Zeichen

$$1)\quad C = 2gt.$$
$$2)\quad S = gt^2,$$

aus welcher letztern Formel der Satz sich herausstellt:

„Die in verschiedenen Zeiten durch gleichförmig beschleunigte Bewegung zurückgelegten Wege verhalten sich wie die Quadrate dieser Zeiten."

§ 16. Eine fernere bemerkenswerthe Bestimmung bei dieser Bewegung ist:

„Die Wege in den einzelnen auf einander folgenden Sekunden gehen nach den un-
„geraden Zahlen multiplizirt mit g fort: 1g, 3g, 5g, (2n — 1) g.;

denn der Weg in (n — 1) Sekunden ist $\{n^2 - (n-1)^2\}\, g = (2n-1)\, g$; es ist aber (2n — 1) die nte ungerade Zahl.

§ 17. Der freie Fall ist eine gleichförmig beschleunigte Bewegung, weil die Schwere als permanente Kraft wirkt. Für diese Bewegung ist nach der Erfahrung der Werth von g in unsern Gegenden 15⅝ Fuß. Diese Zahl hat die merkwürdige Eigenschaft, daß sie eine Kubikzahl ist $= \left(\frac{5}{2}\right)^3$.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

c) Gleichförmig verzögerte Bewegung.

§ 17. Es werde ein schwerer Körper vertikal aufwärts mit der Geschwindigkeit v geworfen, so erkennt man leicht, wenn die Endgeschwindigkeit nach t'' mit C und der Weg mit S bezeichnet wird, daß

$$C = v - 2gt, \quad S = vt - gt^2$$

§ 18. Der Körper wird die größte Höhe erreicht haben, wenn 2gt bis zu dem Werthe v gewachsen ist, also C = Null wird. Dieses giebt als Zeit der größten Höhe

$$t = \frac{v}{2g}$$

und wenn man diesen Werth für t in der Gleichung für S substituirt, so erhält man den Werth dieser größten Höhe

$$S = \frac{v^2}{4g}$$

§ 19. Durch den freien Fall während der Zeit $\frac{v}{2g}$ durchfällt der Körper den Weg $g\left(\frac{v}{2g}\right)^2 = \frac{v^2}{4g}$, welches der Werth von S im vorigen § ist, daher der Satz:

Die Zeit, welche ein vertikal aufwärts geworfener Körper braucht, um die größte Steighöhe zu erreichen, ist der Zeit gleich, welche er braucht, um wieder durch dieselbe Höhe zu fallen.

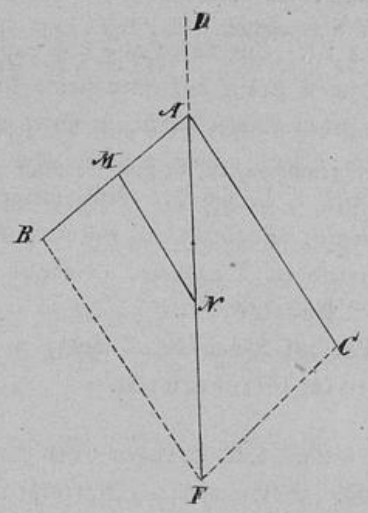
Anmerkung. Angeschlossen: die Bahn (nicht vertikal) geworfener Körper.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

B) Grundlehren der Statik.

a) Prinzip des Zusammenwirkens von Kräften.

§ 20. Der einfachste Fall bei dieser Untersuchung ist folgender: „es wirken auf einen freien Punkt A zwei momentane Kräfte AB AC (die Endgeschwindigkeiten als Repräsentanten der Intensitäten der Kräfte genommen,) und unter Richtungen, welche mit einander einen Winkel bilden; es wird gefragt „welches ist der Erfolg dieser Zusammenwirkung?"



§ 21. Um diese Aufgabe anschaulich zu lösen, wird nachstehender Satz als Prinzip aufgestellt. „Wenn 2 Kräfte auf einen freien Punkt wirken, so wird man den Ort des Punktes nach einer gegebenen Zeit finden, wenn man zuerst den Ort ermittelt, wo er sich vermöge der einen Kraft befindet, und von diesem Orte aus die andere Kraft auf den Punkt einwirken läßt nach einer ihrer ursprünglichen Richtung parallelen Richtung; der Ort, wohin er nun nach dieser Zeit erscheint, ist der gesuchte." (Für die Wirkung nach einerlei oder nach gerade entgegengesetzter Richtung ist dieser Satz evident wahr.)

§ 22. Dieses Prinzip werde nun auf die vorliegende Aufgabe angewandt. Der Punkt A wird vermöge der Kraft AB nach einer Sekunde in B sein, und von da aus in derselben Zeit vermöge der Kraft AC wird er in den Punkt F gelangen, so daß BF gleich und parallel AC ist — mithin ist F der Punkt, in welchem er sich vermöge der gleichzeitigen Wirkung beider Kräfte nach einer Sekunde befindet.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

§ 23. Nun läßt es sich leicht geometrisch darthun, daß der Punkt N in welchem A nach der Zeit A M, und so nach jeder andern Zeit, gelangt, sich ebenfalls in der Diagonale A F befindet, und es ist mithin diese der Weg, welchen der Punkt vermöge der Einwirkung beider Kräfte beschreibt.

§ 24. Wir haben also den Satz:

Wenn 2 Kräfte auf einen freien Punkt unter Richtungen wirken, welche mit einander einen Winkel bilden, so findet man das Ergebniß dieser Zusammenwirkung wie folgt: man nehme auf den Richtungen der Kräfte Abschnitte, welche sich wie die Kräfte, d. i., wie ihre Geschwindigkeiten, verhalten, ergänze diesen Winkel mit bestimmten Schenkeln zu einem Parallelogramm und ziehe aus dem Scheitel des Winkels die Diagonale, so giebt diese die Richtung und Geschwindigkeit des Punktes an;

wenn daher auf A nach der Richtung A D eine 3. Kraft = A F wirkt, so sind diese 3 Kräfte im Gleichgewicht.

§ 25. Das Prinzip vom Parallelogramm der Kräfte, erstes Grundgesetz der Statik. Seitenkräfte, Mittelkraft; das Zusammensetzen der Kräfte; das Zusammensetzen jeder beliebigen Anzahl von Kräften in einerlei Ebene oder in mehreren Ebenen; Anwendungen.

