

Quelle

LIEBIG, JUSTUS VON (1865/1874): Induction und Deduction. In: Justus von Liebig, *Reden und Abhandlungen*. C. F. Winter'sche Verlagsbuchhandlung. Leipzig und Heidelberg 1874, p. 296 – 309.

Inhalt

Bei einer deduktiven Vorgehensweise werden aus bestimmten, als bekannt vorausgesetzten Prämissen logische Schlussfolgerungen gezogen. Die Entdeckung solcher Prämissen erfolgt nach LIEBIG durch Induktion. Sie hat nichts mit einem Schluss im logischen Sinn zu tun, vielmehr handelt es sich um einen eigentümlichen geistigen Prozess, in dem Einbildungskraft und Experimentierkunst die Hauptrolle spielen: Durch geschickte Gedankenkombinationen werden aus empirischen Fakten neue Zusammenhänge gefolgert. LIEBIG erläutert diese Vorgänge anhand von Entdeckungen aus Physik und Chemie.

Sein Verständnis von Induktion hat nichts mit dem herkömmlichen der Wissenschaftstheorie zu tun, wonach bei einem induktiven Schluss, etwa aus der Beobachtung, dass einige Schwäne weiß sind, „geschlossen“ wird, dass es auch alle anderen Schwäne seien. Denn bei diesem „Schluss“, so würde er argumentieren, werde gar nichts Neues hervorgebracht; vielmehr handele es sich bloß um eine am Schreibtisch vollzogene Verallgemeinerung.

Weitere thematisch ähnliche Arbeiten von LIEBIG

LIEBIG, JUSTUS VON (1863/1874): Francis Bacon von Verulam und die Geschichte der Naturwissenschaften. In: Justus von Liebig, *Reden und Abhandlungen*. C. F. Winter'sche Verlagsbuchhandlung. Leipzig und Heidelberg 1874, p. 220 – 254.

LIEBIG, JUSTUS VON (1863/1874): Ein Philosoph und ein Naturforscher über Francis Bacon von Verulam. In: Justus von Liebig, *Reden und Abhandlungen*. C. F. Winter'sche Verlagsbuchhandlung. Leipzig und Heidelberg 1874, p. 255 – 279.

LIEBIG, JUSTUS VON (1864/1874): Noch ein Wort über Francis Bacon von Verulam. In: Justus von Liebig, *Reden und Abhandlungen*. C. F. Winter'sche Verlagsbuchhandlung. Leipzig und Heidelberg 1874, p. 280 – 295.

Abweichungen zum Originaltext

Sperrungen im Originaltext wurden durch Kursivschrift ersetzt. Außerdem wurden Kopfzeilen hinzugefügt und Druckfehler durch eckige Klammern kenntlich gemacht. Dort, wo im Originaltext eine Seite endet, wurde der Seitentrenner ‚\‘ eingeführt und die jeweilige Seitenzahl hinzugefügt. So bedeutet ‚gleichzeitige \₂₉₆‘, dass die Seite 296 mit dem Wort ‚gleichzeitige‘ endet.

Induction und Deduction.

Rede, gehalten in der Sitzung der k. Akademie der Wissenschaften

in München am 28. März 1865.

Ueber das Wesen der Naturforschung hat man meistens so unvollkommene und irrige Vorstellungen, dass es vielleicht für Manche nicht ohne Interesse ist, wenn ich die Ansichten hierüber, die ich in einem früheren Vortrage über Francis Bacon von Verulam ausgesprochen habe, zu erläutern und zu ergänzen suche.

Die Philosophen nehmen im Allgemeinen zweierlei Methoden der Erforschung der Naturerscheinungen oder der Naturgesetze an, die *Induction* und die *Deduction*, beide seien im Grunde nur verschiedene Wege, und ihr Ziel dasselbe; die Verschiedenheit liege in dem Ausgangspunkte: die deductive Methode gehe vom Allgemeinen, die inductive von dem Besondern aus; bei der Verbindung beider gehe die Induction der Deduction voran.

Das Wesen der Induction nach der Ansicht von Aristoteles dürfte wohl am nächsten durch das von ihm gegebene Beispiel eines Inductionsschlusses versinnlicht werden.

Mensch, Pferd, Maulesel etc. leben lange.

Mensch, Pferd, Maulesel etc. haben wenig Galle.

Also alle Thiere, welche wenig Galle haben, leben lange.

Diese Schlussweise, wenn man sie so nennen will, ist dem Naturforscher geläufig; aber was hier Schluss heisst, ist für ihn nur die Wahrnehmung des Nebeneinanderseins zweier Erscheinungen; die Gallenlosigkeit ist eine Thatsache, welche die Langlebigkeit begleitet; es ist ein Theil eines Ganzen, und der Schluss kein Syllogismus, der den Grund der Abhängigkeit der Langlebigkeit von der Gallenlosigkeit in sich einschliesst. Man darf nur in dem Mittelbegriff anstatt

„Galle“ eine andere gleichzeitige ²⁹⁶ Thatsache, die gewissen Thieren eigenthümlich ist, substituieren, z. B.

