

könnten, so glaubte ich doch, daß einige allgemeine Bemerkungen über den Unterschied zwischen den Wissenschaften der reinen Beobachtung und denen des Versuchs und über den außerordentlichen Nachtheil, in dem die unmittelbare inductive Forschung nothwendig bei den ersteren steht, die beste Vorbereitung böten zur Erörterung der Methoden der directen Induction, eine Vorbereitung, die Manches überflüssig macht, was sonst mit einiger Unbequemlichkeit in das Herz dieser Erörterung hätte eingeführt werden müssen. Zu der Betrachtung dieser Methoden gehen wir nunmehr über.

Achtes Capitel.

Von den vier Methoden der experimentalen Forschung.

§. 1. Die einfachsten und naheliegendsten Methoden, um unter den Umständen, die einer Erscheinung vorangehen oder ihr nachfolgen, diejenigen auszusondern, mit denen dieselbe wirklich durch ein unabänderliches Gesetz verknüpft ist, sind zwei an Zahl. Erstens: man vergleicht verschiedene Fälle, in denen die Erscheinung eintritt, miteinander; zweitens man vergleicht Fälle, in denen die Erscheinung eintritt, mit in anderer Rücksicht ähnlichen Fällen, in denen sie nicht eintritt. Diese beiden Methoden kann man die Methode der Uebereinstimmung und die des Unterschiedes nennen.

Bei der Besprechung dieser Methoden wird es nöthig sein, den zwiefachen Charakter im Auge zu behalten, den Untersuchungen der Gesetze von Erscheinungen besitzen können, indem diese entweder eine Frage nach der Ursache einer gegebenen Wirkung oder nach den Wirkungen oder Eigenschaften einer gegebenen Ursache sein können. Wir werden die Methoden in ihrer Anwendung auf beide Arten von Forschungen betrachten und unsere Beispiele beiden gleichmäßig entlehnen.

Wir werden die Antecedenzien durch die großen Buchstaben des Alphabets und das ihnen jedesmal entsprechende Consequens durch die kleinen bezeichnen. Es sei mithin A ein Agens oder eine Ursache und es sei die Aufgabe unserer Untersuchung, die

Wirkungen dieser Ursache festzustellen. Können wir die Ursache A in so verschiedenen Combinationen von Umständen antreffen oder erzeugen, daß die verschiedenen Fälle keinen Umstand außer A gemein haben, dann stellt sich irgendeine Wirkung, die wir in allen unseren Versuchen vorfinden, als die Wirkung von A heraus. Man denke z. B., daß A zusammen mit B und C zur Anwendung kommt, und daß die Wirkung a b c ist, und man denke, daß A dann mit D und E, aber ohne B und C versucht wird und daß die Wirkung a d e ist. Dann können wir also folgern: b und c sind nicht Wirkungen von A, denn sie wurden nicht im zweiten Versuch hervorgebracht; ebenso wenig sind es d und e, denn sie wurden es nicht im ersten. Alles was in Wirklichkeit die Wirkung von A ist, muß in beiden Fällen hervorgebracht worden sein. Nun wurde diese Bedingung von keinem Umstand außer von a erfüllt. Das Phänomen a kann nicht die Wirkung von B oder C gewesen sein, da sie dort hervorgebracht wurde, wo diese nicht anwesend waren, auch nicht von D oder E, da es hervorgebracht wurde, wo diese nicht anwesend waren. Folglich ist sie die Wirkung von A.

Das Antecedens von A sei z. B. die Berührung einer alkalischen Substanz mit einem Oel. Diese Verbindung wird unter verschiedenen Combinationen von Umständen versucht, die einander in nichts anderem gleichen, und der Erfolg stimmt darin überein, daß eine fettige und reinigende oder eine seifenartige Substanz entsteht; wir schließen daher, daß die Verbindung eines Oels und eines Alkali die Entstehung einer Seife bewirkt. In dieser Weise erforschen wir nach der Uebereinstimmungsmethode die Wirkung einer gegebenen Ursache.

In ähnlicher Weise können wir auch nach der Ursache einer gegebenen Wirkung fragen. Die Wirkung sei a. Hier besitzen wir daher, wie wir im letzten Capitel zeigten, nur die Hilfsquelle der Beobachtung ohne Versuch; wir können nicht eine Erscheinung nehmen, deren Ursprung wir nicht kennen, um die Art ihrer Hervorbringung entdecken zu lernen, indem wir sie hervorbringen; nur durch Zufall könnte uns ein solcher im Finstern tappender Versuch gelingen. Allein wenn wir a in zwei verschiedenen Verbindungen a b c und a d e beobachten können und wenn wir wissen oder entdecken können, daß die vorangehenden Umstände in den beiden Fällen je A B C und A D E waren, so können wir mittelst einer ähnlichen Folgerung wie im vorigen Beispiel schließen, daß A das mit dem Conse-

quens a durch ursächlichen Zusammenhang verknüpfte Antecedens ist. B und C, so können wir sagen, können nicht die Ursachen von a sein, da sie bei seinem zweiten Auftreten nicht gegenwärtig waren; auch D und E sind es nicht, denn sie waren nicht bei seinem ersten Auftreten gegenwärtig. A allein unter den fünf Umständen fand sich unter den Antecedenzien von a in beiden Fällen.

Die Wirkung a sei z. B. Krystallisation. Wir vergleichen Fälle, in denen Körper krystallinisches Gefüge annehmen, aber keinen anderen Punkt der Uebereinstimmung besitzen, und wir finden, daß sie ein, und so viel wir beobachten können, nur ein Antecedens gemein haben: die Ablagerung eines festen Stoffes aus einem flüssigen Zustand, entweder einem Zustande der Schmelzung oder der Lösung. Wir schließen daher, daß das Festwerden einer Substanz aus einem flüssigen Zustande ein unabänderlich vorangehender Umstand seiner Krystallisation ist. *)

In diesem Falle können wir weiter gehen und sagen: es ist nicht nur der unabänderlich vorangehende Umstand, sondern die Ursache, oder wenigstens der nächstvorangehende Vorgang, der die Ursache voll macht. Denn in diesem Falle können wir, nachdem wir das Antecedens A entdeckt haben, es auch künstlich erzeugen, und indem wir finden, daß a darauf folgt, das Ergebniß unserer Induction bewahrheiten. Die Wichtigkeit dieser Umkehrung des Beweises stellte sich schlagend heraus, als es einem Chemiker (ich glaube Dr. Wollaston) gelang, aus einer Phiole mit Kieseltheilchen geschwängerten Wassers, die durch Jahre nicht geschüttelt worden war, Quarzkrystalle zu gewinnen, und in einem gleich bedeutsamen Versuche, durch den Sir James Hall künstlichen Marmor erzeugte, indem er die geschmolzenen Bestandtheile desselben durch ungeheueren Druck abkühlte: zwei bewundernswürdige Fälle, die uns zeigen, welches Licht auf die geheimsten Vorgänge der Natur geworfen werden kann, wenn man sie in geschickter Weise befragt.

*) [Dieses Beispiel war nicht ganz glücklich gewählt, wie aus den folgenden, von einem befreundeten Chemiker, dem ich meine Bedenken mitgetheilt hatte, mir zur Verfügung gestellten Bemerkungen hervorgeht:

„Man sieht leicht ein, daß die Gruppierung der kleinsten Theilchen nach geometrischen Formen eine gewisse Beweglichkeit und Verschiebbarkeit bei denselben voraussetzt. Der Uebergang aus dem flüssigen oder auch wohl aus dem gasförmigen in den festen Aggregatzustand bietet daher die günstigste Bedingung für die Krystallisation. Nichtsdestoweniger darf man die

Allein wenn wir die Erscheinung A nicht künstlich hervorbringen können, so bleibt der Schluß, daß sie die Ursache von a ist, sehr beträchtlichen Zweifeln unterworfen. Wenn auch ein unabänderliches, so mag es doch nicht das unbedingte Antecedens von a sein, sondern mag ihm vorangehen, wie der Tag der Nacht oder die Nacht dem Tage vorangeht. Diese Ungewißheit entspringt aus der Unmöglichkeit, in der wir uns befinden, uns davon zu versichern, daß A das einzige unmittelbare Antecedens ist, welches beiden Fällen gemein ist. Wenn wir gewiß sein könnten, alle unabänderlichen Antecedenzen festgestellt zu haben, so könnten wir auch gewiß sein, daß sich das unbedingte unabänderliche Antecedens oder die Ursache irgendwo unter ihnen finden muß. Unglücklicherweise ist es jedoch kaum jemals möglich, alle Antecedenzen festzustellen, wenn nicht die Erscheinung von der Art ist, daß wir sie auf künstlichem Wege erzeugen können. Auch dann ist die Schwierigkeit bloß verringert, nicht behoben; die Menschen wußten, wie man Wasser durch Pumpen heben kann, lange bevor sie erkannten, was in den von ihnen angewendeten Mitteln der eigentlich wirksame Umstand ist, nämlich der Druck der Atmosphäre auf die offene Wasserschale. Es ist jedoch viel leichter, eine Reihe von uns selbst getroffener Anordnungen vollständig zu zergliedern, als die Gesamtmasse von Kräften, welche die Natur im Augenblicke der Entstehung einer gegebenen Erscheinung eben spielen läßt. Wir können bei einem Versuche mit der Electrici-

im Text aufgestellte Behauptung, daß nur bei solchem Uebergang aus der flüssigen in die feste Aggregatform Krystallisation eintritt, nicht als allgemein und absolut gültig betrachten.