§ 26. Die Umkehrung dieses Verfahrens des Zusammensetzens der Kräfte ist das des Zerlegens einer Kraft in zwei Seitenkräfte mittelst der Theorie vom Parallelogramm der Kräfte und in der Statik von der größten Wichtigkeit. Diese Bestimmung lautet ausführlich wie folgt:

wenn eine Kraft auf einen beweglichen Punkt nach einer Richtung wirkt, nach welcher er nicht ausweichen kann, so bestimmt man die Wirkung wie folgt: man suche folgende beide Richtungen auf, diejenige, nach welcher der Punkt ganz frei ausweichen kann und diejenige, nach welcher er als fest betrachtet werden muß, und construire mittelst der Diagonale und dieser beiden Winkel das Parallelogramm, so giebt die erste Seitenkraft die Richtung und Geschwindigkeit der Bewegung, welche der Punkt annimmt, und die andere Seitenkraft die Richtung und Größe des Druckes, welchen die Kraft auf den Widerstand der Bewegung ausübt.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

b. Prinzip des Zusammenwirkens von Kräften.

§ 27. Wenn eine Kraft angewandt wird, um eine andere zu bewältigen, so behält jene den Namen Kraft und diese wird Last genannt. Die durch Kräfte zu überwindenden Lasten stellen wir uns durchweg „als gegen die Richtung der Schwere zu hebende (schwere) Masse vor, wie es auch in der Praxis gemeinhin wirklich der Fall ist.

§ 28. Bei dieser Wirkung der Kraft sind es aber zwei Momente, nach welchen sich ihre zu beurtheilende Intensität abmißt: 1) das Gewicht der zu hebenden Masse, 2) der Weg, den sie in einer bestimmten Zeit machen soll. Es ist leicht zu erkennen, daß die Größe der Kraft in geradem Verhältnisse mit jedem dieser Momente stehen müsse, oder daß das Gesammtmoment einer Last P., welcher die Geschwindigkeit C gegen die Richtung der Schwere ertheilt werden soll, das Produkt $P \times C$ ist. Dieses mechanische Gesetz wird so ausgesprochen:

> Das mechanische Moment einer (zu hebenden) Masse ist Masse (Gewicht) mal Weg —

wenn man nämlich einen gewissen Weg als Einheit annimmt.

§ 29. Wir machen von diesem Satze zunächst die Anwendung auf die Theorie der Mittheilung der Bewegung durch den Stoß. Es sei das Gewicht eines in Bewegung begriffenen Körpers mit M, seine Geschwindigkeit mit C bezeichnet und er stoße auf einen andern Körper von der Masse m und Geschwindigkeit c (entweder $+ c$ oder $- c$, je nachdem die Richtungen der Bewegungen einerlei oder entgegengesetzt sind; (oder auch $c = o$, wenn dieser Körper ruht). Wenn die Mittheilung der Bewegung vollständig ist, so gehen beide Körper (wenn sie nicht etwa beide durch den Gegenstoß in Ruhe gebracht werden) nach dem Anstoße wie ein einziger verbundener Körper fort. Die Geschwindigkeit dieser Bewegung wird nun wie folgt gefunden. Die mechanischen Momente dieser Bewegungen sind $M \times C$ und $m \times c$; da nun die Mittheilung der Bewegung vollständig ist, so ist das mechanische Moment des Ganzen nach der Mittheilung der Bewegung $M \times C \pm m \times c$; es bleibt aber die Masse immer $M + m$ (auch wenn c null und daher $m \times c$ null ist), mithin ist die Geschwindigkeit der Bewegung nach dem Stoße:

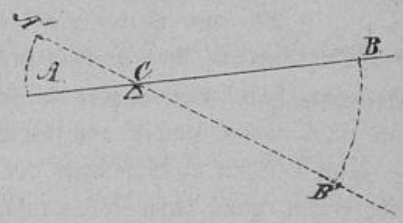
Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

$$k = \frac{M \times C \pm m \times c}{M + m}$$

und wenn der zweite Körper ein ruhender war $k = \frac{M \times C}{M + m}$

§ 30. Das Prinzip vom mechanischen Moment einer Kraft führt aber auf eine Theorie der Statik, welche, verbunden mit jener von dem Prallgramm der Kräfte, die Grundlage dieser Wissenschaft ausmacht. Da nämlich das Produkt zweier Faktoren denselben Werth behält, wenn man den einen Faktor nach einem beliebigen Verhältnisse vervielfacht und zugleich den andern Faktor nach demselben Verhältnisse theilt, so folgt, daß auch das mechanische Moment einer Last unverändert bleibt, wenn man das Gewicht beliebig vervielfacht, in demselben Verhältnisse aber den Weg vermindert — es kann jede Last von beliebiger Größe durch eine wenn auch noch so geringe Kraft gehoben werden —, wenn nur eine praktische Vorrichtung getroffen wird, die Geschwindigkeit der Last nach Belieben in jedem Verhältnisse zu ändern.

§ 31. Diese Vorrichtung ist aber die ganz einfache, indem man die Bewegung durch eine feste unbiegsame Linie vermittelt, welche um einen Punkt C frei beweglich ist, und an welcher in 2 anderen Punkten A und B die Last und die Kraft wirkt. Denn bei einer bestimmten Drehung der festen Linie um C, so daß AB z. B. in die Lage B′A′ kommt, vermindert sich



der Bogen AA′, d. i. der Weg der Last in gleichem Verhältnisse mit der Linie AC,

Diese Vorrichtung, welche demnach dazu dient, Lasten mit geringern Kräften zu heben, heißt Hebel (vectis.)

Zusatz. Unterstützungspunkt; Arme des Hebels; Arten des Hebels.

§ 32. Aus diesen Bestimmungen leiten wir nun das statische Gesetz für den Hebel durch folgende vorbereitende Prinzipien ab. 1) Die Wirkung, welche eine zur Bewegung angetriebene Masse durch Druck, er sei nun unmittelbar oder mittelbar, ausübt, ist dem mechanischen Momente, welches diese Masse bei erfolgter Bewegung haben würde, proportionirt — weil das mechanische Moment das Maaß der Intensität dieser Thätigkeit ist. So ist z. B. der durch einen fallenden Körper auf einen unausweichbaren ausgeübte momentane Druck (Stoß) gleich Gewicht des Körpers mal Endgeschwindigkeit.