Pferde, Maulesel etc. leben lange

Pferde, Maulesel etc.	{	haben wenig Galle
		haben Glycogen im Fleische
		haben keine Harnsäure
		haben Hippursäure

um sogleich wahrzunehmen, dass die Verbindung derselben mit der Langlebigkeit rein willkürlich ist, und nicht auf einer Verstandesoperation beruht.

Der Naturforscher sucht zur Erklärung einer Naturerscheinung oder eines Vorganges zwischen den von ihm wahrgenommenen Theilen derselben eine Verbindung herzustellen, und er geht allerdings zunächst bei zwei Thatsachen, die den Vorgang stetig begleiten, von der Vermuthung aus, dass sie einander bedingen, oder dass eine von der andern abhängig ist, aber dies ist bloß eine Vorstellung, die keinen Grund, sondern nur eine Wahrnehmung für sich hat, welche in dem Geiste eines Jeden entstehen oder auch nicht entstehen kann.

Aristoteles bezeichnet die Induction als den Weg vom Einzelnen zum Allgemeinen, da es sich in der Naturforschung zuerst um die Kenntniss der Erscheinung und hernach um deren Erklärung handle; aber in diesem Sinne ist es klar, dass er die Induction nicht als eine *Methode*, sondern als eine *Regel* der Forschung betrachtet hat.

Es ist klar, dass, wenn alle Naturkräfte und ihre Gesetze und alle Dinge, ihre Natur, Verhalten und Eigenthümlichkeiten uns bekannt wären, so würde die Untersuchung eines besondern Vorganges und dessen Erklärung eine einfache deductive Aufgabe sein; jeder einzelne Fall würde alsdann durch Schlüsse des Verstandes lösbar sein.

Denken wir uns, es solle das Rosten des Eisens in der Luft erklärt werden; die vorangegangene Untersuchung des Rostes hat festgestellt, dass derselbe Eisen, Sauerstoff und Wasser enthält, es ist ferner die Zusammensetzung der Luft bekannt;

die Elemente zur Erklärung des Vorganges des Rostens sind vollständig vorhanden, aber der Versuch zeigt, dass Eisen in Sauerstoff bei Gegenwart von Wasserdampf nicht rostet; es muss demnach ausser dem Sauerstoff und Wasserdampf noch ein Bestandtheil der Luft dabei sein, wenn Eisen in Rost übergehen soll; man weiss nun, ²⁹⁷ dass die Luft noch sehr kleine Mengen von Kohlensäure enthält; der Versuch zeigt, dass eine Spur Kohlensäure hinreicht, um eine grosse Masse Eisen bei hinlänglichem Sauerstoffzutritt in Oxyd überzuführen; aber der Rost enthält keine Kohlensäure; die Frage ist: welchen Antheil diese Säure an dem Prozesse nimmt; eine andere bekannte Thatsache reicht jetzt hin, um die Erklärung zu vervollständigen; dies ist das Verhalten des kohlen-sauren Eisen-oxyduls; in feuchter Luft zieht es Sauerstoff an und wird zum höhern Oxyd, welches keine Verbindung mit der Kohlensäure eingeht; beim Rosten des Metalls entsteht zuerst das niedere Oxyd, welches die Kohlensäure bindet, diese wird beim Uebergange des Oxyduls in Oxyd frei, und fähig, ihre ursprüngliche Wirkung zum zweiten- und hundertstenmale auf das noch vorhandene Metall auszuüben, so dass nach und nach das ganze Stück durch und durch zu Eisenrost wird. Die Untersuchung stellt ferner fest, dass es einen besondern Fall giebt, wo das Eisen in feuchter Luft auch ohne Gegenwart von Kohlensäure rostet, wenn die Luft nämlich ammoniakhaltig ist, dass sich aber dann das Rosten nicht fortsetzt, und zuletzt, dass bei dem Rosten ein elektrischer Process mit thätig ist.

Zu dieser Classe von Untersuchungen gehört u. a. die der Entstehung des Thaues von Dr. *Wells*. Dass der Thau ein wässriger Niederschlag ist und durch Abkühlung entsteht, darüber war kein Zweifel; auch darüber nicht, dass es nur zwei Arten von Abkühlungen giebt. Die zu lösende Aufgabe bewegte sich um die Frage: ob die Abkühlung durch Leitung oder Strahlung bedingt werde, welche durch Beobachtungen und durch Versuche, abgeleitet von bekannten Gesetzen, gelöst werden konnte. Die Beobachtung ergab, dass es häufig thaut bei Mondschein, aber eben so häufig, wenn der Mond nicht scheint – dass nicht alle Körper gleich stark bethauen, auch wenn sie nebeneinander liegen – glatte weniger als rauhe – dass es im Sommer häufig thaut, wenn die Sonne aufgeht – im Herbste, wenn sie untergeht – dass es nicht thaut unter Bäumen – nicht unter hervorspringenden Dächern von Häusern – nicht wenn der Himmel bedeckt ist – nur bei heiterem Himmel und stiller Luft.