„Es ist eine bekannte Thatsache, daß sehniges Schmiedeeisen, welches fortgesetzten Erschütterungen ausgesetzt ist“ — z. B. in Bestandtheilen von Eisenbahnwaggonen — „allmählig spröde und krystallinisch wird. Die amorphe glasartige arsenige Säure verwandelt sich bei der Aufbewahrung von selbst in ein Aggregat kleiner Krystalle. Der durch Schmelzung erhaltene schief-prismatische Schwefel, oder der amorphe Schwefel, der durch Säuren aus Polysulfiden ausgefällt wird, geht bei der Aufbewahrung von selbst in oktaedrischen Schwefel über. — Die gelbe Modification des Quecksilberiodids erleidet schon durch eine leichte Erschütterung, z. B. durch Riten mit einem harten Körper, eine Umwandlung, wodurch es in die pyramidale rothe Modification übergeführt wird, u. s. w.“

„In allen angeführten Fällen gehen feste Körper aus dem amorphen in den krystallinischen Zustand oder von einer bestimmten Krystallform zu einer anderen wesentlich verschiedenen über, ohne ihren Aggregatzustand dabei zu ändern.“]

firmaſchine einen der weſentlichen Umſtände überſehen, aber wir werden mit ihnen auch im ſchlimmſten Falle beſſer bekannt ſein, als mit denen eines Gewitters.

Die Methode der Entdeckung und Feſtſtellung von Naturgeſetzen, die wir jetzt geprüft haben, geht nach dem folgenden Grundſatz vor. Jeder Umſtand, den man ohne Schaden für die Erſcheinung excluſiviren oder der trotz der Anweſenheit derſelben abweſend ſein kann, iſt mit ihr nicht auf urſächlichem Wege verknüpft. Da in dieſer Weiſe die zufälligen Umſtände ausgeſchieden ſind, ſo iſt, wenn nur einer übrig bleibt, der eine die Urſache, die wir ſuchen; wenn mehr als einer, ſo ſind dieſe entweder die Urſache oder ſie enthalten ſie in ſich, und ſo *mutatis mutandis* von der Wirkung. Da dieſe Methode durch Vergleichung verſchiedener Fälle vorgeht, um feſtzuſtellen, worin ſie übereinſtimmen, ſo habe ich ſie die Methode der Uebereinſtimmung genannt; und wir können als ihren leitenden Grundſatz den folgenden Kanon aufſtellen: —

Erſter Kanon.

Wenn zwei oder mehr Inſtanzen der zu erforſchenden Erſcheinung nur einen Umſtand gemein haben, ſo iſt der Umſtand, in dem allein alle Inſtanzen übereinſtimmen, die Urſache (oder Wirkung) der gegebenen Erſcheinung.

Indem wir zunächſt die Uebereinſtimmungsmethode verlaſſen, zu der wir alsbald zurückkehren werden, gehen wir zu einem noch wirkſameren Hilfsmittel der Erforſchung der Natur über, zur Methode des Unterſchieds oder Differenzmethode.

§. 2. Bei der Uebereinſtimmungsmethode bemühten wir uns Fälle zu erhalten, die in dem gegebenen Umſtande übereinkamen, aber in jedem anderen verſchieden waren; bei der vorliegenden Methode verlangen wir hingegen zwei Fälle, die einander in jeder anderen Hinſicht ähnlich, aber in der Anweſenheit oder Abweſenheit der Erſcheinung, die wir zu erforſchen ſuchen, verſchieden ſind. Wenn es unſere Aufgabe iſt, die Wirkungen eines Agens A zu entdecken, ſo müſſen wir uns A in einer Vereinigung von genau feſtgeſtellten Umſtänden zu verſchaffen ſuchen, wie A B C, und wenn wir die erzeugten Wirkungen angemerkt haben, ſie mit der Wirkung der übrigen Umſtände

B C vergleichen, wenn A abwesend ist. Wenn die Wirkung von A B C, a b c ist, und die Wirkung von B C, b c, so ist es offenbar, daß die Wirkung von A, a ist. Und umgekehrt, wenn wir am anderen Ende beginnen und die Ursache einer Wirkung a zu erforschen suchen, so müssen wir einen Fall wie a b c auswählen, in dem die Wirkung eintritt und in dem die Antecedenzien A B C waren, und wir müssen uns nach einem andern Fall umsehen, in dem die übrigen Umstände, b c, ohne a eintreten. Wenn die Antecedenzien in diesem Falle B C sind, so wissen wir, daß die Ursache von a, A sein muß: entweder A allein, oder A in Verbindung mit einigen von den andern anwesenden Umständen.

Es ist kaum nöthig, Beispiele von einem Verfahren zu geben, dem wir fast alle inductiven Schlüsse des täglichen Lebens verdanken. Wenn Jemand durch's Herz geschossen wird, so wissen wir durch diese Methode, daß es der Schuß war, der ihn tödtete; denn er befand sich unmittelbar vorher in der Vollkraft des Lebens und alle Umstände waren dieselben mit Ausnahme der Wunde.

Die Axiome, die in dieser Methode enthalten sind, sind offenbar die folgenden. Jedes Antecedens, das man nicht ausschließen kann, ohne die Erscheinung zu verhindern, ist die Ursache oder eine Bedingung dieser Erscheinung; jedes Consequens, das man ausschließen kann, ohne eine andere Verschiedenheit in den Antecedenzien, als die Abwesenheit eines bestimmten einzelnen Antecedens, ist die Wirkung dieses einen. Statt verschiedene Instanzen einer Erscheinung miteinander zu vergleichen, um zu entdecken, worin sie übereinkommen, vergleicht diese Methode eine Instanz ihres Eintretens mit einem Fall ihres Nichteintretens, um zu entdecken, worin sie verschieden sind. Der Kanon, der das leitende Princip der Differenzmethode ist, läßt sich wie folgt ausdrücken:

Zweiter Kanon.

Wenn eine Instanz, in der die zu erforschende Erscheinung eintritt und eine Instanz, in der sie nicht eintritt, jeden Umstand bis auf einen gemein haben, indem dieser eine nur in der ersteren eintritt, so ist der Umstand, in dem die beiden Instanzen von einander abweichen, die Wirkung oder die Ursache oder ein unerläßlicher Theil der Ursache der Erscheinung.

§. 3. Die beiden Methoden, die wir jetzt angegeben haben, besitzen manche Züge der Aehnlichkeit, es sind aber auch manche Verschiedenheiten zwischen ihnen vorhanden. Beides sind Methoden der Elimination. Dieser Ausdruck (der in der Lehre von den Gleichungen zur Bezeichnung des Verfahrens dient, durch welches eines von den Elementen der Frage nach dem andern ausgeschlossen wird, so daß die Lösung nur von dem Verhältniß der übrigbleibenden Elemente abhängt) ist wohl geeignet, die analoge Verrichtung zu bezeichnen, in der man seit Bacon die Grundlage der experimentalen Forschung erkannt hat; nämlich die successive Ausschließung der verschiedenen Umstände, die man in der Begleitung einer Erscheinung in einem gegebenen Falle antrifft, um zu ermitteln, welche diejenigen unter ihnen sind, die unbeschadet des Vorhandenseins der Erscheinung abwesend sein können. Die Uebereinstimmungsmethode beruht auf dem Satze, daß Alles, was ausgeschlossen werden kann, mit der Erscheinung nicht durch irgendein Gesetz verknüpft ist. Die Differenzmethode hat den Satz zu ihrer Grundlage, daß Alles, was nicht ausgeschlossen werden kann, mit der Erscheinung durch ein Gesetz verknüpft ist.