2) Man denke sich in B ein Gewicht P, und in A einen festen Widerstand (W), welcher die Drehung des Hebels verhindert, und einen Druck erleidet, so nimmt dieser Druck auf W in dem Verhältnisse BC zu AC zu, so daß dieser Druck auf W die Größe $P \times \frac{BC}{AC}$ hat. Denn wäre $BC = AC$, so würde dieser Druck gleich P sein, d. i. die Einheit des mechanischen Moments von P; indem nun BC z. B. n AC wird, so wird auch jenes Moment vernfacht; und daher auch seine Wirkung auf W vernfacht; hieraus ergiebt sich nun endlich 3) wenn in A an Stelle des festen Widerstandes eine Last L hängt, die gleich ist $P \times \frac{BC}{AC}$, die also auf A unmittelbar einen gleichen, aber gerade entgegengesetzten Druck ausübt, so ist der Hebel im Gleichgewicht.

§ 33. Der statische Satz lautet demnach:

Zwei (senkrecht wirkende) Kräfte am Hebel (jeder Art) sind im Gleichgewicht, wenn die Produkte der Kräfte in die Hebelarme gleich sind;

denn nach vorigem § ist die Bedingung des Gleichgewichts zwischen L und P, daß $L = P \times \frac{BC}{AC}$, also $L \times AC = P \times BC$ sei.

§ 34. Von diesem Gesichtspunkte aus nennt man das Produkt der Kraft mit dem Hebelarm das statische Moment der Kraft, und die Bedingung des Gleichgewichts am Hebel lautet auch, wenn die statischen Momente gleich sind.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Zus. 1) Bestimmung des statischen Mom. für eine am Hebel schief wirkende Kraft nach dem Prinzip der Zerlegung der Kräfte.

2) Verallgemeinung des Satzes für jede Anzahl von Kräften: Es ist Gleichgewicht, wenn die algebraische Summe der stat. Mom. gleich Null ist.

C. Anwendung der statischen Gesetze auf Wirkungen der Schwere.

§ 35. Hierher gehört a) der Schwerpunkt. In der Masse oder außerhalb derselben eines begrenzten Körpers giebt es immer einen Punkt, welcher, vertikal unterstützt (und wenn er außerhalb der Masse liegt, mit derselben verbunden wird) den Körper in jeder Lage im Gleichgewicht erhält. Geometrische Methoden, den Schwerpunkt zu finden und Bestimmung desselben für alle einfache geometrische Formen. b) Die Theorie der Stabilität. — Die Kraft, welche einen auf einer horizontalen Ebene stehenden Körper um eine seiner Kanten zu drehen sucht und deren Richtung horizontal ist und durch den Schwerpunkt gehet, hat zum Maaße ihres Gleichgewichts das Gewicht des Körpers multiplizirt mit der Entfernung der Projektion des Schwerpunktes auf die Grundfläche von der Drehkante und dividirt durch die Entfernung des Schwerpunktes von der Grundfläche. c) Die Theorie der Bewegung eines Körpers auf der schiefen Ebene. Ein Körper auf der schiefen Ebene muß (die Friktion als beseitigt gedacht) herabgleiten, weil der Schwerpunkt immer die tiefste Stelle einzunehmen sucht. Da nun aber der Schwerpunkt in der lothrechten Richtung nicht ausweichen kann, so wendet man hier das Verfahren des § 26 von der Zerlegung der Kräfte an. d) die Theorie des Pendels.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

III.

Uebersicht der Naturkräfte nach ihrem Wesen.

§ 36. Die Schwere ist eine Thatsache; alle Körper schweren gegen die Erde; nach nothwendigen Denk-Gesetzen schreiben wir diese Wirkung einer Ursache zu, einer Kraft, und nehmen als solche Ursache, wenn auch nur als Vermuthung, doch mit allen Wahrheits-Berechtigungen die Anziehung des Erdkörpers gegen alle Stoffe an (auch gegen die Athmosphäre, worin der Grund liegt, daß dieser, mit einem unbegrenzten Ausdehnungs-Bestreben begabte Stoff, sich nicht in den unbegrenzten Raum zerstreut, ins Unendliche sich verdünnt, sondern nur allmählig mit der Entfernung von der Erde an Dichtigkeit abnimmt und erst an den Grenzen, nach den Himmelskörpern zu, zu Aether wird.)

§ 37. Die Annahme einer Anziehung der Erde gegen alle Stoffe stimmt auch mit allen Umständen der erscheinenden Wirkung überein und erklärt dieselben vollkommen. Es sind diese zunächst folgende 1) die Bewegung der Schwere ist eine gleichförmig beschleunigte, weil die Anziehung fortdauernd wirkt; 2) es gehet die Richtung des Falles verlängert durch den Mittelpunkt der Erde, diese als Kugel betrachtet, wie man nach sichern geometrischen Gesetzen aus der Erfahrung schließt, daß die Richtung der Schwere auf der Oberfläche des stillstehenden Wassers senkrecht ist; der Grund dieser Erscheinung ist, weil alle Theilchen des Erdkörpers gleiche Anziehungen ausüben, und diese Anziehungsrichtungen nach statischen Gesetzen sich im Mittelpunkte der Erde durchschneiden, so daß der Erfolg derselbe ist, wie wenn von diesem Punkte die Anziehung ausginge. Daß übrigens die Richtungen der Schwere in nicht zu großem Abstande von ein-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

ander als parallel in der Praxis angenommen werden, ungeachtet sie sich im Mittelpunkte der Erde durchschneiden, erklärt sich leicht aus der großen Entfernung dieses Durchschnittspunktes von der Oberfläche (860 Meilen); daher die Richtung der Schwere eine maaßgebende, eine normale ist, die loth- und scheitelrechte, vertikale, wie die auf ihr senkrechte, die waag-wasserrechte oder horizontale genannt, ebenfalls eine durch die Natur gegebene ist.

§ 38. Es ist ferner ein allgemein als wahr anerkannter Satz: alle Körper fallen gleich schnell ($g = 15\frac{5}{8}'$ unter Beseitigung der die Bewegung verzögernden Umstände); denn die Anziehung der Erde wirkt in gleicher Weise auf jedes einzelne Massentheilchen, welche dann in paralleler Richtung sich neben einander fortbewegen; aber das Gewicht eines Körpers, der Druck auf die Unterlage, richtet sich nach der Menge der Massentheilchen, der Druck ist die Summe der Widerstände, welche die Unterlage den Bestrebungen der Massentheilchen entgegensetzt.