Aus den bekannten Gesetzen der strahlenden Wärme zieht der Verstand, gestützt auf diese Thatsachen, den Schluss, dass die Abkühlung der Erdoberfläche in Folge ihres Wärmeverlustes durch Strahlung die nächste Ursache der Thaubildung ist; und indem er damit das Verhalten des Wasserdampfes in der Luftschicht in ²⁹⁸ Verbindung bringt, welche die erkältete Erdoberfläche bedeckt, erklärt er nicht nur alle Fälle, in welchen sich Thau bildet oder nicht bildet, sondern auch eine Menge Erscheinungen, die von der nämlichen Ursache bedingt sind, die Reifbildung, das Erfrieren der Bäume im Frühling ohne eigentlichen Frost. Die von *Wells* angestellten Versuche (der z. B., dass ein Thermometer, welcher zur Nachtzeit in dem Brennpunkte eines gegen den heiteren Himmel gerichteten Hohlspiegels steht, unter die Temperatur der umgebenden Luft sinkt) sind einfache Schlussfolgerungen aus der Idee, zu welcher ihn seine Beobachtungen geleitet hatten.

Den Untersuchungen dieser Art stehen keine äussern Schwierigkeiten entgegen, und zu ihrer Ausführung reichen Kenntnisse und die richtige Beurtheilung der Verhältnisse vollkommen aus; sie kommen selten vor, weil der Naturforscher bei den meisten andern Aufgaben das zu seinem Denkprocess nothwendige Gedankenmaterial nicht vorfindet; auch wird man bemerken, dass durch dieselben zwar unsere Einsicht in das Wesen der Erscheinungen vermehrt und gründlicher gemacht, aber die Grenzen der Wissenschaft nicht erweitert werden.

In der grossen Mehrzahl seiner Untersuchungen stösst der Forscher auf Hindernisse, die er mit dem ganzen Vorrathe von Kenntnissen, den ihm die Wissenschaft bietet, und mit dem vollkommensten Beurtheilungsvermögen nicht beseitigen kann, und dies sind neue Thatsachen oder Erscheinungen, welche unbekanntem Gesetzen angehören, die dem Verstande, aus Mangel an den zu seinen Begriffen nothwendigen vermittelnden Thatsachen, nicht zugänglich sind. Für diese Classe von Untersuchungen muss bei dem Naturforscher noch etwas hinzukommen, was wesentlich den Dichter charakterisirt, und dies ist die Einbildungskraft.

Die Summe dessen, was wir von der Natur und ihren Kräften wissen, ist in der That gegen das gehalten, was wir davon nicht wissen, so klein, dass die

Naturforscher unserer Zeit in der Mehrzahl der Fälle sich genau in der Lage der Naturforscher des 16. Jahrhunderts denen gegenüber befinden, die diesen unverständlich waren und uns jetzt geläufig sind; es fehlt uns in der Regel, wie diesen damals, an den zu dem deductiven Prozesse nothwendigen, begrifflich gewordenen Thatsachen; beim Mangel einer einzigen steht der Verstand vor einer Lücke, die er nicht ausfüllen kann; in früherer Zeit half die Einbildungskraft aus, was jetzt in unsern Erklärungen nicht mehr als zulässig betrachtet wird. ²⁹⁹

Was wir vor den frühern Forschern voraus haben, beruht demnach nicht auf einem gesteigerten Denkvermögen, auch nicht darauf, dass unsere Sinne feiner und schärfer geworden sind, sondern auf einem grösseren Reichthume von Thatsachen oder Erfahrungen, das ist auf einer Vermehrung des Materials für die Verstandesoperationen.

Ueber diesen unsern Standpunkt wird wohl kein Zweifel zu erheben sein, allein nur Wenige haben eine klare Vorstellung von der Quelle, aus welcher der stetig anwachsende Vorrath an diesem Gedankenmaterial entspringt.

Wirft man einen Blick rückwärts auf die Geschichte der sogenannten inductiven Wissenschaften, so erkennt man sogleich, dass sie Jahrhunderte lang den Charakter einer Kunst besaßen. Die Astronomie und die Mechanik waren bis auf *Newton*, ein *Theil* der Physik bis auf *Galilei*, die Chemie bis auf *Bergmann* eine Kunst. *Boerhave* definirt die Chemie noch als *ars docens exercere certas physicas operationes*.

Kunst und Wissenschaft unterscheiden sich wesentlich durch ihre verschiedenen Ziele von einander: das der Kunst ist die Aufsuchung oder Erfindung von Thatsachen, das der Wissenschaft ist die Erklärung derselben. Unter Kunst ist hier selbstverständlich keine der schönen Künste gemeint. Der Künstler sucht einen Zweck zu erreichen, der Experimentirkünstler sucht ein *Ding*, aus Einzelnen will er ein Ganzes herstellen; der Mann der Wissenschaft hingegen sucht einen *Grund*, von dem Ganzen aus geht er dessen Theilen bis zu den Wurzeln nach.

Da der Künstler von einem Grunde nichts weiss, und ein Grund ihm keine Hülfe ist, so versteht man, dass der in seinem Geiste vorgehende Process keine Verstandesoperation ist.