Von diesen Methoden ist die des Unterschiedes ganz besonders eine Methode des künstlichen Versuches, während die der Uebereinstimmung vorzugsweise dort unsere Hilfsquelle ist, wo ein Versuchsverfahren unmöglich ist. Einige wenige Betrachtungen werden die Thatsache darthun und ihren Grund nachweisen.

Es liegt in dem eigenthümlichen Charakter der Unterschiedsmethode, daß die Natur der Combinationen von Umständen, die sie verlangt, eine viel genauer bestimmte ist, als in der Uebereinstimmungsmethode. Die beiden Fälle, die man mit einander zu vergleichen hat, müssen genau gleich sein in allen Umständen bis auf den einen, den wir zu erforschen suchen; sie müssen in dem Verhältniß von $A B C$ und $B C$, oder von $a b c$ und $b c$ stehen. Es ist wahr, daß diese Gleichheit der Umstände sich nicht auf jene zu erstrecken braucht, von denen man bereits weiß, daß sie für den Erfolg gleichgültig sind. Und bei den meisten Erscheinungen lernen wir sogleich aus der gewöhnlichsten Erfahrung, daß die meisten der gleichzeitig vorhandenen Erscheinungen des Weltalls anwesend oder abwesend sein können ohne die gegebene Erscheinung zu berühren, oder daß sie, wenn anwesend, dies sind, gleichviel, ob die Erscheinung eintritt oder nicht. Allein

selbst dann, wenn wir die zwischen den beiden Instanzen A B C und B C verlangte Gleichheit auf solche Umstände beschränken, von denen wir nicht bereits wissen, daß sie gleichgültig sind, geschieht es sehr selten, daß uns die Natur zwei Fälle bietet, von denen wir gewiß sein können, daß sie genau in diesem Verhältniß zu einander stehen. In den spontanen Verrichtungen der Natur herrscht gewöhnlich ein so großes Dunkel und so große Verwicklung, ihr Maßstab ist meistens ein so überwältigend großer oder ein so verschwindend kleiner, wir wissen von einem großen Theil der wirklichen Vorgänge so wenig, und selbst jene, von denen wir etwas wissen, sind so unendlich zahlreich und darum so selten in zwei Fällen genau dieselben, daß man einen spontanen Versuch von der Art, wie ihn die Unterschiedsmethode verlangt, in der Regel nicht finden kann. Wenn wir hingegen eine Erscheinung auf künstlichem Wege herstellen, so gewinnt man ein Paar von Fällen, wie die Methode sie erheischt, fast von selbst, vorausgesetzt, daß der Hergang nicht lange dauert. Ein gewisser Zustand umgebender Verhältnisse war vorhanden, bevor wir den Versuch begannen, dies ist B C. Wir führen dann A ein, sagen wir z. B. indem wir bloß einen Gegenstand aus einem andern Theile der Stube herholen, bevor noch Zeit zu irgendeiner Aenderung in den andern Elementen war. Es ist mit einem Worte (wie Herr Comte bemerkt), das eigentliche Wesen eines Versuches, daß man in den vorherbestehenden Zustand von Umständen eine völlig bestimmte Veränderung einführt. Wir wählen einen vorherbestehenden Zustand der Dinge, mit dem wir wohl vertraut sind, so daß eine unvorhergesehene Aenderung desselben nicht leicht unbemerkt vor sich gehen kann, und in diesen führen wir so rasch als möglich die Erscheinung, die wir zu erforschen wünschen, ein, so daß wir in der Regel mit voller Zuversicht annehmen können, daß der frühere Zustand und der, den wir hervorgerufen haben, sich in nichts anderem als in der Ab- oder Anwesenheit dieser Erscheinung unterscheiden. Wenn man einen Vogel aus dem Käfig nimmt und sofort in Kohlensäure taucht, so kann der Forscher (auf alle Fälle nach einer oder zwei Wiederholungen) völlig sicher sein, daß kein Umstand, der Erstickung verursachen konnte, in der Zwischenzeit eingetreten ist, als eben der Wechsel vom Aufenthalt in atmosphärischer Luft zum Aufenthalt in kohlensaurem Gas. Es gibt allerdings einen Zweifel, der in manchen Fällen von dieser Art noch übrig bleiben kann. Die Wirkung mag nicht durch die Veränderung, sondern

durch die Mittel hervorgerufen sein, die wir anwandten, um die Veränderung zu bewirken. Die Möglichkeit der letzteren Voraussetzung läßt sich jedoch in der Regel einer entscheidenden Probe durch andere Versuche unterziehen. So sehen wir denn, daß wir bei der Erforschung der verschiedenen Arten von Erscheinungen, die wir durch unsere willkürliche Thätigkeit modificiren oder controlliren können, in der Regel die Erfordernisse der Unterschiedsmethode zu erfüllen vermögen, daß aber diese Erfordernisse durch die selbstthätigen Einrichtungen der Natur nur selten erfüllt werden.

Das Entgegengesetzte findet bei der Uebereinstimmungsmethode statt. Wir verlangen hier nicht Zustanzen von so besonderer und genau bestimmter Art. Alle Fälle jeder Art, in denen uns die Natur eine Erscheinung darbietet, kann man für die Zwecke dieser Methode benutzen, und wenn alle diese Fälle in irgend-etwas übereinstimmen, so hat man bereits einen Schluß von beträchtlichem Werthe gewonnen. Wir können freilich selten gewiß sein, daß der eine Punct der Uebereinstimmung der einzige ist, aber diese Ungewißheit verfälscht nicht, wie bei der Unterschiedsmethode, den Schluß; die Gewißheit des Ergebnisses, soweit es reicht, wird dadurch nicht berührt. Wir haben ein unabänderliches Antecedens oder Consequens ermittelt, so viele andere dergleichen auch noch unermittelt bleiben mögen. Wenn A B C, A D E, A F G insgesammt gleichmäßig von a gefolgt sind, dann ist a ein unabänderliches Consequens von A. Wenn a b c, a d e, a f g, insgesammt A unter ihre Antecedenzen zählen, dann ist A durch ein unabänderliches Gesetz als Antecedens mit a verknüpft. Aber um zu bestimmen, ob dieses unabänderliche Antecedens eine Ursache oder dieses unabänderliche Consequens eine Wirkung ist, müssen wir überdies im Stande sein, das eine mittelst des andern hervorzubringen, oder wenigstens das zu erlangen, was uns allein die Gewißheit geben kann, irgend etwas hervorgebracht zu haben, nämlich eine Instanz, in der die Wirkung a ins Dasein getreten ist ohne eine andere Aenderung in den vorherbestehenden Umständen, als das Hinzutreten von A. Und dies ist, wenn wir es thun können, eine Anwendung der Differenz-, nicht der Uebereinstimmungsmethode.

So erweist sich die Unterschiedsmethode als die einzige, durch die wir jemals auf dem Wege der unmittelbaren Erfahrung mit Gewißheit zu Ursachen gelangen können. Die Uebereinstimmungsmethode führt uns nur zu Gesetzen von Erschei-

nungen (wie einige Schriftsteller dieselben, obgleich mit Unrecht, nennen, da ursächliche Gesetze auch Gesetze von Erscheinungen sind), d. h. zu Gleichförmigkeiten, die entweder nicht ursächliche Gesetze sind oder bei denen die Frage der Ursächlichkeit zunächst unerledigt bleiben muß. Die Methode der Uebereinstimmung kann vorzugsweise als ein Mittel dienen, Anwendungen der Unterschiedsmethode an die Hand zu geben (wie in dem letzten Beispiel die Vergleichung von A B C, A D E, A F G darauf führte, daß A das Antecedens war, an dem man durch Versuch zu ermitteln hatte, ob es wohl a hervorbringen könnte), oder als eine untergeordnete Hilfsquelle in Fällen, wo die Unterschiedsmethode unanwendbar ist, was, wie wir früher zeigten, in der Regel dort eintritt, wo es unmöglich ist, die Erscheinungen auf künstlichem Wege zu erzeugen. Und daher kommt es, daß die Methode der Uebereinstimmung, obgleich sie grundsätzlich auf beide Fälle anwendbar ist, doch in hervorragenderer Weise die Methode der Forschung bei jenen Gegenständen ist, bei denen ein künstlicher Versuch unmöglich ist, denn sie ist bei diesen in der Regel unsere einzige Hilfsquelle von unmittelbar inductiver Art; bei Erscheinungen hingegen, die wir nach Belieben hervorrufen können, gewährt die Unterschiedsmethode ein wirksameres Verfahren, das uns zur Erkenntniß von Ursachen sowohl als von bloßen Gesetzen leitet.