§ 39. Endlich bewirkt die Schwere eine wichtige specifische Verschiedenheit der Massen, welche rein mechanischer Natur ist. Wenn man nämlich von einem und demselben durchweg gleichartigen Stoffe, z. B. vom Wasser, gleiche Volumina nimmt, so läßt sich leicht im Voraus erkennen, daß die Gewichte ebenfalls gleich sein werden. Anders aber ist es, wenn man von 2 verschiedenen Stoffen gleiche Volumina nimmt, denn die Erfahrung lehrt, daß es in der Natur nicht 2 Stoffgattungen giebt, welche bei gleichem Volumen gleiches Gewicht haben. Um diese Erscheinung auf das Anschaulichste zu erklären, nimmt man eine gewisse Vorstellung über die äußere Existenz der Materie zu Hülfe, welche die atomistische Naturansicht oder das Korpuscularsystem heißt, zu Hülfe. Man stellt sich nämlich vor, daß die Masse eines Körpers aus gleichartigen, wegen ihrer Kleinheit nicht mehr theilbaren Theilchen (d. i. Atome, molécules) bestehe, welche lediglich durch verschiedene Gestaltung, Ordnung und Zusammensetzung die Verschiedenheit der Stoffe bedingen. Diese Auffassungsweise giebt sogleich den Grund der Verschiedenheit der Gewichte gleicher Volumina zweier Stoffe in dem leicht erkennbaren Satze: „es verhalten sich die Gewichte wie die Anzahl der Massentheilchen in den gleichen Räumen"; obwohl wir daher keinen Maaßstab für die absolute Menge der Masse eines Körpers haben, so können wir doch vermittelst der Gewichte das Verhältniß der Massen zweier Körper bestimmen.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Wenn aber in einem Volumen eine größere Massen-Menge ist als in einem andern gleich großen Volumen, so müssen die Massentheilchen in jenem Volumen mit mehr Stetigkeit sich folgen, weniger Poren zwischen sich haben, dichter aneinander liegen — Die im Anfange dieses § erwähnte mechanische Verschiedenheit der Massen ist also ihre verschiedene Dichtigkeit (densitas.)

§ 40. Um für die Dichtigkeit einer Masse einen, wenn auch nur relativen Maaßstab zu haben, nimmt man die Dichtigkeit des destillirten Wassers als Einheit an, und drückt die Dichtigkeiten aller übrigen Naturstoffe durch absolute Zahlen in Beziehung auf diese Einheit aus.

Nimmt man nun das Gewicht eines Volumens Wassers als 1 an, so ist der Dichtigkeits-Exponent eines Stoffes zugleich der Ausdruck für das Gewicht eines eben so großen Volumens dieses Stoffes, welcher Ausdruck alsdann der Exponent des eigenthümlichen oder specifischen Gewichts dieses Stoffes ist. Das specifische Gewicht eines Stoffes heißt das Verhältniß des absoluten Gewichts eines Volumens dieses Stoffes zu dem absoluten Gewichte eines eben so großen Volumens Wassers.

Anm. Das absolute Gewicht wird von einem bestimmten Körper angegeben und nach bestimmten Gewichtseinheiten (Pfund, Loth ꝛc.) bestimmt; das specifische Gewicht wird nur von einem Stoffe ausgesagt, und sein Ausdruck ist eine unbenannte Zahl.

* * *

§ 41. Die Anziehung der Erde gegen irdische Körper als ihre Theile stehet aber nicht insolirt in der Natur da, vielmehr ist sie nur eine einzelne zur Erscheinung kommende Seite einer allgemeinen, die ganze Natur beherrschenden Thätigkeit. Sonne, Mond und ein zahlloses Heer anderer Sterne führen unsere Blicke hinüber in ein unendliches Weltall und bekunden sich unserm Geiste als Weltkörper, als Massen, wenn auch von anderer Natur als die Masse unserer Erde, mit welcher sie offenbar in harmonischer Wechselwirkung stehen. Wir können uns nicht anders vorstellen, als daß diese Weltkörper frei im Raume

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

schweben. Nach dem Zeugnisse unserer Sinne aber erkennen wir auf's Deutlichste, daß sie sich in diesen Räumen ewig bewegen; der menschliche Forschungsgeist endlich hat in dem Verlaufe dieser Bewegungen unabänderliche Gesetze entdeckt, für deren Wahrheit die einfache und ungezwungene Ableitung aller jener Veränderungen aus einigen Grundbestimmungen und die Harmonie aller Erscheinungen am Himmel Bürgschaft leisten, noch mehr aber die Sicherheit, mit welcher man, auf jene hypotetischen Gesetze gestützt, zukünftige Erscheinungen über den Ort der Himmelskörper lange vorher auf das Genaueste bestimmt.

Was erhält nun diese Körper, zu welchen auch die von uns bewohnte Erde gehört, frei im Raume und läßt sie in unveränderlichen nach bestimmten Gesetzen geformten Bahnen kreisen? Darauf antworten wir mit Neuton: „es ist ein Naturgesetz, daß alle Massen gegeneinander eine Anziehung ausüben, gegeneinander gravitiren, und es ist das freie Schweben im Raume und die Fortbewegung in demselben eine Folge der Wirkung mehrerer gravitirender Kräfte auf frei bewegliche Körper; das Gesetz der allgemeinen Gravitation, wie es aus Vernunftgründen aufgestellt und später auch auf Erfahrungswegen vermittelt worden, lautet: Die Anziehung stehet mit der Masse des anziehenden Körpers in geradem einfachen und mit der Entfernung des angezogenen Körpers in umgekehrtem quadratischen Verhältnisse.

Zus. 1) Die Himmelskörper folgen nur Einer Kraft der Anziehung, welche aber in der Wissenschaft nach der formalen Bestimmung ihrer Wirkung verschiedene Namen erhält. Centralkraft, in sofern sie einen Körper nach einem Punkte hinziehet, wodurch also der Körper ein centripetales Bestreben erhält. Indem der Körper eine krumme Linie um das Centrum beschreibt, bekundet sich in jedem Punkte der Bahn und ist zugleich der Grund, daß der Körper eine gemessene Entfernung vom Centro behält, eine Tangentialkraft, die nämlich in jedem Punkte der Bahn eine Bewegungs-Richtung zu nehmen strebt, welche als gerade Linie die krumml. Bahn in diesem Punkte berührt; die Wirkung der Tangentialkraft ist es aber, daß der Körper sich vom Mittelpunkte zu entfernen strebt, eine Centrifugalkraft oder richtiger ein centrifugales Bestreben erhält.

Zus. 2) Daß die Erde unter dem Einflusse der von den Himmelskörpern gegen sie geübten Anziehung stehet, davon erhalten wir ein erfahrungsmäßiges Zeugniß in der

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

regelmäßigen Erscheinung der Ebbe und Fluth, welche sich vollständig aus der Anziehung des Mondes in seinen verschiedenen Stellungen gegen die Erde erklärt.