Der wesentliche Charakter seines Denkens liegt darin, dass er in sinnlichen Erscheinungen denkt; ähnlich, wie der Verstand die Begriffe prüft, ihren Inhalt gleichsam ausmisst und bestimmt und unveränderlich macht, so dass sie zu deductiven Operationen brauchbar werden, ganz so verfährt der inductive Künstler, er umtastet die Erscheinungen mit allen seinen Sinnen, und indem er sein durch den Willen gespanntes Wahrnehmungsvermögen einer Eigenschaft eines Dinges oder einer Eigenthümlichkeit einer Erscheinung nach der andern, mit der jedesmaligen Ausschliessung aller andern, zuwendet, erwirbt seine Einbildungskraft ein scharfes und begrenztes Bild des ganzen Dinges, vergleichbar einem abstracten Begriffe, der die ganze Wesenheit des Dinges oder der ³⁰⁰ Erscheinung in sich einschliesst; eine blaue, schwarze oder gelbe Färbung, oder die Entstehung eines weissen Niederschlages, der sich in gewissen Säuren oder Alkalien löst oder nicht löst, ruft in dem Geiste des Chemikers die Idee des Eisens, Jods, Kalis, der Bittererde, Schwefelsäure, Salzsäure etc. hervor, eines ideellen Eisens, Jods etc., durchaus verschieden von der Vorstellung, die man im gewöhnlichen Leben mit diesen Dingen verknüpft.

Der Verstand gelangt durch die Combination von richtigen Begriffen zu Schlüssen, deren Wahrheit nur *geistig* erkennbar ist; die Gedanken-Combinationen des Künstlers hingegen sind *gestaltbar*, oder fähig, den Sinnen wahrnehmbar gemacht zu werden.

In diesem eigenthümlichen geistigen Prozesse, in welchem die Einbildungskraft die Hauptrolle spielt, liegt wesentlich der Begriff, den ich mit dem Worte *Induction* verbinden möchte, und ich glaube nicht, dass er im Widerspruche mit dem von Aristoteles ist. Es ist nicht leicht eine klare Vorstellung von der Natur der Geistesoperationen des Experimentirkünstlers zu geben, die, wie gesagt, auf einer Combination von Thatsachen oder Erscheinungen beruhen, welche in einer ähnlichen Beziehung zu einander stehen wie die logischen Begriffe, die den Verstand in seinen Schlüssen leiten; aus den ihm bekannten Thatsachen oder

Reactionen schliesst er auf die Existenz einer neuen vorher unbekanntes; sein Schluss ist wieder eine Thatsache oder eine Reaction; am nächsten vielleicht lässt sich das chemische oder physikalische Denken mit dem eigenthümlichen Vermögen des Tondichters vergleichen, der in Tönen denkt.

In der exacten Forschung beruht die Logik der Erklärung einer Erscheinung oder Beweisführung für eine Ansicht auf Thatsachen, die wie die Ringe einer Kette, oder wie mit Gelenken zusammenhängen, und wer sich die Mühe nimmt, eine chemische oder physikalische Untersuchung zu lesen, erkennt sogleich, dass die Mehrzahl der dem Forscher zur Erklärung oder Beweisführung dienenden Thatsachen in der Natur nicht vorkommt, sondern dass sie von dem Naturforscher zuerst erdacht oder erfunden sind; er ist genöthigt, die seiner Verstandesoperation oder Deduction fehlenden Thatsachen durch Induction, d. h. durch Combinationen seiner Einbildungskraft, aufzusuchen, und seine Arbeit besteht darin, dass er, nach den Regeln der Experimentirkunst, die zu seinem Zwecke geeignet scheinenden Mittel oder Dinge aufeinander wirken lässt, und aus den zum Vorschein kommenden Reactionen oder Erscheinungen Schlüsse zieht auf die Existenz oder Nichtexistenz der gesuchten Thatsache; er stellt, wie man sagt, eine Reihe von Versuchen an, die in ihrem Enderfolge seiner Deduction die Richtung geben.

Die Schwierigkeiten liegen für ihn darin, dass ihm der Weg zu der Thatsache, die er sucht, völlig unbekannt ist; denn wäre er ihm bekannt, so würden ihm Verstandesschlüsse dazu verhelfen können. Er ist darum genöthigt, sich lediglich an die Erscheinungen zu halten, die ihm seine Versuche darbieten, weil sie die Merkzeichen sind, die seine Phantasie in ihren Combinationen leiten.

Die merkwürdige Entdeckung des ozonisirten Sauerstoffes auf chemischem Wege durch *Schönbein* bietet eines der einfachsten Beispiele des inductorischen Processes dar.

Schönbein hatte gefunden, dass beim Durchschlagen elektrischer Funken die atmosphärische Luft neue Eigenschaften empfängt, deren merkwürdigste in einem bis dahin unbekanntes mächtigen Verbindungsvermögen ihres Sauerstoffes besteht; in einer solchen Luft werden eine Menge von Körpern (Silber z. B.) oxydirt, auf welche der Sauerstoff in nicht elektrisirter Luft ohne allen Einfluss ist.