§. 4. Es gibt jedoch viele Fälle, bei denen, obgleich unsere Fähigkeit die Erscheinung hervorzubringen eine vollständige ist, die Unterschiedsmethode entweder überhaupt nicht angewendet werden kann, oder doch nicht ohne einen vorgängigen Gebrauch der Uebereinstimmungsmethode. Dies trifft dort ein, wo das Hilfsmittel, durch das wir die Erscheinung hervorbringen können, nicht ein einzelnes Antecedens, sondern eine Vereinigung von solchen ist, die wir von einander zu trennen und gesondert darzustellen nicht vermögen. Man denke sich z. B., der Gegenstand der Untersuchung wäre die doppelte Brechung des Lichts. Wir können diese Erscheinung nach Belieben hervorrufen, wenn wir eine von den vielen Substanzen anwenden, von denen wir wissen, daß sie das Licht in dieser besonderen Weise brechen. Allein wenn wir eine von diesen Substanzen, wie z. B. den isländischen Doppelspath, nehmen und zu bestimmen wünschen, auf welcher von seinen Eigenschaften diese merkwürdige Erscheinung beruht, so können wir für diesen Zweck keinen Gebrauch von der Unterschiedsmethode machen, denn wir können keine

andere Substanz finden, die dem Doppelspath in allen außer einer einzigen Eigenschaft genau gleicht. Die einzige Art, diese Untersuchung zu verfolgen, ist daher die, welche uns die Uebereinstimmungsmethode bietet, und durch diese ist es in der That mittelst einer Vergleichung aller bekannten Substanzen, welche die Eigenschaft der doppelten Lichtbrechung besitzen, festgestellt worden, daß sie in einem Umstand übereinkommen, darin nämlich, daß es krystallinische Substanzen sind; und obgleich nicht das Umgekehrte Stich hält, obgleich nicht alle krystallinischen Substanzen die Eigenschaft der doppelten Lichtbrechung besitzen, so schloß man doch mit Recht, daß zwischen diesen beiden Eigenschaften ein wirklicher Zusammenhang besteht; daß entweder krystallinisches Gefüge oder die Ursache, die diesem Gefüge zu Grunde liegt, eine von den Bedingungen der Doppelbrechung ist.

Aus dieser Anwendung der Uebereinstimmungsmethode entspringt eine eigenthümliche Modification derselben, die mitunter in der Erforschung der Natur von großem Nutzen ist. In Fällen wie der obige, in denen es nicht möglich ist, das bestimmte Paar von Fällen zu erlangen, das unser zweiter Kanon erheischt, — Fälle, die in jedem Antecedens außer A und in jedem Consequens außer a übereinkommen — können wir doch möglicherweise mittelst einer doppelten Anwendung der Uebereinstimmungsmethode entdecken, worin sich die Fälle, die A und a enthalten, von denen die es nicht enthalten, unterscheiden.

Wenn wir verschiedene Instanzen vergleichen, in denen a eintritt, und finden, daß sie alle den Umstand A und (soviel wir beobachten können) keinen andern Umstand gemein haben, so bezeugt die Uebereinstimmungsmethode insoweit eine Verbindung zwischen A und a. Um dieses Zeugniß mittelst der directen Unterschiedsmethode in einen Beweis von ursächlichem Zusammenhang verwandeln zu können, müßten wir im Stande sein, in irgendeinem dieser Fälle, wie z. B. in A B C, A auszulassen und zu beobachten, ob dadurch a hintangehalten wird. Nehmen wir nun an (was oft der Fall ist), daß wir nicht im Stande sind, diesen entscheidenden Versuch anzustellen, so wird doch, sobald wir durch irgendwelche Mittel entdecken können, welches sein Ergebnis wäre, wenn wir ihn anstellen könnten, der Gewinn derselbe sein. Setzen wir nun voraus, daß, gleichwie wir früher eine Anzahl verschiedener Fälle, in denen a eintrat, untersuchten, und fanden, daß sie alle gleichmäßig A enthielten, wir jetzt eine Anzahl verschiedener Fälle beobachten, in denen a nicht eintritt und

finden, daß sie alle gleichmäßig A nicht enthalten. Dadurch wird mittelst der Uebereinstimmungsmethode dieselbe Verbindung zwischen der Abwesenheit von A und der Abwesenheit von a dargethan, die früher zwischen der Anwesenheit der beiden dargethan war. Da nun, gleichwie früher gezeigt worden war, daß überall, wo A anwesend ist, es auch a ist, so jetzt gezeigt wurde, daß, wenn A weggenommen wird, auch a damit entfällt, so haben wir das eine Mal den Satz A B C, a b c, das andere Mal den Satz B C, b c, und somit die positive und die negative Instanz gewonnen, welche die Differenzmethode erheischt.

Diese Methode kann man die indirecte Differenzmethode oder die Vereinigte Methode der Uebereinstimmung und des Unterschiedes nennen, und sie besteht in einer doppelten Anwendung der Uebereinstimmungsmethode, bei der jeder der beiden Beweise von dem andern unabhängig ist und denselben verstärkt. Allein sie kommt nicht einem Beweise durch die directe Differenzmethode gleich. Denn die Erfordernisse der Differenzmethode sind nicht erfüllt, solange wir nicht ganz sicher sein können, entweder daß die a bejahenden Instanzen in keinem einzigen anderen Antecedens außer in A oder daß die a verneinenden Instanzen in nichts als in der Abwesenheit von A übereinkommen. Wäre es nun möglich, was es niemals ist, diese Gewißheit zu besitzen, so würden wir nicht der Vereinigten Methode bedürfen; denn eine von den beiden Reihen von Fällen allein würde dann hinreichen um einen ursächlichen Zusammenhang zu beweisen. Diese indirecte Methode kann man daher nur als eine bedeutende Erweiterung und Verbesserung der Uebereinstimmungsmethode, aber ohne die zwingendere Beweiskraft der Differenzmethode betrachten. Ihr Kanon läßt sich wie folgt darstellen:

Dritter Kanon.

Wenn zwei oder mehr Instanzen, in denen die Erscheinung eintritt, nur einen Umstand gemein haben, während zwei oder mehr Instanzen, in denen sie nicht eintritt, nichts als die Abwesenheit jenes Umstandes gemein haben, so ist der Umstand, in dem allein die beiden Reihen von Instanzen von einander abweichen, die Wirkung oder die Ursache oder ein unerläßlicher Bestandtheil der Ursache der Erscheinung.

Wir werden sogleich sehen, daß die Vereinigte Uebereinstimmungsmethode und Unterschiedsmethode noch in einer andern Hinsicht

eine Vervollkommnung der gewöhnlichen Uebereinstimmungsmethode bildet, indem sie nämlich von einer charakteristischen Unvollkommenheit jener Methode nicht berührt wird, die wir noch nachzuweisen haben. Allein da wir in diese Auseinandersetzung nicht eingehen können, ohne noch ein weiteres Element der Verwicklung in diese so lange und so schwierige Erörterung einzuführen, so will ich ihre Besprechung auf einen spätern Abschnitt verschieben, und sogleich daran gehen, zwei weitere Methoden namhaft zu machen. Dieselben machen die Zahl der Methoden voll, welche die Menschen besitzen um mittelst specifischer Beobachtung und Erfahrung die Gesetze der Natur zu erforschen.

§. 5. Die erste von diesen hat man treffend die Methode der Rückstände oder die Restmethode genannt. Ihr Princip ist ein sehr einfaches. Wenn wir von einer gegebenen Erscheinung alles das abziehen, was man vermöge früherer Inductionen bekannten Ursachen zuweisen kann, so wird der Ueberrest die Wirkung von den Antecedenzien sein, die bisher noch übersehen wurden oder deren Wirkung bisher noch eine unbekannte Größe war.