§ 42. Sonach ist die Erdschwere eine Seite der allgemeinen Gravitation, und da die Körper in der Nähe der Erde unter der einzigen Einwirkung der Erde stehen, so folgen sie diesem Zuge und fallen. Da die Anziehung der Massen gegenseitig ist, so findet gewiß auch eine Anziehung zwischen den Theilkörpern und der Erde statt, die aber wegen ihrer Kleinheit keinen bemerklichen Erfolg haben kann; dagegen bemerkt man wohl zwischen diesen Theilmassen selbst eine Anziehung, denn man hat die Erfahrung gemacht, daß ein von einem Gewichte gespannter Faden in der Nähe beträchtlicher Berge von der vertikalen Richtung abweicht. Endlich gilt auch bei der Erdschwere das Gesetz der Abnahme der Anziehungs-Intensität nach dem Quadrate der Entfernung des anziehenden Körpers; die Erfahrung lehrt, daß auf hohen Bergen die Pendelschwingungen, welche eine reine Wirkung der Schwere sind, langsamer werden, und am Aequator, wo die Erhöhung der Oberfläche der Erde etwa $3^3/_4$ Meilen beträgt, ist die Beschleunigung der Schwere merklich geringer als unter großen geographischen Breiten — am Aequator werden die Körper leichter. —

* * *

§ 43. Die allgemeine Gravitation hat uns Erscheinungen in Größen und in Entfernungen vorgeführt, die wir nur durch Schlüsse zu messen im Stande sind; die Erscheinung der Erdschwere ferner liegt zwar im Bereiche der sinnlichsten Erfahrung, tritt uns aber wegen ihrer Allgemeinheit in unwandelbarer starrer Form und unveränderlicher Intensität als Naturnothwendigkeit entgegen, zu deren nachdenklicher Auffassung überdieß das gemeine Alltagsleben in gedankenloser Gewohnheit keine Aufforderung findet. Wir wenden uns nun aber zu Erscheinungen, welche gleichfalls durchaus erfahrungsmäßig in ganz sinnlicher Nähe erfolgen und welche nicht nur jene bildende Kraft der Anziehung im Naturall bestätigen, sondern auch dieselbe je nach den die Erscheinung herbeiführenden oder begleitenden Umständen modifiziren, ihr eine große Mannigfaltigkeit von Formen gewähren, ja ihre Nachbildung gestatten, und wenn daher irgendwo, so gewiß hier das Nachdenken über sie zu erwecken im Stande sind. Wir werden diese Erscheinungen unmittelbar aus der Erfahrung vorführen.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

§ 44. Man beobachte Wasser in einem gläsernen Gefäße; man wird finden, daß die Flüssigkeit nicht, wie es dem hydrostatischen Gesetze gemäß sein sollte, eine ebene Oberfläche bildet, sondern eine concave, indem sie von dem Mittelpunkte aus nach der Peripherie zu sich allmählig hebt und an dem Rande längs der Wand des Gefäßes bis zu einer gewissen Höhe steht, (man kann daher in ein bis zum Rande volles Gefäß noch tropfenweise von dieser Flüssigkeit eine merkliche Menge einfüllen, ohne daß sie überläuft), welche Erhöhung an den Wänden desto bemerkbarer wird, je enger das Gefäß oben ist; dieselbe Erscheinung findet statt bei Gefäßen von andern Stoffen und bei andern Flüssigkeiten; in Haarröhrchen, wo wegen der Enge der Oeffnung die an den Wänden aufgestiegene Flüssigkeit zusammenfließt, bildet sie eine bemerkbare Höhe; man nennt diese Erscheinung die Kapillarität; so ist das Aufsteigen des Oels in dem Dochte, der Dinte längs der Federspalte, der Feuchtigkeit in den Kanälen der Pflanzen und viele andere Erscheinungen eine Wirkung der Kapillarität.

Offenbar wirkt hier die Anziehung der Masse des Gefäßes gegen die Flüssigkeit, welche ungeachtet ihrer Schwere doch dieser, wenn auch geringen Anziehung folgt, weil die leichte Verschiebbarkeit der Theile der Flüssigkeit der Bewegung kein Hinderniß in den Weg legt; je kleiner aber die Distanz des anziehenden Körpers von dem angezogenen, desto größer die Wirkung.

Die Physik bezeichnet die allgemeine Anziehung in der eben betrachteten Form ihrer Wirksamkeit mit dem Namen Attraktion.

§ 45. Wenn zwei glatte Flächen sich genau berühren, so wird, auch ohne daß ein Eingreifen der Erhöhungen der einen in die Vertiefungen der andern stattfindet, oder sonst irgend ein das Festhalten an einander begünstigender Umstand da ist, ein solches stattfinden, desto größer, je glatter die Flächen und je größer sie sind. Wenn man die eine Fläche in vertikaler Richtung aufzuheben sucht, so wird der Ueberschuß der Kraft, welche dazu erforderlich ist, über dem Gewichte des aufzuhebenden Körpers die Größe dieses Aneinanderhängens angeben. Durch eine zwischen die sich berührenden Flächen gebrachte Flüssigkeit, welche die Poren ausfüllt und also die Berührungspunkte vermehrt, wird die Kraft des Aneinanderhängens vermehrt, und wenn die Feuchtigkeit in dieser Flüssigkeit verdunstet und eine feste Stofflage zurückläßt, so ist der Zusammenhang zwischen den Flä-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

chen oft größer, als zwischen den ungetrennten Theilchen ihrer Masse selbst. (Kitten, Leimen.)

Die Physik nennt die allgemeine Massen-Anziehung in der eben betrachteten Form die Adhäsion (Flächen-Anziehung).

Es ist eine Wirkung der Adhäsion, daß das an den Wänden in die Höhe gestiegene Wasser nicht herunterfällt — daß wir die Hand naß aus dem Wasser ziehen — daß der Staub von einer Fläche nicht herunterfällt, auch wenn man sie nach unten kehrt — daß eine feine Stahlnadel auf dem Wasser schwimmt, wiewohl der Stahl viel spezifisch schwerer als Wasser ist — daß zwei Flüssigkeiten von verschiedenem spez. Gew., und die sich nicht chemisch mit einander verbinden, unter einander gemischt, erst nach langer Zeit sich trennen und die spez. schwerere nach unten sinkt — daß Luftarten sich an feste Körper anhängen, wo sie sich durch ihren Geruch kundgeben — daß spez. verschiedene Luftarten sich durchdringen und ein gleichartiges Ganze bilden, wie in der athmosphärischen Luft — u. dgl. m.