Wie kam nun *Schönbein* darauf, zu schliessen, dass der Phosphor, bei seinem langsamen Verbrennen in der Luft, die Luft in den nämlichen Zustand versetzen könne, wie der elektrische Funke? Dieser Schluss beruhte darauf, dass die Luft nach dem Elektrisiren nach Phosphor oder der Phosphor in der Luft genau wie elektrisirte Luft riecht; das Riechende aber in der Luft, dies hatte *Schönbein* ermittelt, besass die Wirkungen. Die Gleichheit einer sinnlichen Eigenschaft – des Geruchs – veranlasste demnach den Schluss auf die Entstehung und Existenz des gleichen Dings – des Ozons – in zwei ihrer Natur nach völlig verschiedenen Vorgängen. Wäre bei dieser Ideenverbindung dem Verstande die Führung überlassen worden, so würde dieser die Entdeckung höchst wahrscheinlich verhindert haben, denn vor derselben waren die beiden Thatsachen der Entstehung eines Dinges mit höchst oxydirenden Eigenschaften, durch oder neben einem Körper, welcher wie der Phosphor im höchsten Grade oxydabel ist, für den Verstand nicht vereinbar miteinander.

Eine der grössten Entdeckungen *Faraday's* giebt ein anderes Beispiel ab für eine zusammengesetztere Induction.

Oerstedt hatte durch einen elektrischen Strom in Metallstäben Magnetismus hervorgebracht; die Aufgabe, welche *Faraday* sich stellte, war, umgekehrt, durch einen Magneten einen elektrischen Funken oder Strom zu erzeugen; sie war auf die Hervorbringung einer Erscheinung gerichtet, und konnte, da das Gesetz und der Weg es aufzufinden unbekannt waren, nur auf künstlerischem, das ist inductivem Wege gelöst werden. Das Phänomen, einmal in allen seinen Beziehungen bekannt, konnte dann erst Gegenstand einer deductiven Untersuchung sein, und der Gegensatz der inductiven Arbeit von *Faraday* und der deductiven von *Weber* ist hieraus klar. *Faraday* suchte, wenn man den Ausdruck hier gebrauchen will, das *Ding*, *Weber* den *Grund* oder das *Gesetz*. Ich habe mathematische Physiker beklagen hören, dass *Faraday's* Abhandlungen über solche Gegenstände im Style beinahe unverständlich und kaum lesbar seien, und dass ihr Inhalt mehr dem Auszuge aus einem Tagebuche gleiche; aber der Fehler lag in ihnen. Auf Physiker, welche auf dem Wege der Chemie zur Physik gekommen sind, machen *Faraday's* Abhandlungen ganz den Eindruck einer bewundernswürdigen schönen Musik.

Die Erfindung der Elektrisirmaschine, des Elektrophors, der Leydener Flasche, der Volta'schen Säule, die drei Kepler'schen Gesetze sind durch Combinationen der Einbildungskraft erworben worden; ebenso verhält es sich mit den Verfahrungsweisen zur Gewinnung der Metalle, welche, wie die des Eisens aus den Eisensteinen, des Silbers aus den Bleierzen, des Kupfers aus den Kupfererzen etc., zu den verwickeltesten Processen gehören. Die Ueberführung des Eisens in Stahl, des Kupfers in Messing, die Verwandlung der Haut in Leder, des Fettes in Seife, die des Kochsalzes in Soda und tausend ähnliche wichtige Erfindungen sind von Menschen gemacht worden, welche keine oder eine ganz falsche Vorstellung von der eigentlichen Natur der Dinge oder den Vorgängen hatten, an die sich ihre Ideencombination knüpfte.

Der Verstand hat nicht das geringste mit den Ideenverbindungen zu thun, welche den Verfertiger von Handschuhleder auf die Thürme der Städte geführt haben, um die weissen Excremente der Dohlen und Krähen für seine Zwecke zu sammeln, oder die den Färber leiteten, den Kuhkoth zur Befestigung seiner Beizen und Farben auf den Zeugen zu benutzen, oder welche den Hüttenmann auf den an Brennmaterial armen Hochebenen Amerikas zu dem bewunderungswürdigen Verfahren der Gewinnung des Silbers auf einer Art von nassem Wege geführt haben.

Man wird alles dies merkwürdig genug finden, wenn ich ³⁰³ erwähne, dass man vor wenigen Jahren noch nicht wusste, was Glas, Seife oder Leder eigentlich ist, sowie denn noch täglich Arbeiten gemacht werden, um Aufschluss über die Vorgänge im Schmelzofen beim Sodaprocess zu erlangen.

Als letztes Beispiel, um das inductorische Verfahren in technischen Processen anschaulich zu machen, wähle ich die in der neuern Zeit entstandene Kunst der Erzeugung von Lichtbildern, deren Prozesse ihre Erklärung noch nicht gefunden haben.

Die der Photographie zu Grunde liegenden Thatsachen sind zwei: die eine, dass Silbersalze (Chlor, Brom, Jodsilber) vom Lichte geschwärzt werden; die andere, dass die ungeschwärzten Silberverbindungen in unterschwefligsaurem Natron löslich sind, so dass beide, die geschwärzten und nicht geschwärzten, durch dieses Salz von einander geschieden werden können.