Man denke sich, wir hätten wie vorher die Antecedenzien $A B C$, gefolgt von $a b c$, und wir hätten durch frühere Inductionen (die, wie wir annehmen wollen, auf die Unterschiedsmethode gegründet waren) die Ursachen von einigen dieser Wirkungen oder die Wirkungen von einigen dieser Ursachen festgestellt, und wir hätten daraus gelernt, daß die Wirkung von A , a und die von B , b ist. Ziehen wir nun die Summe dieser Wirkungen von der Gesamterscheinung ab, so bleibt c übrig, von dem wir jetzt, ohne einen neuen Versuch wissen können, daß es die Wirkung von C ist. Diese Methode der Rückstände ist in Wahrheit eine besondere Modification der Unterschiedsmethode. Wenn man den Fall $A B C$, $a b c$ mit einem einzelnen Fall $A B$, $a b$ hätte vergleichen können, so hätten wir C durch das gewöhnliche Verfahren der Unterschiedsmethode als die Ursache von c erwiesen. In dem vorliegenden Falle hatten wir jedoch statt eines einzelnen Falles $A B$, die Ursachen A und B gesondert zu erforschen und aus den Wirkungen, die sie gesondert hervorbringen, zu schließen, welche Wirkung sie in dem Falle $A B C$, wo sie zusammenwirken, hervorbringen müssen. Von den beiden Fällen, die die Unterschiedsmethode verlangt — dem positiven und dem negativen — ist daher der negative oder

der, in dem die Erscheinung abwesend ist, hier nicht das unmittelbare Ergebniß der Beobachtung und des Versuches, sondern ward auf deductivem Wege gewonnen. Als eine von den Formen der Unterschiedsmethode hat die Restmethode an der strengen Gewißheit derselben Antheil, vorausgesetzt, daß die vorhergehenden Inductionen, jene, die die Wirkungen von A und B ergaben, durch dieselbe untrügliche Methode gewonnen wurden, und vorausgesetzt, wir seien gewiß, daß C das einzige Antecedens ist, auf das man die Resterscheinung *c* zurückführen kann, das einzige Agens, dessen Wirkung wir nicht bereits berechnet und abgezogen haben. Allein da wir dessen nie ganz sicher sein können, so ist die Beweiskraft, welche die Restmethode gewährt, nie vollständig, solange wir nicht C auf künstlichem Wege erzeugen und besondere Versuche mit ihm anstellen können, oder solange man seine Wirksamkeit nicht, sobald man einmal auf sie geführt worden ist, aus bekannten Gesetzen erklären und auf deductivem Wege beweisen kann.

Allein auch mit diesem Vorbehalte ist die Methode der Rückstände eines unserer wirksamsten Hilfsmittel der Entdeckung. Unter allen Methoden, durch die wir Naturgesetze erforschen, ist sie am fruchtbarsten an unerwarteten Ergebnissen, die uns oft mit ursächlichen Verbindungen bekannt macht, in denen weder die Ursache noch die Wirkung hervorstechend genug waren, um durch sich allein die Blicke des Beobachters auf sich zu ziehen. Das Agens C mag ein verborgener Umstand sein, den man nicht leicht wahrgenommen hätte, wenn man ihn nicht gesucht hätte und den man nicht leicht gesucht hätte, wäre nicht unsere Aufmerksamkeit durch die Unzulänglichkeit der augenfälligen Ursachen zur Erklärung der Gesamtheit der Wirkung auf sie gelenkt worden. Und *c* mag durch seine Verflechtung mit *a* und *b* dermaßen verdeckt sein, daß es sich kaum von selbst als ein Gegenstand besonderer Forschung dargeboten hätte. Für diese Anwendungen der Methode werden wir sogleich einige bemerkenswerthe Beispiele anführen. Der Kanon der Methode der Rückstände oder der Restmethode lautet wie folgt:

Vierter Kanon.

Man ziehe von irgendeiner Erscheinung den Theil ab, den man durch frühere Inductionen als die Wirkung gewisser Antecedenzen kennt und der Rest der Erscheinung ist die Wirkung der übrigen Antecedenzen.

§. 6. Es bleibt noch eine Classe von Gesetzen übrig, die sich durch keine der drei Methoden, die ich darzustellen versucht habe, ermitteln läßt, nämlich die Gesetze jener dauernden Ursachen oder unzerstörbaren natürlichen Agentien, die es ebenso unmöglich ist auszuschließen, als zu vereinzeln, deren Anwesenheit wir nicht verhindern noch auch die Sache so einrichten können, daß sie allein anwesend seien. Es scheint zunächst, daß wir auf keine Weise die Wirkungen dieser Agentien von den Wirkungen jener andern Erscheinungen trennen können, mit denen wir sie nicht hindern können zu coexistiren. In Betreff der meisten dauernden Ursachen ist diese Schwierigkeit freilich nicht vorhanden, da wir sie zwar nicht als coexistirende Thatfachen, wohl aber als beeinflussende Factoren ausscheiden können, indem wir einfach unsern Versuch in einer örtlichen Lage anstellen, die jenseits der Grenzen ihres Einflusses ist. Die Schwingungen des Pendels z. B. werden durch die Nähe eines Berges gestört; wir entfernen das Pendel weit genug vom Berge und die Störung hört auf; aus diesen Daten können wir mittelst der Differenzmethode das Maß von Wirkung bestimmen, das dem Berge zukommt, und da jenseits einer gewissen Entfernung alles genau so vor sich geht, als wenn der Berg durchaus keinen Einfluß übte, so haben wir hinreichenden Grund zu schließen, daß dem wirklich so ist.

Die Schwierigkeit, die in der Anwendung der bereits behandelten Methoden auf die Bestimmung der Wirkungen der dauernden Ursachen liegt, beschränkt sich daher auf die Fälle, in denen es uns unmöglich ist, uns aus den örtlichen Grenzen ihres Einflusses zu entfernen. Man kann das Pendel aus dem Bereich des Einflusses des Berges entfernen, aber es läßt sich nicht aus dem Bereich des Einflusses der Erde entfernen, wir können nicht die Erde vom Pendel und nicht das Pendel von der Erde wegnehmen, um zu ermitteln, ob es fortfahren würde zu schwingen, wenn der Einfluß, den die Erde ausübt, aufgehoben wäre. Auf welchen Beweisgrund hin schreiben wir also ihre Schwingungen dem Einfluß der Erde zu? Nicht auf einen solchen hin, der aus der Unterschiedsmethode herstammt; denn eine der beiden Instanzen, die negative, fehlt hier. Auch nicht vermöge der Methode der Uebereinstimmung, denn alle Pendel stimmen zwar darin überein, daß die Erde während ihrer Schwingungen immer anwesend ist, aber warum können wir die Erscheinung nicht ebensogut der Sonne zuschreiben, die gleichfalls bei allen Versuchen eine gleichzeitig vorhandene Thatfache ist? Es ist

augenscheinlich, daß es, um auch nur eine so einfache ursächliche Thatsache wie diese festzustellen, irgendeiner Methode neben und außer denjenigen bedurfte, die wir bisher untersucht haben.

Als ein anderes Beispiel wollen wir die Erscheinung der Wärme betrachten. Abgesehen von jeder hypothetischen Vorstellung von der wirklichen Natur des so genannten Agens, ist soviel gewiß, daß wir nicht im Stande sind, irgendeinen Körper seiner gesammten Wärme zu berauben. Es ist ebenso gewiß, daß nie Jemand Wärme wahrnahm, die nicht von einem Körper ausging. Da wir daher nicht im Stande sind, Wärme und Körper von einander zu trennen, so können wir keine solche Veränderung der Umstände bewirken, wie sie die drei vorangehenden Methoden verlangen; wir können nicht durch jene Methoden feststellen, welchen Antheil an den Erscheinungen, die irgendein Körper zeigt, der in ihm enthaltenen Wärme zuzuschreiben sind. Könnten wir einen Körper im Besitz seiner Wärme und denselben Körper ohne alle seine Wärme beobachten, so würde die Unterschiedsmethode die Wirkung, die der Wärme zukommt, gesondert von jener, die dem Körper zukommt, aufzeigen. Könnten wir Wärme unter Umständen beobachten, die in nichts als Wärme übereinstimmten und mithin nicht auch durch die Anwesenheit eines Körpers gekennzeichnet wären, so könnten wir die Wirkungen der Wärme aus einem Fall von Wärme mit einem Körper und einem andern von Wärme ohne einen Körper durch die Uebereinstimmungsmethode feststellen, oder wir könnten durch die Unterschiedsmethode bestimmen, welche Wirkung dem Körper zuzuschreiben ist, wobei die Restwirkung, welche der Wärme zukommt, durch die Methode der Reste gewonnen würde. Allein wir können nichts von alledem thun, und da wir dies nicht können, würde der Versuch, die Lösung des Problems durch eine der drei Methoden zu erzielen, ein illusorischer sein. Es wäre z. B. eitel, die Wirkung der Wärme dadurch ermitteln zu wollen, daß man von den Erscheinungen, die ein Körper darbietet, alles abzöge, was seinen andern Eigenschaften zukommt; denn da wir nie im Stande waren, irgend welche Körper ohne einen Antheil von Wärme zu beobachten, so könnten die Wirkungen, die diesem Maß von Wärme zukommen, einen Theil eben der Umstände bilden, die wir abziehen vorgeben, um die Wirkungen der Wärme im Rest vorzufinden.

Wenn es daher keine andern Methoden der experimentalen Forschung als diese drei gäbe, so wären wir unfähig, die Wirkungen zu bestimmen, die der Wärme als einer Ursache ange-

hören. Allein wir besitzen noch eine Hilfsquelle. Wenn wir auch ein Antecedens nicht ganz ausschließen können, so können wir doch im Stande sein, eine Modification in demselben hervorzurufen, oder die Natur mag sie für uns hervorrufen. Unter einer Modification verstehen wir hier eine Veränderung, die nicht einer völligen Vernichtung des Phänomens gleichkommt. Wenn einer Modification im Antecedens A immer eine Veränderung im Consequens a folgt, während die beiden andern, b, c, dieselben bleiben, oder umgekehrt, wenn man findet, daß jede Veränderung in a im Gefolge irgendeiner Modification in A auftritt, während keine solche in einem der andern Antecedenzen bemerkbar ist, so können wir mit Sicherheit schließen, daß a ganz oder zum Theil eine auf A zurückzuführende Wirkung oder wenigstens mit diesem irgendwie auf ursächlichem Wege verknüpft ist. Bei der Wärme z. B. können wir, obgleich wir sie nicht aus einem Körper ganz und gar austreiben können, sie doch ihrer Menge nach verändern, wir können sie vergrößern oder verringern, und wenn wir das thun, so finden wir, durch die verschiedenen bereits besprochenen Methoden des Versuchs oder der Beobachtung, daß eine solche Zunahme oder Abnahme von Wärme eine Ausdehnung oder Zusammenziehung des Körpers zur Folge hat. Auf diesem Wege gelangen wir zu dem Schlusse, der sonst für uns unerreichbar wäre, daß es eine der Wirkungen der Wärme ist, den Umfang der Körper, oder was dasselbe mit andern Worten besagt, die Abstände zwischen den kleinsten Theilchen zu vergrößern.

Eine Veränderung an einem Ding, die nicht seiner völligen Vernichtung gleichkommt, d. h. eine Aenderung, bei der es noch dasselbe Ding bleibt, das es war, muß eine Aenderung entweder in seiner Quantität oder in einer seiner variablen Beziehungen zu andern Dingen sein, unter welchen Beziehungen seine Lage im Raume die hauptsächlichste ist. Im vorangehenden Beispiele war die Modification im Antecedens eine Veränderung seiner Quantität. Es sei jetzt die Frage die, welchen Einfluß der Mond auf die Erdoberfläche ausübt. Wir können nicht einen Versuch in der Abwesenheit des Mondes anstellen, um zu beobachten, welchen irdischen Erscheinungen seine Vernichtung ein Ende machen würde; allein wenn wir finden, daß alle Veränderungen in der Stellung des Mondes entsprechende Veränderungen in der Zeit und dem Ort des Hochwassers zur Folge haben, wobei der Ort immer entweder der

Theil der Erde ist, der dem Monde am nächsten steht oder der von ihm am weitesten entfernt ist, so besitzen wir einen ausreichenden Beweis dafür, daß der Mond ganz oder zum Theil die Ursache ist, welche die Erscheinungen der Fluth bestimmt. Es geschieht sehr gewöhnlich, daß, wie in diesem Falle, die Veränderungen einer Wirkung jenen ihrer Ursachen entsprechend oder analog sind; in dem Maß als der Mond weiter gegen Osten rückt, thut der Hochwasserpunct dasselbe. Allein dies ist keine unentbehrliche Bedingung dieses Verhältnisses, wie man aus demselben Beispiel sehen kann, denn neben diesem Hochwasserpunct gibt es in demselben Augenblicke noch einen andern, in diametral entgegengesetzter Richtung, der daher nothwendig nach Westen rückt, sowie der Mond nebst der näheren Fluthwelle weiter gegen Osten vorrückt, und doch sind diese beiden Bewegungen gleich sehr Wirkungen der Mondbewegung.

Daß die Schwingungen des Pendels durch die Erde verursacht werden, geht aus ähnlichen Beweisgründen hervor. Diese Schwingungen finden zwischen gleichweit abstehenden Punkten zu beiden Seiten einer Linie statt, die perpendicular gegen die Erde gerichtet ist und sich somit mit jeder Veränderung in der Stellung der Erde, entweder im Raume oder im Verhältniß zu jenem Gegenstande, verändert. Genau gesprochen wissen wir nur durch die jetzt gekennzeichnete Methode, daß alle auf der Erde befindlichen Körper zur Erde hinstreben und nicht zu irgendeinem unbekannten festen Punkte, der in derselben Richtung liegt. In je 24 Stunden fällt in Folge der Erdumdrehung die Linie, die vom Körper unter rechten Winkeln zur Erde gezogen wird, nach einander mit allen Radien eines Kreises zusammen, und in dem Lauf von sechs Monaten verändert sich der Ort jenes Kreises um beinahe 40 Millionen Meilen. Und doch bleibt bei allen diesen Veränderungen in der Stellung der Erde die Linie, in der Körper zu fallen streben, gegen sie gerichtet. Daraus folgt, daß die irdische Schwerkraft zur Erde und nicht, wie sich einst Manche einbildeten, nach einem festen Punkte im Raume gerichtet ist.

Die Methode, durch die diese Ergebnisse erzielt wurden, kann man die Methode der Begleitveränderungen*) oder die Variationsmethode nennen; sie wird durch den folgenden Canon geregelt.

*) [Man wird mir diese Neubildung, der es an ausreichenden Analogien (Begleiterscheinung, Begleitsunktkreis) nicht fehlt, hoffentlich zu gute halten.]

Fünfter Kanon.

Jede Erscheinung, die sich in irgendeiner Weise verändert, so oft sich eine andere Erscheinung in einer besonderen Weise verändert, ist entweder eine Ursache oder eine Wirkung dieser Erscheinung oder hängt mit ihr durch irgend ein ursächliches Verhältniß zusammen.

Wir fügen die letzte Clausel hinzu, weil, wenn zwei Erscheinungen einander in ihren Veränderungen begleiten, daraus noch keineswegs folgt, daß die eine die Ursache und die andere die Wirkung ist. Dasselbe kann, und muß ja, geschehen, wenn wir annehmen, daß es zwei verschiedene Wirkungen einer gemeinsamen Ursache sind. Und durch diese Methode allein könnte man nie ausmachen, welche von den beiden Voraussetzungen die richtige ist. Der einzige Weg, um jeden Zweifel zu lösen, wäre der, auf den wir schon so oft hinwiesen, daß wir nämlich zu ermitteln suchten, ob wir die eine Reihe von Veränderungen mittelst der andern hervorbringen können. In dem Fall der Wärme z. B. vermehren wir, wenn wir die Temperatur eines Körpers vermehren, auch seinen Umfang; aber indem wir seinen Umfang vermehren, vermehren wir nicht seine Temperatur; im Gegentheil (wie bei der Verdünnung der Luft unter dem Recipienten einer Luftpumpe) verringern wir sie gewöhnlich, darum ist Wärme nicht eine Wirkung, sondern eine Ursache der Zunahme des Umfanges. Wenn wir nicht selbst die Veränderungen hervorbringen können, so müssen wir uns bemühen, obgleich dies ein selten von Erfolg gekröntes Bemühen ist, sie in irgendeinem Falle durch die Natur erzeugt zu finden, in dem uns die vorher bestehenden Umstände vollkommen bekannt sind.

Es braucht kaum gesagt zu werden, daß wir, um das gleichförmige Handinhandgehen von Veränderungen der Wirkung mit Veränderungen der Ursache zu ermitteln, dieselben Vorkehrungen anwenden müssen, wie bei jedem andern Fall, in dem wir eine unabänderliche Aufeinanderfolge zu bestimmen haben. Wir müssen uns bemühen, alle andern Antecedenzen unverändert zu erhalten, während dieser eine der erforderlichen Reihe von Veränderungen unterworfen wird, oder mit andern Worten, damit wir berechtigt seien, einen ursächlichen Zusammenhang aus dem Handinhandgehen von Veränderungen zu erschließen, muß dieses Handinhandgehen selbst durch die Unterschiedsmethode bewiesen sein.

Es könnte zunächst scheinen, daß die Variationsmethode ein neues Axiom oder Gesetz der Ursächlichkeit überhaupt annimmt, daß nämlich jede Modification in der Ursache eine Veränderung der Wirkung zur Folge hat. Und es geschieht gewöhnlich, daß, wenn eine Erscheinung A eine Erscheinung a verursacht, jede Veränderung in der Größe oder in den verschiedenen Beziehungen von A eine Veränderung in der Größe oder den Beziehungen von a gleichförmig zur Folge hat. Um einen gewöhnlichen Fall, den der Schwerkraft zu nehmen: die Sonne verursacht in der Erde ein gewisses Streben nach Bewegung; hier haben wir Ursache und Wirkung, aber dieses Streben ist gegen die Sonne gerichtet und wechselt daher in ihrer Richtung, wie die Sonne in der Beziehung ihrer Stellung wechselt, und überdies wechselt dies Streben in seiner Stärke in einem gewissen Zahlenverhältniß zu der Entfernung der Sonne von der Erde, d. h. nach einer andern Beziehung der Sonne. So sehen wir, daß nicht nur eine unabänderliche Verbindung zwischen der Sonne und der Gravitation der Erde besteht, sondern daß zwei von den Beziehungen der Sonne, ihre Stellung in Rücksicht auf die Erde und ihre Entfernung von derselben, mit der Größe und der Richtung der Gravitation der Erde unabänderlich als Antecedenzien verknüpft sind. Die Ursache davon, daß die Erde überhaupt gravitirt, ist einfach die Sonne; aber die Ursache davon, daß sie mit einer gegebenen Stärke und in einer gegebenen Richtung gravitirt, ist das Vorhandensein der Sonne in einer gegebenen Richtung und in einer gegebenen Entfernung. Es ist nicht auffallend, daß eine modificirte Ursache, die in Wahrheit eine verschiedene Ursache ist, auch eine verschiedene Wirkung hervorruft.

Obgleich es meistens wahr ist, daß eine Modification der Ursache eine Modification der Wirkung zur Folge hat, so setzt die Methode der Begleitveränderungen dies doch nicht als ein Axiom voraus. Sie verlangt nur den umgekehrten Satz: daß irgendetwas, auf dessen Modificationen Modificationen einer Wirkung unabänderlich erfolgen, die Ursache dieser Wirkung ist (oder mit der Ursache zusammenhängt), ein Satz, dessen Wahrheit einleuchtend ist; denn wenn die Sache selbst keinen Einfluß auf die Wirkung hätte, so könnten auch die Modificationen der Sache keinen Einfluß auf sie haben. Wenn die Gestirne keine Gewalt über die Schicksale der Menschen besitzen, so liegt schon in diesen

Worten selbst, daß auch die Conjunctionen oder Oppositionen verschiedener Sterne keine solche Gewalt besitzen können.

Obgleich die schlagendsten Anwendungen der Methode der Begleitveränderungen in den Fällen stattfinden, in denen die eigentlich so genannte Unterschiedsmethode unanwendbar ist, so beschränkt sich ihre Anwendung doch nicht auf diese Fälle; sie kann oft mit Nutzen der Differenzmethode nachfolgen, um einer Lösung, die durch diese erzielt wurde, noch genauere Bestimmtheit zu verleihen. Wenn durch die Unterschiedsmethode zuerst festgestellt wurde, daß ein gewisser Gegenstand eine gewisse Wirkung hervorbringt, so kann man die Methode der Begleitveränderungen mit Nutzen zu Hilfe nehmen, um zu bestimmen, nach welchem Gesetze die Größe oder die verschiedenen Beziehungen der Wirkung denen der Ursache folgen.

§. 7. Der Fall, in dem diese Methode die ausgedehnteste Anwendung gestattet, ist der, in dem die Veränderungen der Ursache quantitativer Art sind. Bei solchen Veränderungen können wir in der Regel mit Sicherheit annehmen, daß sie nicht nur von Veränderungen, sondern auch von gleichartigen Veränderungen der Wirkung begleitet sein werden. Denn der Satz, daß ein Plus der Ursache ein Plus der Wirkung zur Folge hat, ist ein Corollar aus dem Gesetze der Ursachenzusammensetzung, die, wie wir sahen, bei ursächlichen Verhältnissen die Regel ist, während Fälle der entgegengesetzten Art, daß nämlich Ursachen bei ihrer Vereinigung ihre Eigenschaften wechseln, specielle und Ausnahmefälle sind. Nehmen wir nun an, daß, wenn A sich der Quantität nach ändert, auch a sich der Quantität nach ändert, und zwar in der Weise, daß wir das Zahlenverhältniß nachweisen können, das zwischen den Veränderungen des einen und jenen Veränderungen des anderen obwaltet, welche innerhalb der Grenzen unserer Beobachtung stattfinden. Wir können dann unter gewissen Vorkehrungen mit Sicherheit schließen, daß dasselbe Zahlenverhältniß auch jenseits dieser Grenzen Geltung haben wird. Finden wir z. B., daß, mit der Verdoppelung, der Verdreifachung oder Vervielfachung von A auch a verdoppelt, verdreifacht oder vervielfacht wird, so können wir schließen, daß, wenn A zur Hälfte oder zum Drittheil würde, auch a zur Hälfte oder zum Drittheil würde, und endlich, daß, wenn A vernichtet würde, es auch a würde und daß a ganz und gar die Wirkung von A oder ganz und gar die Wir-

fung derselben Ursache wie A ist. Und so bei jedem Zahlenverhältniß, bei dem A und a gleichzeitig verschwinden würden, wie z. B. wenn a dem Quadrat von A proportional wäre. Wenn jedoch auf der anderen Seite a nicht gänzlich die Wirkung von A ist, doch aber wechselt, wenn A wechselt, so ist es wahrscheinlich eine mathematische Function nicht von A allein, sondern von A und noch etwas anderem; seine Veränderungen können z. B. von der Art sein, wie sie eintreten würden, wenn ein Theil davon constant bliebe oder nach irgendeinem anderen Princip wechselte und der Rest in irgend einem Zahlenverhältniß zu den Veränderungen von A wechselte. In diesem Falle wird man finden, daß, wenn A abnimmt, a sich nicht dem Zero, sondern irgendeiner anderen Grenze nähert, und wenn der Gang der Veränderungen so beschaffen ist, daß er anzeigt, welche diese Grenze ist, wenn es eine constante oder welches das Gesetz ihrer Veränderung, wenn es eine variable ist, so wird die Grenze genau anzeigen, wie viel von a die Wirkung irgendeiner anderen und selbstständigen Ursache ist und der Rest wird die Wirkung von A (oder von der Ursache von A) sein.

Diese Schlüsse darf man jedoch nicht ohne einige Vorsichtsmäßigregeln ziehen. Zunächst setzt die Möglichkeit, sie überhaupt zu ziehen, offenbar voraus, daß wir nicht nur mit den Variationen, sondern auch mit den absoluten Größen sowohl von A, als von a bekannt sind. Kennen wir nicht die Gesamtgrößen, so können wir natürlich nicht das wirkliche Zahlenverhältniß bestimmen, nach dem diese Größen wechseln. Es ist daher ein irriger Schluß, wenn man mit einigen Forschern annimmt, daß, weil die Vermehrung der Wärme Körper ausdehnt, d. h. den Abstand zwischen ihren kleinsten Theilchen erweitert, darum dieser Abstand ausschließlich die Wirkung der Wärme ist, und wenn wir den Körper seiner Wärme völlig berauben könnten, dann auch die Theilchen sich unmittelbar berühren würden. Dies ist nur eine Muthmaßung, und eine Muthmaßung der gewagtesten Art, nicht eine berechtigte Induction; denn da wir weder wissen, wie viel Wärme in einem Körper vorhanden ist, noch auch welche die wirkliche Entfernung zwischen zweien seiner kleinsten Theilchen ist, so können wir nicht beurtheilen, ob die Verringerung des Abstandes der Verringerung der Wärmemenge nach einem solchen Zahlenverhältniß folgt oder nicht, daß die beiden Größen zu gleicher Zeit verschwinden würden.

Wir wollen dagegen einen Fall betrachten, in dem die ab-

soluten Größen bekannt sind, den Fall, mit dem es das erste Gesetz der Bewegung zu thun hat, daß nämlich alle Körper, die in Bewegung begriffen sind, sich in einer geraden Linie mit gleichförmiger Geschwindigkeit fortbewegen, bis eine neue Kraft auf sie einwirkt. Diese Aufstellung steht in offenbarem Widerspruch mit dem ersten Anschein; alle irdischen Gegenstände, die in Bewegung begriffen sind, lassen allmählig an Geschwindigkeit nach und bleiben zuletzt stehen, und dies hielten daher die Alten mit ihrer *inductio per enumerationem simplicem* für das Gesetz. Jeder in Bewegung begriffene Körper begegnet jedoch verschiedenen Hindernissen, wie der Reibung, dem Luftwiderstand, die wir aus der täglichen Erfahrung als Ursachen kennen, welche fähig sind, die Bewegung aufzuheben. Man gerieth auf den Gedanken, daß die gesammte Verlangsamung auf Rechnung dieser Ursachen zu setzen sei. Wie erforschte man dies? Hätte man die Hindernisse gänzlich zu entfernen vermocht, so hätte man den Fall unter die Unterschiedsmethode bringen können. Sie konnten jedoch nicht entfernt, sondern nur verringert werden und der Fall ließ sich daher nur mittelst der Variationsmethode behandeln. Da man daher diese anwandte, so fand man, daß jede Verringerung der Hindernisse die Verlangsamung der Bewegung verringerte, und insofern in diesem Falle (anders als bei der Wärme) die Gesamtgrößen sowohl des Antecedens als des Consequens bekannt waren, so war es thunlich, mit annähernder Genauigkeit die Größe der Verlangsamung sowohl als der verlangsamenden Ursachen oder Widerstände abzuschätzen, und zu beurtheilen, wie weit sich beide ihrem völligen Aufhören näherten, und es zeigte sich, daß die Wirkung eben so rasch verschwand und jedes Mal eben so weit auf dem Wege zur Vernichtung war, wie die Ursache. Die einfache Schwingung eines an einem festen Punkte aufgehängten Gewichtes, das man ein wenig aus der senkrechten Richtung bewegt, eine Schwingung, die unter gewöhnlichen Umständen nur wenige Minuten dauert, wurde in Borda's Versuchen bis auf mehr als dreißig Stunden verlängert, indem man die Reibung an dem Befestigungspuncte so viel als möglich verminderte und den Körper in einem so viel als möglich luftleeren Raume schwingen ließ. Man konnte daher nicht anstehen, die ganze Verlangsamung der Bewegung dem Einflusse der Hindernisse zuzuschreiben, und da nach Abzug dieser Verlangsamung von der Gesammtercheinung der Rest eine gleichförmige Geschwindigkeit war, so ergab sich

hieraus der Satz, den man als das erste Gesetz der Bewegung kennt.

Noch durch eine andere eigenthümliche Ungewißheit wird der Schluß beeinträchtigt, daß das Gesetz der Veränderung, welches die Größen innerhalb der Grenzen unserer Beobachtung befolgen, auch jenseits dieser Grenzen in Kraft bleiben wird. Es ist natürlich zunächst die Möglichkeit vorhanden, daß jenseits dieser Grenzen und daher unter Umständen, von denen wir keine unmittelbare Kenntniß haben, irgendeine entgegenwirkende Ursache sich entwickeln kann, entweder ein neues Agens oder eine neue Eigenschaft der betreffenden Agentien, welche unter den unserer Beobachtung zugänglichen Umständen in ihnen schlummert. Dies ist ein Element der Ungewißheit, welches alle unsere Vorherbestimmungen von Wirkungen in beträchtlichem Maße berührt. Aber es findet keine besondere Anwendung auf die Variations-Methode. Die Ungewißheit, von der ich sprechen will, ist jedoch dieser Methode eigenthümlich, insbesondere in den Fällen, in denen die äußersten Grenzen unserer Beobachtung sehr enge sind im Vergleich mit den möglichen Veränderungen in den Größen der Erscheinungen. Jeder, der das geringste von Mathematik weiß, erinnert sich, daß sehr verschiedene Variationsgesetze Zahlenergebnisse liefern, die innerhalb enger Grenzen nur wenig von einander verschieden sind, und oft wird der Unterschied zwischen den Ergebnissen zweier verschiedener Gesetze nur dann wahrnehmbar, wenn die absolute Größe der Variation eine beträchtliche ist. Wenn daher solche Variationen in der Größe der Antecedenzen, wie wir sie beobachten können, im Vergleich mit den Gesamtgrößen nur gering sind, so sind wir in großer Gefahr, das Zahlengesetz irrig aufzufassen, und die Variationen, die jenseits dieser Grenzen stattfinden würden, falsch zu berechnen, ein Irrthum, der jeden Schluß über die Abhängigkeit der Wirkung von der Ursache fälschen würde, den man auf jene Variationen gründen könnte. Es fehlt nicht an Beispielen von solchen Fehlschlüssen. „Die Formel“, sagt Sir John Herschel*), „die man auf empirischem Wege (bis vor sehr kurzer Zeit) für die Elasticität des Dampfes und jene, die man für den Widerstand von Flüssigkeiten und für Aehnliches aufgestellt hat, haben fast niemals“, wenn man ihnen jenseits der Grenzen der Beobachtungen, aus denen sie hergeleitet wurden, Geltung beimaß,

*) Discourse on the Study of Natural Philosophy S. 179.

„den theoretischen Bau zu tragen vermocht, den man auf sie gründen wollte.“

Bei dieser Ungewißheit kann der Schluß, den wir aus den Begleitveränderungen von a und A auf das Dasein einer unabänderlichen und ausschließlichen Verbindung zwischen ihnen oder auf die Beständigkeit desselben Zahlenverhältnisses zwischen ihren Veränderungen ziehen können, nicht als das Ergebnis einer vollständigen Induction gelten, sobald die Quantitäten viel größer oder geringer als diejenigen sind, die wir zu beobachten vermochten. Alles was man in einem solchen Falle in Betreff eines ursächlichen Verhältnisses als bewiesen ansehen kann, ist dies, daß zwischen den beiden Erscheinungen irgendein Zusammenhang obwaltet, daß A oder etwas, das auf A Einfluß üben kann, eine von den Ursachen sein muß, die zusammengekommen a bestimmen. Wir können uns jedoch überzeugt halten, daß das Verhältniß, welches wir zwischen den Variationen von A und a wahrgenommen haben, in allen Fällen Stich halten wird, die zwischen dieselben äußersten Grenzen fallen, d. h. überall dort, wo die größte oder geringste Höhe der Variation, in der das Ergebnis erfahrungsmäßig mit dem Gesetz zusammentraf, nicht überschritten ist.

Die vier Methoden, die ich jetzt darzustellen versucht habe, sind die einzigen möglichen Arten der experimentalen Forschung oder der directen Induction *a posteriori*, im Unterschiede von der Deduction, wenigstens kenne ich keine anderen und vermag keine ausfindig zu machen. Und auch unter diesen ist die Methode der Reste, wie wir gesehen haben, nicht unabhängig von Deduction, obgleich man sie, da sie auch der specifischen Erfahrung bedarf, angemessenerweise unter die Methoden der unmittelbaren Beobachtung und des Versuches rechnen kann.

Hierin also, und in dem Beistand, den die Deduction gewährt, liegen die Hilfsquellen beschlossener, die dem menschlichen Geiste zu Gebote stehen um die Gesetze der Aufeinanderfolge von Erscheinungen zu ermitteln. Bevor wir daran gehen, gewisse Umstände hervorzuheben, durch welche die Schwierigkeit und die Verwickelung im Gebrauch dieser Methoden unendlich gesteigert werden, wird es passend sein, die Anwendung der Methoden selbst durch angemessene Beispiele aus der wirklichen Naturforschung zu erläutern. Diese sollen demgemäß den Gegenstand des folgenden Abschnitts bilden.