§ 46. Die Erfahrung lehrt, daß die materiellen Theile der unter dem Namen feste Stoffe begriffenen Körper mit einer gewissen Kraft zusammenhängen, welche beim Zerbrechen, Zerreißen solcher Körper sich zu erkennen giebt. Diesen Zusammenhang zwischen den Theilen der Materie, welcher eine Folge der allgemeinen Anziehung der Masse ist, nennt die Physik die Kohäsion. Die verschiedenen Modifikationen der Kohäsion, verbunden mit den später anzuführenden Eigenschaften der Elastizität und Krystallisation erklären die Stoff-Eigenthümlichkeit der Festigkeit und Flüssigkeit, der Härte und Weichheit, der Sprödigkeit und Zähigkeit, der Duktilität und Malleabilität u. s. w.

§ 47. Ueberblicken wir die bisher betrachteten Formen der allgemeinen Anziehung, so stellt sich ihre Unterschiedenheit heraus in der progressiv abnehmenden Entfernung der anziehenden Stoffe. 1) Gravitation in jeder, wenn auch der größten, Entfernung; 2) Attraktion, nur in den kleinsten Entfernungen; 3) Adhäsion, bei der unmittelbaren Berührung; 4) Kohäsion, bei der Berührung in dem Naturzustande; denn sind die Theile einmal von einander getrennt, so hört die Kohäsion auf, auch wenn die Theile in die frühere enge Berührung wieder an einander gebracht werden.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Während aber das Gemeinsame dieser Anziehungs-Erscheinungen nur ein äußeres Annähern oder auch Festhalten der Massen ist, führt uns eine weitere Erfahrung in zwei andere Anziehungs-Erscheinungen ein, welche ein Bildungsbestreben bekunden, sichtbare Formen und Gepräge zu Wege bringen. Es sind dies: das Tropfenbildungs-Bestreben und die Krystallisations-Bildung.

§ 18. Das Wasser und andere flüssige Stoffe bilden in kleinen Massen frei fallend Tropfen; (die convere Oberfläche des Quecksilbers in der Barometerröhre ist ein halber Tropfen) ja Beobachtungen zeigen, daß flüssige wie feste Körper aus kugelförmigen Körperchen bestehen. Es scheint also im Bildungsprinzip der Natur ein Streben nach der Kugelform zu liegen, oder, auf die ursächliche Bestimmung schließend: „von jedem Punkte der Materie bei den Urgestaltungen der Natur ist eine nach allen Seiten wirkende Anziehung ersichtlich."

Noch bestimmter und wegen der Mannigfaltigkeit der Formen überraschender giebt sich uns eine nach gewissen Gesetzen während der Urgestaltung der Materie wirkende Anziehungskraft kund bei der Krystallisation. Die Erfahrung lehrt hierüber: „wenn feste Körper durch allmählige Verdunstung und Erhärtung flüssiger Stoffe entstehen, so zeigt die Masse im Innern wie im Aeußern, mehr oder weniger scharf ausgeprägt, aber nie ganz unbemerkbar, Gestaltungen und Gruppirungen von oft regelmäßiger oder symmetrischer Form," Krystalle, krystallinische Sublimate, Inkrustationen; die Lagen und Blätter des Holzes u. s. w. ja die Tropfen selbst können in die Kategorie der Krystalle gebracht werden. Dieses geheimnißvolle Wirken der Natur in der Krystallbildung schließt gleichsam das Gebiet der bisherigen Erfahrung über die zur äußern Erscheinung kommenden in der ganzen Natur herrschenden Anziehungskraft und zwar nicht nur als eine in der schon gestalteten Materie wirkende, sondern auch als eine urbildende, formschöpferische Kraft.

§ 19. Tiefer aber erkunden wir das Wesen dieser Naturkraft, wenn wir endlich von der Betrachtung der äußern Erscheinungen, des örtlichen Verhaltens der Materie und ihrer Raumtheile, auf die Betrachtung ihrer innern Natur, ihrer eigentlich physischen Beschaffenheit, übergehen.

Die Wissenschaft ist gleichsam in summarischer Abschließung ihrer Forschungen über

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

die Natur der Stoffe zu der Erkenntniß gelangt, daß es nur eine kleine Anzahl von Grundstoffen gebe, durch deren mannigfaltige Zusammensetzung alle Naturstoffe entstehen, daß aber diese Art der Verbindung (z. B. des Wasserstoffgases und Sauerstoffgases, also zweier Luftarten, zu Wasser) keine mechanische, d. h. deren Theile, sich selbst gleichbleibend oder ihre Natur beibehaltend, nur neben einander bestehen, sondern eine organische sei, das heißt eine lebendige Durchdringung und Verwachsung zu einem gleichartigen Ganzen, in welchem die Urbestandtheile nicht mehr unterscheidbar sind, indem sie aufhören zu präeristiren, oder ihre Eigenschaften zu zeigen, die, ohne ihr Dasein verloren zu haben, nur durch einander gebunden und daher latent sind, da vielmehr das neue Produkt oft Eigenschaften zeigt, welche in keinem der Bestandtheile vorhanden waren.

Diese innigste Thätigkeit der Anziehungskraft der Stoffe nennt die Wissenschaft Affinität, sie ist die lebensschaffende in dem materiellen Naturorganismus, und wahrscheinlich auch, weil das Leben sich selbst immer die ihm angemessene Form giebt, in ihrer nach Außen gerichteten Thätigkeit die früher betrachtete formbildende. Die Naturlehre aber, angelangt in diesen Höhenpunkt ihrer Forschungen und Arbeiten, nämlich die Naturkörper nach ihren Elementen zu erkennen und sie in solche zu zerlegen, stellt sich uns als eine großartige wissenschaftliche Kunst dar, mit deren allmähligem Fortschreiten das Wachsthum der Herrschaft des Menschen über die Natur, welche nun besonders und mit dem wichtigsten Erfolge in den Dienst des Lebens gezogen wird, Hand in Hand gehet.