Diese beiden Thatsachen bildeten den Ausgangspunkt der Versuche *Daguerre's* in Paris und *Talbot's* in London; der erstere suchte Bilder auf versilberte Kupferplatten, der andere auf Papier hervorzubringen. Wenn auf Papier, welches mit Chlor- oder Jodsilber überzogen oder durchdrungen ist, in der Camera obscura ein Bild, z. B. das eines Thurmes oder Hauses, geworfen wird, so entstand in *Talbot's* Versuchen nach stundenlanger Einwirkung des Lichtes ein Bild; die stark beleuchteten Stellen wurden, je nach der Stärke des einwirkenden Lichtes, in entsprechenden Schattirungen geschwärzt, die Schatten blieben weiss oder heller; die Fensterrahmen, z. B. eines Hauses, werfen weniger Licht auf das Papier als das Glas der Fensterscheiben, ein dunkler Stein weniger als die hellen Steine; was auf dem Gegenstande dunkel war, erschien hell, das Helle dunkel; es entstand auf dem Papiere ein sogenan[n]tes negatives Bild. Wurde das Papier jetzt mit einer Lösung von unterschwefligsaurem Natron gewaschen, so nahm dieses das durch das Licht unveränderte Chlorsilber hinweg; wäre es auf dem Papiere geblieben, so würde das Bild im Tageslichte nach und nach ganz schwarz geworden, es würde wieder verschwunden sein; das genannte Salz war darum das Mittel, um es fest zu machen, oder zu *fixiren*. Die ersten von *Talbot* dargestellten Bilder waren sehr unvollkommen; da ihre Hervorbringung eine lange Dauer der Einwirkung des Lichtes voraussetzte, so konnten nur Bilder von ganz unbeweglichen Gegenständen erhalten werden.

Die Versuche *Daguerre's* gaben die Veranlassung zur Vervollkommnung des Talbot'schen Verfahrens, aber in der sonderbarsten ³⁰⁴ Weise. *Daguerre* setzte seine versilberten Platten der Einwirkung von Joddämpfen aus, und versah sie in dieser Weise mit einem äusserst dünnen Ueberzuge von Jodsilber, aber in der Camera obscura entstand darauf kein Bild; monatelange Proben, in der mannichfaltigsten Weise abgeändert, gaben keinen Erfolg. Der Zufall im eigentlichsten Sinne kam ihm zu Hülfe: *Daguerre* hatte eine Anzahl seiner Platten, die zu seinen Versuchen in der Camera obscura gedient hatten, in einen alten Schrank bei Seite gestellt, in welchem sie Wochen lang ohne weitere Beachtung standen. Als er eines Tages eine der Platten herausnahm, sah er darauf zu seinem grössten Erstaunen ein Bild von der grössten Deutlichkeit in den geringsten Einzelheiten; er hatte keine Vorstellung davon, wie es entstanden war, aber in dem Schranke musste etwas sein, was es auf der Platte zum Vorschein gebracht hatte; es

standen darin allerlei Dinge: Geräte, Apparate, chemische Reagentien und unter andern eine Wanne mit metallischem Quecksilber; *Daguerre* nahm nun einen Gegenstand nach dem andern aus dem Schranke bis auf das Quecksilber, und es zeigte sich, dass er immer Bilder darin bekam, wenn er eine seiner Platten, auf die er in der Camera ein Bild geworfen hatte, ein paar Stunden lang in dem Schranke verweilen liess; an das Quecksilber dachte er lange nicht; der alte Schrank erschien ihm wie ein verzauberter Schrank; zuletzt kam er dann darauf, dass das Bild von dem Quecksilber herrühren müsse; es zeigte sich, dass es ein sogenanntes Hauchbild war. Wenn man auf eine sehr reine Glasfläche mit einem hölzernen Stifte eine Zeichnung macht, so ist auch das schärfste Auge nicht im Stande, die Linien zu sehen, welche aber deutlich zum Vorschein kommen, wenn die gezeichneten Stellen angehaucht werden; es findet auf den mit dem Stifte berührten und den andern Stellen des Glases eine ungleiche Verdichtung des Wasserdampfes statt, der sich in feinen Tröpfchen darauf niederschlägt.

In dieser Weise waren *Daguerre's* Bilder entstanden. Das Quecksilber ist flüchtig, und der Dampf desselben hatte sich im Schranke verbreitet und in Tröpfchen auf den Platten niedergeschlagen, auf den stark beleuchteten Stellen mehr als auf den schwach beleuchteten, so zwar, dass die Umrisse und Schattirungen aller Gegenstände deutlich sichtbar wurden. Ich gehe hier nicht weiter auf die Verbesserung des optischen Apparates, noch darauf ein, wie man dahin gelangte, die verwischbaren *Daguerre'schen* Bilder durch Vergoldung auf chemischem Wege dauernd und \backslash_{305} unveränderlich zu machen, sondern ich kehre zu den Bildern auf Papier zurück, und will zunächst den Einfluss besprechen, welchen die *Daguerre'schen* Entdeckungen auf die Verbesserung von *Talbot's* Verfahren hatten.