* * *

§ 50. Von der Schwere, gleichsam der Repräsentantin der in der Natur allgemein wirkenden Kraft, der Anziehungskraft, ausgehend, haben wir in dem Bisherigen die Gruppe von Natur-Erscheinungen betrachtet, welche von dieser Kraft zeugen, ja ganz und gar auf ihr beruhen, und die verschiedenen Gliederungen und Seiten der Wirksamkeit dieser Kraft entwickelt, deren höchste Potenz in der Affinität sich darstellt. Wir erkennen aber leicht aus abstrakten Vernunftgründen, ohne daß die Erfahrung uns darüber belehrt, daß dieser einseitige Lebensdrang der Anziehung eine Annäherung der Körper bis zur engsten Berührung, und ein ewiges Verdichten der Theile bis zu dem Raume eines geometrischen

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Punktes zu Wege bringen müßte, daß also eigentlich gar keine Stabilität und Konkretion in der Natur statt finden könnte, wenn nicht jener Kraft Schranken gesetzt würden, welches offenbar nur geschehen kann durch eine ihr gerade entgegengesetzte Kraft, also eine Abstoßungskraft, so daß das Sein, wie überall so auch hier, die Form des einheitlichen Zusammenwirkens einer Strebung und Gegenstrebung ist. Diese Hypothese speculativer Anschauungsweise wird aber auch erfahrungsmäßig vollkommen bestätigt; denn überall wird die Anziehungskraft sichtbar von einer Abstoßungskraft begleitet, welche weiter auch selbstständig in ihrer eigenthümlichen Intensität zur erfahrungsmäßigen Erscheinung kommt. Das Gesammtgebiet der hierhergehörigen Erscheinungen bildet die zweite Gruppe der zusammenzustellenden Natur-Phänomene.

§ 51. Wie alle Körper schwer sind, so zeigt alle Materie, nur in sehr verschiedenen und zum Theil der sinnlichen Wahrnehmung sich ganz entziehenden Graden, die Eigenschaft der Elastizität, nach der richtigen Begriffsbestimmung: „das Bestreben, die räumliche Begrenzung wieder zu erweitern, wenn sie durch eine äußere Kraft verengt worden ist" (eine attraktive Elastizität wahrnehmen zu wollen, ist offenbar ein Mißverständniß). Diese allgemeine Eigenschaft des Stoffes aber, wiewohl erst hervortretend, wenn sie zur Thätigkeit angeregt wird, zeugt offenbar von einer der Materie inwohnenden repulsiven Kraft, aus welcher dann ferner nach atomistischer Auffassungsweise eine andere allgemeine Eigenschaft, die Porosität, sich ableiten läßt.

§ 52. Selbstständig und wie die Schwere in stetiger und bestimmten Größen-Gesetzen folgender Wirksamkeit zeigt sich die repulsive Naturkraft in einem Stoffe, welcher den unendlichen Weltraum erfüllt und in die kleinsten unsichtbaren Poren der dichtesten Stoffe, selbst des Wassers, eindringt, in der Luft. Die Luft, die athmosphärische sowohl wie alle Gasarten, macht den 3ten der Aggregat-Zustände der wägbaren Stoffe aus, und ihr formaler Charakter ist die selbstständige Elastizität, das Bestreben sich ins Unendliche anszudehnen, welches auch bewirkt, daß sie alle Räume, wo nicht conkrete Materie schon ist, ausfüllt. Die athmosphärische Lufthülle, von der Erde angezogen und dadurch allein am Entweichen in den unendlichen Raum verhindert, nimmt nach oben zu an Dichtigkeit und ab, zwar nach einem bestimmten Gesetze, nach geometrischer Progression, als Folge der Abnahme der Elastizität mit dem Drucke; aber auch bei Entfernung dieses

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Druckes, wenn nur der Raum nicht verändert wird bleibt die Elastizität in jeder begrenzten Masse dieselbe, so daß z. B. ein kleiner Tropfen Luft über der Oberfläche des Quecksilbers in der kürzern Röhre des Barometers, wenn diese hermetisch verschlossen wird, eben so die ganze Quecksilber-Säule trägt wie die auf diese Oberfläche drückende Luftsäule bis zur äußersten Grenze.

§ 53. Da die repulsive Kraft Verdünnung, Verflüchtigung bewirkt, also gerade das Gegentheil von Concretion, so entziehet sich diese Kraft bei gesteigerter Intensität immer mehr der sinnlichen Wahrnehmung und der faßbaren Handhabung. Bei fernerer Verfolgung der Erscheinungen dieser Kraft tritt die Wissenschaft in ein geheimnißvolles Dunkel, so daß dieser Theil des physikalischen Forschungsgebiets der transcendentale Theil derselben passend genannt werden dürfte.

Diese letzte Gruppe von Erscheinungen vorherrschend repulsiver Kräfte bezeichnet die Physik, indem sie denselben ein materielles Substrat giebt, mit dem Namen Imponderabilien und Incoercibilien, und hat bisher als Arten derselben erkannt: Wärme und Lichtstoff, elektrischen und magnetischen Stoff.

Anm. 1) Gegen die Imponderabilität (so verstanden, daß kein für unsere Sinne bemerkbares Gewicht vorhanden ist) ließe sich an und für sich nichts einwenden, wenn man Folgendes erwägt: Platina ist 21 mal sp. schwerer als Wasser, die athmosph. Luft 800 mal leichter als Wasser, und das beste Wasserstoffgas 14 mal leichter als athmosph. Luft — wenn man nun vom Hydrogen abwärts sich einen eben so großen Grad der Verdünnung denkt wie von Platina bis zum Hydrogen, so kommt man wohl so ziemlich auf etwas Imponderables. Ferner die Eigenschaft der Incoercibilität kann man als Folge einer über alle Maaßen großen Elastizität sich vorstellen. 2) Das Licht ist, wie die Physik nachweist, freier Wärmestoff, hier ist die Vorstellung des Stoffartigen vorzüglich angemessen, um die Gesetze der Bewegung des Lichtes (Optik im weitesten Sinne), welche nach rein mathematischen Prinzipien abgeleitet werden, zu erklären. Hierher auch die merkwürdige Fixirung des Lichts, des Sonnenlichts, ja des elektrischen.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

§ 54. Auf dem Gebiete dieser drei Fluida hat sich bisher die Physik am vertrautesten mit der Wärme gemacht. Das hier für uns wichtige Resultat ihrer Forschungen ist: „der Wärmestoff ist die Quelle der Repulsion, gleichsam das Prinzip dieser Kraft"; denn es ist die allgemeinste Eigenschaft des Wärmestoffes, daß er die ponderable Materie ausdehnt, den festen Körper in einen tropfbar-flüssigen, diesen in einen luftförmigen Stoff verwandelt — ja die Wärmeanhäufung, verbunden mit dem gehörigen Grade mechanischer Komprimirung, bringt bei den elastischen Dämpfen jene erstaunlichen Kraftäußerungen hervor, vor welchen die gewöhnlichen Naturkräfte als unbedeutend verschwinden, und um deren Intensität im Großen anzugeben, der Druck von ganzen Athmosphären als adäquate Maaß-Einheit gewählt wird.