Daguerre hatte gefunden, dass eine secundenlange Einwirkung des Lichtes auf seine präparirten Platten genügte, um durch Anhauchung mit Quecksilberdämpfen ein Bild darauf hervorzubringen. Da *Talbot* auf seinem Papiere dieselben Stoffe hatte wie *Daguerre* auf seinen Platten, so schloss er, dass auch auf dem Papiere bei dessen secundenlanger Beleuchtung in der Camera das Licht einen Eindruck hervorgebracht haben müsse; *Talbot* war *überzeugt*, dass ein Bild auf dem Papiere vorhanden sei, obwohl nicht das Geringste darauf zu sehen war. Diese Ueber-

zeugung trieb ihn jetzt an, nach einem Mittel zu suchen, um es hervorzurufen; es musste irgend etwas geben, was es zum Vorschein brachte.

Wie kam nun *Talbot* darauf, eine Lösung von Gallussäure für diesen Zweck anzuwenden?

Die Lösung dieser Frage dürften die Meisten einem Zufalle zuschreiben, wie bei *Daguerre's* Bildern, aber die Wahl der Gallussäure war kein Zufall. *Daguerre* hatte die Wanne mit seinem Quecksilber nicht seiner Versuche wegen in den Schrank gestellt, seine Bilder waren ohne sein Zuthun entstanden, *Talbot* hingegen suchte ein Mittel für einen bestimmten Zweck auf, und unter den vielen Tausenden von Stoffen schied seine Phantasie naturgemäss alle diejenigen aus, die damit in keiner Beziehung standen, und verweilte bei denjenigen, welche eine dem Lichte ähnliche Wirkung hervorbrachten; Licht und warme Gallussäure schwärzen die Silbersalze; die Wirkung beider ist identisch, die der Gallussäure aber weit stärker. Auf dem präparirten Papiere hatte in der Camera das Sonnenlicht eine Wirkung hervorgebracht, aber zu schwach, um wahrnehmbar zu sein; vielleicht, so schloss er, könnte sie durch Gallussäure fortgesetzt und verstärkt werden. Der Versuch gelang und die Richtigkeit der Induction war damit bewiesen.

Das Wesen der Induction dürfte aus diesen Beispielen Jedem verständlich sein; man wird bemerken, dass die Bekanntschaft mit dem Grunde der Vorgänge, wie das Licht und die Gallussäure auf Silbersalze eigentlich wirken, worauf die Lösung der Silbersalze in unterschwefligsaurem Natron beruhte, für *Talbot's* sowohl als für *Daguerre's* Ziel vollkommen gleichgültig war. \backslash_{306}

Für Personen, welche mit den Ideencombinationen der Einbildungskraft nicht bekannt sind, existiren sie natürlich nicht, und sie sind meistens geneigt, Erfindungen, welche aus den scharfsinnigsten Schlüssen derselben hervorgehen, dem Zufalle zuzuschreiben, der seinen guten Theil daran hat, wie denn dem Verstande ebenso häufig die Elemente zu seinen Schlüssen durch sogenannte zufällige Verhältnisse geliefert werden; aber der Umstand, dass das Experimentiren erlernt werden muss, seine Regeln hat und eine Kunst ist, und dass deren Erfolge eine sehr weit gehende Bekanntschaft mit Thatsachen oder sinnlichen Erscheinungen voraussetzen, giebt zuerkennen, dass sie auf einer eigenthümlichen

geistigen Arbeit beruht, an welcher der Verstand als Zuschauer, häufig als guter Rathgeber und Helfer theilnimmt, aber ohne sie zu leiten, oder ohne dass sie abhängig von ihm ist.

In der Wissenschaft sowohl als im gewöhnlichen Leben vollziehen sich die Geistesoperationen nicht nach den Regeln der Logik, sondern die Vorstellung von einer Wahrheit, die Ansicht von einem Vorgange oder der Ursache einer Erscheinung geht in der Regel der Beweisführung voraus; man kommt nicht zu dem Schlusssatz durch die Vordersätze, sondern der Schlusssatz geht vorher, und die Prämissen werden dann erst als Beweise aufgesucht.

In einer Unterhaltung über den Antheil, den die Einbildungskraft an den wissenschaftlichen Arbeiten hat, mit einem der berühmtesten französischen Mathematiker, äusserte er die Ansicht, dass bei weitem die Mehrzahl der mathematischen Wahrheiten nicht durch Deduction, sondern durch die Einbildungskraft oder auf empirischem Wege erworben worden sei, und er rechnete hierzu selbst die Eigenschaften der Dreiecke, der Ellipse etc., was nichts Anderes sagen will, als dass der Mathematiker so wenig als der Naturforscher ohne künstlerische Begabung für seine Wissenschaft etwas leisten kann.

Zur deductiven sowohl als zur inductiven Forschung gehört selbstverständlich, wenn sie Erfolg haben sollen, ein gewisser Umfang von Kenntnissen: bei dem deductiven Forscher die gründliche Kenntniss der bereits ermittelten Gesetze, zu der ihm Vorlesungen und Bücher verhelfen; bei dem inductiven Forscher die weit reichende Bekanntschaft mit sinnlichen Erscheinungen, die er in chemischen, physikalischen und physiologischen Laboratorien erwirbt; als Schulen sind die letzteren bekanntlich eine moderne Schöpfung und ihr mächtiger Einfluss auf die Entwicklung aller³⁰⁷ mit den Naturwissenschaften in Verbindung stehenden Fächer ist für den aufmerksamen Beobachter bemerklich genug.

Zu der Bekanntschaft mit sinnlichen Erscheinungen, oder den Kenntnissen von der Natur und dem Verhalten der Dinge muss sich bei dem inductiven Forscher ein Gedächtniss für die sinnlichen Erscheinungen, ein Augen-, Geschmack- und Geruchsgedächtniss und eine gewisse Kunstfertigkeit oder Geschicklichkeit verbinden, wenn er seine Aufgabe lösen soll; je ausgedehnter und umfassender seine

Bekanntschaft mit den Thatsachen und Erscheinungen ist, oder je grösser, wie man in diesem Falle sagt, seine Erfahrung ist, desto mehr wird ihm seine Arbeit erleichtert; ein erfahrener Mann macht viel weniger Versuche als ein unerfahrener, der sich mit vielen Erscheinungen erst bekannt machen muss, die dem andern bereits geläufig sind, und für die Erreichung vieler Zwecke sind dem ersteren häufig Versuche überflüssig, da die Combination der ihm bekannten Vorgänge oder Thatsachen dazu ausreicht.

In der Lösung ihrer Aufgaben beginnen der deductive und inductive Forscher auf gleiche Weise; der eine wie der andere geht von einer zusammengesetzten Idee des Verstandes oder der Einbildungskraft aus, von der in der Regel nur ein Theil wahr ist, während die andern Theile auf irrigen Schlüssen oder Combinationen beruhen. Der deductive Forscher probirt und experimentirt, um die Wahrheit zu finden, mit Verstandesbegriffen genau so wie der inductive mit sinnlichen, um das gesuchte Ding zu finden; beide streifen während der Arbeit, durch Prüfung und Verbesserung, das Irrige ab, und finden die Theile, die ihnen zur Ergänzung der Idee, welche sie in die Untersuchung mitbrachten, fehlten. Oft ist die Idee, von der sie ausgingen, ganz falsch, und es wird die richtige erst in der Untersuchung erweckt. Daher denn die Meinung mancher der grössten Forscher, dass die Arbeit alles mache, und dass jede Theorie zu Entdeckungen führe, vorausgesetzt, dass sie zur Arbeit antreibt.

In der deductiven Forschung ist es die Ueberzeugung von der Richtigkeit einer (Schluss-)Idee, welche den Verstand des Forschers zu der ihm eigenen Thätigkeit anregt, und so ist denn bei dem Experimentirkünstler die Ueberzeugung von der Existenz eines Dinges das erste und wirksamste Erforderniss, um seine Einbildungskraft in Bewegung zu setzen; die Auffindung einer neuen Thatsache oder Reaction, an welche sich die Idee eines bis dahin unbekanntes, für die Industrie oder das Leben nützlichen oder wichtigen Dinges knüpfen lässt, reicht hin, um die Ueberzeugung³⁰⁸ von dessen Existenz in vielen Individuen zu erwecken, und es kommt häufig genug vor, dass es wirklich gleichzeitig von mehreren aufgefunden wird.

Verstand und Phantasie sind für unser Wissen gleich nothwendig und in der Wissenschaft gleich berechtigt, sie haben beide einen bestimmten Antheil an allen Problemen der Physik und Chemie, der Medicin, Nationalökonomie, Geschichte und Sprachwissenschaft, und nehmen jede einen gewissen Raum in ihrem Gebiete ein; der Theil desselben, den die Einbildungskraft beherrscht, ist in eben dem Verhältnisse weiter und umfangreicher, je unbestimmter und undeutlicher das positive Wissen ist, mit welchem der Verstand es umgrenzt; der Fortschritt besteht darin, dass mit der Zunahme an Kenntnissen die Vorstellungen schwinden, die aus der Einbildungskraft entsprungen sind, und während in den ersten Perioden der Wissenschaft die Phantasie die volle Herrschaft hat, unterordnet sie sich später dem Verstande und wird dessen hülfreiche und willige Dienerin.

Die Induction unter der Leitung der Phantasie ist intuitiv und schöpferisch, aber unbestimmt und maasslos; die Deduction unter der Leitung des Verstandes analysirt und begrenzt, und ist bestimmt und maassvoll.

Einer der wesentlichsten Charaktere der deductiven Forschung in der Naturwissenschaft ist das Maass, und das Endziel aller ihrer Arbeiten ist auf einen unveränderlichen Zahlenausdruck für die Eigenschaften der Dinge, für die Vorgänge und Erscheinungen gerichtet. Die Phantasie vergleicht und unterscheidet, aber sie misst nicht, denn zum Messen gehört ein Maassstab, der ein Product des Verstandes ist.

Beim Eingreifen der Wissenschaft in eine Kunst erwächst der kaum hoch genug anzuschlagende Nutzen, dass sie die Kunst als solche, und was individuell in ihr ist, zerstört; die Wissenschaft löst die Kunst in lehrbare und erlernbare Regeln auf, durch deren Kenntniss auch der Unbegabte in den Gewerben, der Industrie, Landwirthschaft und Technik das Vermögen des begabtesten, geschicktesten und erfahrensten Praktikers empfängt, der seine Ziele auf dem kürzesten, sichersten und ökonomischsten Wege erreicht. Was früher einem Individuum eigen war, wird von da an das Gemeingut Aller. \309