§ 55. Elektrizität, Magnetismus und der verwandte Galvanismus sind Naturthätigkeiten, welche zwar ewig den ponderabeln Stoff beleben oder als Fluida ihn durchdringen, aber erst geweckt werden müssen; es müssen sonach diese Fluida die elementarischsten Grundlagen der Stoffe, das Dasein derselben absolut bedingende sein: denn für sich latent und nur nach vorangegangener Erregung den ponderabeln Stoffen entströmend, beginnt ein unaufhaltsamer und endloser Kreislauf derselben mit blitzesschneller Bewegung, und von den energischsten Erscheinungen der Bewegung, Schall und Feuer, begleitet — Hindernisse durchbrechend, die größten Entfernungen im Nu durcheilend und von der belebendsten Einwirkung auf die umgebenden Stoffe, die das einer Seite Entströmte augenblicklich von ihrem Vorrath zu ersetzen gezwungen werden: die Wissenschaft hat nach und nach alle Mittel kennen gelernt, mechanische wie chemische, die Thätigkeit dieser Fluida anzuregen; sie hat scharfsinnige Vorrichtungen erdacht, um die Wirkungen dieser Fluida für das Auge und das Gefühl wahrnehmbar zu machen, ja sie hat es sogar versucht, die, alle Erfahrung übersteigende, Geschwindigkeit der Bewegung derselben zu messen; sonst aber hat die Wissenschaft über das eigentliche Wesen dieser Fluida und ihre Verwandtschaft zu einander nur Vermuthungen, und endlich über ihre tief in den Lebensorganismus eingreifende Wirkungen, z. B. über ihren bekannten Einfluß auf das abnorme Traum-Wach-Leben, nur Ahnungen, und siehet sich hier zu dem Bekenntnisse gezwungen, daß die Naturforschung noch immer auf der Oberfläche sich befindet, das innere Wesen der Natur aber dem Seherblicke ihrer Kundiger noch verschlossen ist. Für unsere Darstellung aber kann darauf als entschieden hingewiesen werden, daß auch hier die Form der Kraftwirkung dieselbe wie die

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

durch die ganze Erscheinungs-Gliederung beobachtete ist, nämlich anziehende und abstoßende Thätigkeit.

§ 56. „Was ist die sinnliche Natur"? oder eigentlich: „in welchem Verhältnisse stehet das concrete Sein zu dem geistigen?" Auf diese Frage, welche von jeher an der Spitze aller philosophischen Forschung stehet, antwortet die jetzige Wissenschaft auf Grund namentlich der Gesammtheit ihrer Erfahrungen auf dem Naturgebiete: „da überall nur anziehende und abstoßende Kräfte als Grund der Veränderungen in der Erscheinungswelt sich kund geben, so muß auch das Sein eine Wirkung solcher Kräfte sein, und so muß endlich die Materie selbst eine Concretion anziehender und abstoßender Kräfte sein.

Dieses das Hauptprinzip der Naturansicht, welche, im Gegensatze der atomistischen oder mechanischen, die dynamische heißt.

* * *

Rückblick.

Durch die Hinweisung auf eine Kraft als letzte Ursache einer Erscheinung legen wir zwar das Bekenntniß der Grenze unseres gewissen Wissens ab; nichtsdestoweniger aber ist das Dasein solcher mit dem Namen Kräfte bezeichneten geistigen Lebensthätigkeiten der Natur gewiß, weil die Wirkungen, von denen auf jene nach nothwendigen Denkgesetzen geschlossen wird, es sind. Die dynamische Natur-Auffassung, in ihren tiefsten Voraussetzungen bewahrheitet, erhebt sich sonach zu dem, den nicht zu versöhnenden Dualismus „Materie und Geist" aufhebenden — Gedanken: „in der Natur ist überall Leben, weil Thätigkeit, und Alles was ist, ist es durch Thätigkeit" — **Natur hat weder Kern noch Schale, Alles ist sie mit einem Male.** — Allerdings können wir uns davon nicht losmachen, Kraft von Materie zu trennen und diese als den objektiven Träger jener zu betrachten; aber dieses liegt in der Beschränkt-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

heit unseres geistigen Vermögens, das, überall an sinnliche Konkretion gewiesen, es nicht vermag, das geistige Prinzip eines Daseins an und für sich oder als Substrat außer dem Stofflichen zu erfassen — wie ja eben so wenig der sinnliche Mensch zur Anschauung des Höchsten und Unendlichen bloß mittelst der Thätigkeit der Vernunft sich vollkommen zu erheben im Stande ist, weil die Vernunft, das Ideal des geistigen Vermögens, von dem Selbstbewußtsein des denkenden und fühlenden Individuums stets begleitet wird, in ihm lebt und webt, und daher in ihrem eigenthümlichen Urwesen gebunden, in ihrer Thätigkeit unfrei ist. Das Verständniß unserer, mit dem Namen der dynamischen bezeichneten, Vorstellungsweise des Naturlebens ist daher weder der gemeinen Anschauung, noch dem sich selbst vergöttlichenden Verstandes-Materialismus zugänglich, sondern verlangt einen in die Anschauung eines ewigen und unbedingten Daseins sich hineingelebten Geist, dem es sich dann von selbst erschließen wird, daß das Naturleben, wie das der Menschheit und die ganze Weltordnung, der verwirklichte und fort sich verwirklichende Gedanke aus dem selbstbewußten Willen eines persönlichen Gottes ist.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

heit
vert
Stu
Höc
ben
Sel
lebt
unfi
stellu
selbs
Anf
dam
ganz
bewi

rall an sinnliche Konkretion gewiesen, es nicht
an und für sich oder als Substrat außer dem
enig der sinnliche Mensch zur Anschauung des
hätigkeit der Vernunft sich vollkommen zu erhe=
s Ideal des geistigen Vermögens, von dem
den Individuums stets begleitet wird, in ihm
nlichen Urwesen gebunden, in ihrer Thätigkeit
m Namen der dynamischen bezeichneten, Vor=
der der gemeinen Anschauung, noch dem sich
us zugänglich, sondern verlangt einen in die
Daseins sich hineingelebten Geist, dem es sich
Naturleben, wie das der Menschheit und die
t sich verwirklichende Gedanke aus dem selbst=
t.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf