

Zur Würdigung Leonardo da Vinci's als Naturforscher.

Im Jahre 1797 machte J. B. Venturi zuerst auf die grosse Bedeutung Leonardo da Vinci's in naturwissenschaftlicher Beziehung aufmerksam, indem er eine Reihe von Excerpten aus den Manuscripten desselben mit kritischen Noten versehen erscheinen liess.¹⁾ Ein eigenthümlich ungünstiges, später zu besprechendes Schicksal hatte über den Werken Leonardo's gewaltet und bewirkt, dass der Name eines Mannes in der Geschichte der Wissenschaften vergessen war, für welche er von allgemeinsten Bedeutung gewesen wäre. Seitdem ist häufiger an Leonardo erinnert und sein Werth in das richtige Licht gestellt worden, vor allem von Libri in seiner Geschichte der Wissenschaften,²⁾ von Liebig in seinen Reden und Abhandlungen,³⁾ von Dühning in seiner kritischen Geschichte der Principien der Mechanik.⁴⁾ Die ehrenvolle Erwähnung Leonardo's in letzterem Werke veranlassten den Schreiber dieser Seiten zu einer näheren Beschäftigung mit ihm, welche es wünschenswerth erscheinen liess, das Gefundene weiteren Kreisen mitzuthemen.⁵⁾

Für die Beurtheilung der Bedeutung eines Mannes ist es, wie überall, wo es sich um Messen handelt, von grösster Wichtigkeit, einen Massstab anzuwenden, der hinlänglich bekannt und anerkannt ist, und so hat es den Anschein, man könne den Werth Leonardo's nicht besser messen, als wenn man ihn vergleiche mit einem Mann, der für die Entwicklung der Naturwissenschaften von so anerkannt hervorragender Bedeutung ist, wie Bacon von Verulam. Da es sich um eine Schätzung Leonardo's handelt, so liegt darin sicher keine Begünstigung für ihn, dass er verglichen wird mit einem Forscher, der soviel später lebte, der hätte profitiren können von einem

¹⁾ Essai sur les ouvrages physico-mathématiques de Léonard de Vinci par J. B. Venturi. Paris. An V. (1797.)

²⁾ Histoire des Sciences Mathématiques en Italie, depuis la Renaissance des lettres jusqu'à la fin du dix-septième Siècle, par Guillaume Libri. Tom troisième. Paris 1840.

³⁾ Reden und Abhandlungen von Justus von Liebig. 1874. p. 283.

⁴⁾ Kritische Geschichte der allgemeinen Principien der Mechanik von Dr. E. Dühning. Berlin 1873. p. 12—15.

⁵⁾ Zu spät leider, um die verdiente Berücksichtigung finden zu können, kamen zur Kenntniss des Schreibers zwei ausführliche Schriften über Leonardo: a) Grothe, Leonardo da Vinci als Ingenieur und Philosoph, in den Verhandlungen des Vereins für Gewerbebeiss in Preussen. 1874. b) Marx, Ueber M. A. della Torre und Leonardo da Vinci, die Begründer der bildlichen Anatomie. Göttingen 1849. Von diesen Schriften bietet vorzüglich die erstere reiches und hier einschlagendes Material und kann für ein ausführlicheres Studium Leonardo's nicht genug empfohlen werden.

Kepler, Galilei, Giordano Bruno, Stevin, Harriot, Gilbert. Obschon nun dieser Vergleich den Schwerpunkt dieser Seiten zu bilden hat, so soll ihm doch ein möglichst knappes Bild von Leonardo's Leben und ein Abriss seines naturwissenschaftlichen Wissens vorausgeschickt werden, wie ihn bei der allgemeinen Bekanntheit Bacons wohl die Billigkeit verlangt.

Leonardo da Vinci, der Sohn des Advokaten Piero da Vinci, ist 1452 (nicht 1445) auf dem kleinen Schloss Vinci bei Florenz geboren. Schon früh widmete er sich unter Anleitung eines erfahrenen Meisters, André del Verrochio, der Kunst, als deren Meister er in weitesten Kreisen bekannt ist, der Malerei und brachte es in ihr schnell zu solcher Vollkommenheit, dass er seinen Meister durch einen Engelskopf auf einem Gemälde so überraschte, dass dieser sich übertroffen fühlte und den Pinsel für immer niederlegte.¹⁾ Gleichzeitig beschäftigte sich Leonardo mit der Bildhauerei, Architektur, Musik, Mechanik, Astronomie, Algebra und Botanik. In diese Zeit fällt auch sein Plan für die Schiffbarmachung des Arno. Dreissig Jahre alt verliess er das damals von Lorenzo von Medici beherrschte Toscana und ging als Musiker und Stegreifdichter an den Hof des Herzogs von Mailand. Diese Stellung genügte ihm indessen auf die Dauer nicht, er bot dem Herzog seine Dienste nach anderer Seite hin an, indem er ihm in einem Briefe Verbesserungen in der Artillerie und Fortification vorschlug. Seine Thätigkeit war eine äusserst vielseitige. Er malte sein Abendmahl, leitete den Bau verschiedener öffentlicher Gebäude und grosser Wasserwerke und modellirte das 7 Meter hohe Denkmal des Franz Sforza, welches Ludwig Sforza seinem Vater widmete. Gleichzeitig gründete und leitete er eine Akademie, deren Devisen er selbst in Kupfer stach zu einer Zeit, wo diese Art des Stichs sich eben entwickelte. Auch an der Abfassung Pacioli's Divina proportione scheint Leonardo sich in hervorragender Weise betheiligt zu haben, um die geometrischen Principien für die Malerei, Architektur und die bildenden Künste überhaupt aufzustellen. Die Eroberung Mailand's durch die Franzosen unter Ludwig XII., bei welcher Gelegenheit jenes von ihm modellirte Denkmal zerstört wurde, machte diesem ersten Aufenthalt in Mailand ein Ende, er nahm Dienste als Militär-Ingenieur bei Caesar Borgia. Bei ihm hielt es ihn indessen nicht lange, er kehrte nach Florenz zurück. Aber auch von hier vertrieb ihn trotz neuer künstlerischer Leistungen von hervorragender Bedeutung sein ungünstiges Verhältniss zum Gonfaloniere Goderini. Nach einem zweiten Aufenthalt in Mailand, den er auf Bitten Georg Amboises nahm und der besonders mit Ausführung grossartiger hydraulischer Arbeiten ausgefüllt wurde, ging er nach Rom. Aber hier gestaltete sich sein Verhältniss zu Papst Leo X. nicht zu einem günstigen und so folgte er der Einladung Franz I. von Frankreich, ging nach Amboise und lebte dort beschäftigt mit Plänen zur Canalisirung Frankreichs, bis er umgeben von seinen Schülern am 2. Mai 1519 starb. Der König war nicht zugegen, wie Vasari und Lomazzo erzählen, Venturi hat nachgewiesen, dass der Hof am Todestage in St. Germain en Laye war. Leonardo wurde in der Kirche St. Florentin in Amboise beigesetzt, wo sein Grab 1863 wieder aufgefunden und ihm von Napoleon III. ein Denkmal gesetzt wurde.

So unruhig das Leben Leonardo's sich gestaltete, so wunderbar waren die Gesicke seiner Werke, vor allem seiner Manuscripte, von denen er nie eins veröffentlichte. In ihrem Geschick liegt wohl der hervorragendste Grund dafür, dass Leonardo's-Werth nach allen Seiten hin so spät erst Würdigung fand. Ein auch nur im Manuscript vollendetes Werk hat Leonardo nicht hinterlassen. Seine Manuscripte sind Aufzeichnungen in Hefte, welche er stets

¹⁾ Vasari, Vite VII. und Amoretti, Memorie storiche di Leonardo da Vinci, sind die Hauptquellen über das Leben Leonardo's.

bei sich trug, um jede Idee, die ihm kam, sofort zu fixiren, und deren Gebrauch er auch seinen Schülern empfahl. In ihnen findet sich alles bunt durcheinander: Politik, Philosophie, Mechanik, Algebra, Geologie, Botanik, Kriegswissenschaftliches, Hydraulik, Sonnette, Baupläne und Carriaturen. Die Handschriften fallen auf und sind dadurch leicht zu erkennen, dass sie alle von rechts nach links geschrieben sind, weil, wie Lomazzo und Vasari behaupten, Leonardo mit der linken Hand schrieb.¹⁾

Nach Leonardo's Tode erhielt sein Schüler François Melzi alle seine Manuscripte und stellte sie in seinem Hause Vaprio bei Mailand auf, ohne ihren ganzen Werth zu kennen. Ein gewisser Lelio Gavardi brachte unrechtmässigerweise 13 dieser Manuscripte nach Toscana, um sie dem Grossherzog Franz I. zu verkaufen, dieser starb indessen und so wurden sie bei Alde zu Pisa deponirt. Dieser zeigte sie gelegentlich seinem Freunde Mazenta, und als dieser die Art des Erwerbs tadelte, wurde er von Gavardi gebeten, die Schriften wieder nach Mailand zu bringen und sie den Melzis wieder zuzustellen. Horace, das Haupt dieser Familie, kannte den Werth dieser Handschriften nicht, machte sie Mazenta zum Geschenk und theilte ihm mit, dass in seinem Hause Vaprio noch viele dergleichen vergessen herumständen. So erhielten mehrere Liebhaber, was übrig war. Pompée Léoni, Bildhauer am Hofe Philipp II., erhielt am meisten. Er versprach Melzi, man werde ihn zum Senator machen, wenn er die dreizehn Volumen, welche Mazenta erhalten hatte, zurückforderte und seinem König zum Geschenk machte. Indessen erhielt Melzi von Mazenta nur sieben Bände zurück, einer wurde dem Cardinal Borromée für die Ambrosianische Bibliothek geschenkt, einen andern erhielt der Maler Figini, einen dritten der Herzog von Savoyen, und die drei letzten erhielt Léoni, der sie zu einem Bande, dem sogenannten Codex atlanticus, vereinigte. Diesen erbte nach Léoni's Tode Calchi, von dem ihn Galeus Arconati kaufte. Arconati vereinigte schliesslich zwölf der Manuscripte in seinem Besitz, schlug 60,000 Francs aus, die ihm vom König Jacob I. von England für den Codex atlanticus geboten wurden, und schenkte sie alle der Ambrosiana. Dieselbe Bibliothek erhielt noch ein andres Manuscript von Archinto, und so blieben dreizehn Manuscripte in Mailand vereinigt, bis sie 1796 nach Frankreich ausgeführt wurden, von wo nur der Codex atlanticus der Mailänder Bibliothek zurückgestellt wurde. Man hat die zwölf Pariser Bände mit den zwölf ersten Buchstaben, den Codex atlanticus mit *N* bezeichnet. Ausser diesen dreizehn Bänden giebt es ein Manuscript in der Bibliothek Trivulzi, einige Pläne finden sich im Brittischen Museum und bei verschiedenen Privaten. Ueber das Manuscript von Turin und die dem König von Spanien angebotenen weiss man nichts, sollten sie noch existiren, so würden sie an den schon oben erwähnten Merkmalen leicht wieder zu erkennen sein.²⁾

Das Wenige, was, wie schon oben erwähnt, aus diesen Manuscripten veröffentlicht ist, hat, wie wir sehen werden, einen so bedeutenden Werth für die Geschichte der Naturwissenschaften, dass es im höchsten Grade wünschenswerth bleibt, die gesammten Manuscripte zu sichten und zu ediren. Diese Manuscripte würden die Kluft ausfüllen helfen, welche jetzt zwischen den naturwissenschaftlichen Anschauungen des Alterthums und der Neuzeit gähnt, sie würden Licht werfen auf einen Theil jener Zeit, die uns jetzt lediglich in den Fesseln der Scholastik zu liegen scheint, sie würden die Stetigkeit in der Entwicklung der Wissenschaften deutlich hervortreten und Leonardo als einen grossen Vorläufer der Männer erscheinen lassen, welche, am Eingang der Neuzeit stehend, als Schöpfer der modernen naturwissenschaftlichen Weltanschauung zu bezeichnen

¹⁾ Lomazzo, Trattato della pittura. p. 158 u. 691, u. Vasari, Vite VII. p. 56—57.

²⁾ Nach Libri's oben citirtem Werke.

sind. Schon die uns zugänglichen Fragmente von dem naturwissenschaftlichen Wissen Leonardo's geben uns den Beweis für die Richtigkeit dieser Behauptungen. Versuchen wir also mit Hilfe derselben ein Bild zu schaffen seiner Naturwissenschaft.

Da ist vor allem Gewicht zu legen auf die Stellung, welche Leonardo der Mathematik bei der Naturforschung giebt. In seinen Handschriften sagt Leonardo, fast wörtlich wie Kant: „Es giebt keine Gewissheit in den Wissenschaften, wo man nicht einen Theil der Mathematik anwenden kann, oder welcher nicht in irgend einer Art davon abhängt.“ (G. 96.) Er bezeichnet die Naturwissenschaften (N. 139) gradezu als Wissenschaften, welche von der Mathematik abhängen. Erwähnt ist schon sein hervorragender Antheil an Pacioli's Divina proportione. Bezeichnend ist seine Manier, seine Figuren auch bei mechanischen und algebraischen Untersuchungen mit Buchstaben zu versehen, während man gewöhnlich Franciscus Vieta als den bezeichnet, welcher ihren Gebrauch einführte.¹⁾ Wenn die Vorzeichen auch älteren Ursprungs sind, so wandte sie doch Leonardo zuerst von seinen Zeitgenossen allgemein an. Diese stellen ihn als Mathematiker überhaupt sehr hoch. Er beschäftigte sich mit den Polygonen, mit der Complonation krummer Flächen und war in Bezug auf geometrische Constructionen ein Vorgänger eines Tartaglia, Cardan, Benedetti und Ferrari. Er beobachtete die Brennlinien, unterschied Linien einfacher und doppelter Krümmung, betrachtete die Linien als Grenzen der Flächen und diese als Grenzen der Körper und endlich sah er die Unausführbarkeit der Quadratur des Kreises ein (N. 137).

Indessen von grösserer Bedeutung ist es, dass Leonardo die Mathematik consequent auf die Wissenschaft anwendet, auf deren Gebiet er wohl am bedeutendsten ist, auf die Mechanik. Schon sein mehrfach citirter Ausspruch (E. 8): „La meccanica è il paradiso delle scienze matematiche, perchè con quella si viene al frutto delle scienze matematiche,“ obwohl er einen andern Standpunkt zu dieser Wissenschaft documentirt, als ihn der Mechaniker des Alterthums Archimedes einnahm, der die Mechanik ein Spiel der Mathematik nennt, zeigt, dass auch er die Mechanik als mathematische Disciplin erkannt hat.

Die Mechanik der Alten, welche ihren Höhepunkt in Archimedes erreicht hatte, war ausschliesslich Statik. Galilei ist durch Aufstellung seiner Fallgesetze der Begründer der Dynamik, der modernen Mechanik geworden.²⁾ Aber über ein Jahrhundert früher finden wir bei Leonardo ausser der Wiederaufnahme von Schwerpunktsuntersuchungen nicht zu verkennende Anfänge der Dynamik, Kenntniss von der Bewegung auf der schiefen Ebene, von der Bewegung des Pendels, ja sogar Andeutungen des Princip's der virtuellen Geschwindigkeiten. So schreibt z. B. Leonardo am 1. August 1499: „Sei die Sehne $F M$ gespannt durch zwei gleiche Kräfte $F M$. Bringe in der Mitte derselben in N ein kleines Gewicht C an, es wird den Punkt N bis A herabsinken lassen, indem es in derselben Zeit die Gewichte S (in der bei Leonardo vorhandenen Figur in F und M über Rollen angreifend) steigen lässt. Mit dem Radius $M N$ schlage den Bogen $N B$ (B liegt auf $A M$). Die Bewegung des Gewichts S wird $A B$ sein. Der Punkt N wird sinken, bis es die Proportion giebt $C : S = B A : N A$, d. h. die respectiven Bewegungen zweier Gewichte sind unter einander umgekehrt proportional den Gewichten selbst (N. 103). Woraus folgt dass, wenn die Sehne an zwei Punkten F und M fest ist, das Gewicht sie um so mehr belastet, als sie sich weniger biegt.“ (N. 96.)

¹⁾ Franciscus Vieta, geb. 1540 zu Fontenoi in Poitou, gest. 1603 in Paris. Thomas Harriot, geb. zu Oxford 1560, führte die kleinen Buchstaben statt der bis dahin gebräuchlichen grossen in die Algebra ein.

²⁾ *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla mecanica ed i movimenti locali.* Leiden 1638.

Wo Leonardo die schiefe Ebene behandelt (N. 207. A. 33), bezeichnet er sie mit AC , ihre Höhe mit AB und sagt: „Der Fall des Körpers A auf der Linie AC vollzieht sich in Bezug auf den Fall auf AB in einer Zeit soviel mal länger, als AC länger ist als AB .“ Ferner wo er vom Pendel spricht (A. 26, B. Anhang I), sagt er: „Das Gewicht A wird, nachdem es durch C nach S gefallen ist, wieder durch B aufsteigen und zwar mit der Geschwindigkeit, welche man finden würde, wenn ein gleiches Gewicht auf der geraden Linie AB von A nach B gefallen wäre. Der schwere Körper A fällt schneller durch den Bogen ACE als durch die Sehne AS , denn in AC beginnt er seinen Fall wie auf der Senkrechten.“ Citiren wir noch folgende Stelle (N. 185): „Wenn man irgend eine Maschine anwendet, um einen schweren Körper zu bewegen, so haben alle Theile der Maschine, welche gleiche Bewegung mit der des schweren Körpers haben, eine Belastung gleich dem ganzen Gewicht desselben Körpers. Wenn der Theil, welcher Motor ist, in derselben Zeit mehr Bewegung als der bewegte Körper hat, so wird er mehr Kraft haben, als der Körper selbst. Wenn der Theil, welcher der Motor ist, weniger Geschwindigkeit hat als das Mobil, wird er ebensoviel weniger Kraft haben, als das Mobil.“

Auch das Princip vom Parallelogramm der Kräfte finden wir benutzt, wenn auch nicht ausgesprochen da (G. 55), wo Leonardo den Fall eines schweren Körpers zur rotirenden Erde bespricht: „Sei A der schwere Körper, welcher in den Elementen fällt, um zum Mittelpunkt der Erde zu kommen. Ich sage, dass dieser schwere Körper im ganzen in einer Spirale herabsteigend nicht von der geraden Linie hinsichtlich des Theils abweichen wird, von welchem er sich losgelöst hat, um zum Mittelpunkt zu gehen. Denn, wenn der Körper von A nach B geht, ist in demselben Masse, als er nach B geht und er gebracht ist nach C , der Punkt A , indem er sich dreht, nach D gekommen, also ist der schwere Punkt noch auf der geraden Linie, welche den Punkt D mit dem Mittelpunkt der Erde verbindet. Wenn der Körper von C nach F fällt, geht der Theil D , das ist der, von welchem er seine Bewegung begonnen hat, in derselben Zeit nach E . Während der Fall sich von F nach G vollzieht, geht der Punkt E nach H . So fällt der Körper auf die Erde immer unter dem Punkte, von dem er ausging. Es ist eine zusammengesetzte Bewegung, sie ist gleichzeitig gerade und gekrümmt. Sie ist gerade, weil der Körper immer in der kürzesten Linie ist, welche sich erstreckt vom Ort des Anfangs des Falles bis zum Mittelpunkt der Elemente. Sie ist in sich selbst gekrümmt, sie ist gekrümmt in jedem Theil des Weges, und also ist sie krumm auf dem ganzen Wege. Es ist dies die Ursache davon, dass der Stein, welcher von der Höhe des Thurmes fällt, nicht früher, als er die Erde trifft, die Mauern des Thurms trifft.“

Das Princip der Trägheit wendet Leonardo streng an: „Wenn wir die Erde in Stücke schneiden könnten und diese Stücke verstreuen könnten in die Höhe der Elemente, wie die Sterne am Himmel zerstreut sind, und man liesse eins dieser Stücke von der Höhe fallen, so würde dieser schwere Körper bis zum gemeinschaftlichen Mittelpunkt fallend, dort sicher nicht zur Ruhe kommen, seine Bewegung würde ihn forttragen gerade bis zum entgegengesetzten Ort, wo er sich nicht zur Ruhe setzen könnte, sondern er würde den Weg wieder zurück machen, er würde an dem Ort wieder ankommen, von wo er ausgegangen. Er würde zum zweiten Mal denselben Weg machen, er würde zurückkehren und so fortfahren. Ganz wie ein Gewicht aufgehängt an einem Faden zur Seite gezogen und sich dann selbst überlassen, lange Zeit geht und wiederkehrt, indem er immer mehr seine Excursionen vermindert, bis er endlich unter dem Faden zur Ruhe kommt, welcher ihn hält. Wenn alle Stücke der Erde so zerstreut frei fallen könnten eins nach dem andern in verschiedenen Zeiten, so würden sie sich begegnen, sich stossen, sich

zerbrechen, es würde daraus eine tumultuarische Bewegung entstehen, welche mehrere Jahre andauern würde, bis endlich alle Stücke vereinigt würden im gemeinschaftlichen Mittelpunkt.“ (N. 150.)

Aus diesen beiden Citaten geht ausser der consequenten Anwendung der Trägheit zweierlei deutlich hervor. Erstens, dass Leonardo sehr klar über pendelnde Bewegungen dachte, und dass es nicht auffällig ist, wenn wir ihn unsrer Wellentheorie sehr nahe stehen finden. In der That hat er sowohl zahlreiche Untersuchungen über die Wasserwellen gemacht, als auch zuerst die Bewegungen des Staubes auf regelmässig schwingenden elastischen Flächen beobachtet. (A. 71.) Zweitens spricht er von der Rotation der Erde so bestimmt, dass man annehmen möchte, es sei die allgemeine Ansicht seiner Zeit gewesen, dass man annehmen muss, er sei fest davon überzeugt gewesen. Es finden sich aber noch mehr Stellen, welche von grösstem Interesse sind, weil sie evident beweisen, wie richtige Anschauungen Leonardo vor Copernicus vom Sonnensystem hatte.

So sagt Leonardo (N. 205): „Die Erde würde einem Menschen als Himmelskörper erscheinen, welcher auf dem Mond oder auf irgend einem Stern wäre,“ und (A. 64): „Den Menschen, welche auf der Erde sind, erscheint der Mond gerade so, wie die Erde den Menschen erscheinen würde, welche auf dem Monde wohnten.“ Weiter (F. 64): „Der Mond hat seinen Tag und seine Nacht gerade so wie die Erde, die Nacht ist auf dem dunklen Theil, der Tag auf dem erleuchteten. Die Theile des Mondes, welche Tag haben beim Vollmond, werden beim Neumond ganz in die Nacht gehen.“ Dann (F. 41. 93): „Die Erde ist nicht in die Mitte der Sonnenbahn, nicht in die Mitte der Welt gestellt, sie ist in der Mitte ihrer Elemente, welche mit ihr verbunden sind und ihr anhängen. Für einen Menschen, welcher auf dem Mond wäre, wenn er in der Nacht mit der Sonne unter unserm Horizont ist, würde die Erde und der Ocean auf den Mond mit Hülfe der Sonne denselben Eindruck hervorbringen, welchen dieser auf die Erde hervorbringt.“

Entsprechend diesen richtigen Ansichten über die Stellung des Mondes und der Erde im Sonnensystem, giebt Leonardo auch die richtige Erklärung von dem Licht, insbesondere dem grauen Lichte des Mondes, welche gewöhnlich Moestlin und Kepler zugeschrieben wird, wenn er sagt: „In den Eklipsen der Sonne geniesst die Nacht des Mondes nicht die Zurückstrahlung der Sonnenstrahlen, welche ihm von der Erde zurückgestrahlt werden. In den Eklipsen des Mondes geniesst die Erde nicht die Strahlen der Sonne, die reflectirt werden von dem Monde.“ (F. 64.) Und (N. 239): „Warum haben, wenn der Mond beim Untergange umgeben ist von einem durch die Sonne erleuchteten Band, diejenigen Theile des Mondes, welche in der Mitte dieses runden Bandes sind, mehr Licht, als in der Zeit der Eklipse der Sonne? Weil in der Sonneneklipse der Mond seinen Schatten auf unseren Ocean wirft, ein Umstand, welcher nicht eintritt, wenn der Mond untergeht und die Sonne in derselben Zeit ihre Strahlen auf unsern Ocean wirft.“

Hieran lassen sich noch eine grosse Anzahl mechanischer Untersuchungen anschliessen, welche Leonardo anstellte. Er experimentirte über den Stoss der Körper und die Reibung, deren Grösse er in verschiedenen Fällen berechnet (N. 16, 71, 81). Wie er die Unmöglichkeit der Quadratur des Kreises einsah, so auch die des Perpetuum mobile.

Um den Effect der Maschinen zu berechnen erfand er ein Dynamometer, sowie er überhaupt als Erfinder einer grossen Anzahl von Maschinen, welche auch praktische Verwendung

fanden, noch am Ende des 16. Jahrhunderts bekannt war.¹⁾ So erfand er Maschinen, um Eisen zu glätten, um Cylinder, Feilen, Sägen, Schrauben zu machen, um Tuch zu scheeren, um zu hobeln, Garn abzuwinden, eine Kelter, einen Hammer für die Goldschläger, eine Maschine um Gräben auszuheben, ein Rad um damit ein Boot zu treiben, und im Anschluss an seine Untersuchungen über den Gang der Thiere und den Flug der Vögel auch eine Flugmaschine.

Wenn in Ermangelung der Analysis auch eine umfassende exacte Behandlung der Hydraulik ebensowenig wie der andern mechanischen und physikalischen Gebiete in jenen vornewtonschen Zeiten unmöglich war, so sehen wir doch mit wieviel Ueberlegung, Umsicht und Glück Leonardo auch bei Ausführung seiner grossen Wasserwerke voring, um eine sichere Theorie zu bilden, und wie oft sein Genius das Wahre traf oder doch wenigstens streifte.

So sagt er (F. 9): „Die Menge des Wassers, welches aus einem Canal durch eine Oeffnung von gegebener Grösse austritt, kann in vielen Beziehungen variiren: 1) hängt sie ab von der geringern oder grössern Höhe, welche die Oberfläche des Wassers des Canals über der Oeffnung hat; 2) von der grösseren oder geringeren Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser der Wandung entlang fliesst, wo man die Oeffnung angebracht hat; 3) von der grösseren oder geringeren Convergenz der Wände der Oeffnung; 4) von der geringeren oder grösseren Dicke der Wände selbst; 5) von der Gestalt der Oeffnung, ob sie kreisrund, quadratisch, dreieckig oder länglich ist; 6) von der mehr oder weniger schiefen Lage der Oeffnung zur Lage der Canalwand; 7) von ihrer grösseren oder geringeren Neigung gegen den Horizont; 8) von dem Umstand, dass die Oeffnung im convexen oder concaven Theil der Canalwandung ist; 9) davon, ob Vorsprünge oder Höhlen sich im Bette des Canals gegenüber der Oeffnung befinden; 10) ob Luft sich dem Wasserstrom, welcher aus der Oeffnung austritt, beimischt oder nicht; 11) ob das Wasser beim Austritt aus der Oeffnung frei in der Luft fällt, oder ob es durch eine offene Leitung geht, oder durch eine rings geschlossene Röhre; 12) ob diese Röhrenleitung einen mehr oder weniger grossen Durchmesser im Verhältniss zur Menge des Wassers hat, welches in die Röhre fällt; 13) ob die Röhrenleitung eine grössere oder geringere Falllänge hat, und 14) ob das Innere der Leitung schlicht oder rauh, gerade oder gekrümmt ist.“

Auch die Stellen sind von grossem und augenscheinlich mehr als einseitigem Interesse, an denen Leonardo von den Strudeln spricht: „Wenn das Wasser sich nicht über der Luft halten kann, wie geschieht es in den Strudeln, dass das Wasser selbst um die Höhlung eine Wand bildet, welche nichts als Wasser ist? Wir haben gezeigt, dass jeder schwere Körper sich unter dem Einfluss der Schwere gegen die Richtung hin ausbreitet, in welcher er sich bewegt. Daher sind die Strudel im Innern hohl wie Brunnen. Das Wasser, welches die Wände der Höhlung bildet, erhält sich da in dem Masse, in dem es die Bewegung der Rotation bewahrt, welche man ihm eingeflösst hat. Während dieser ganzen Zeit drückt es auf die Richtung seiner Bewegung (F. 14). Wenn das Wasser vom Grunde eines Gefässes ausgeht, so hat der Strudel, welcher sich da bildet, um so mehr Kraft, je kleiner sein Durchmesser ist. Die Höhlung des Strudels ist enger gegen den Grund, als an der Oberfläche des Wassers, weil das Wasser am Grunde mehr drückt, als an der Oberfläche (F. 12). In den Wasserstrudeln drehen sich die Theile, welche dem Mittelpunkt der Bewegung näher sind, mit mehr Schnelligkeit, als die entfernteren Theile. Diese Erscheinung ist sehr auffällig, denn die Theile eines Rades, welche sich um den Mittelpunkt bewegen, drehen sich um ebensoviel langsamer, als sie dem Centrum des Rades näher sind. Beim Strudel geschieht das Gegentheil.

1) Lomazzo, idea del tempio della pittura 106, 652.

Wenn dies nicht wäre, würde die Höhlung in der Mitte des Strudels bald ausgefüllt sein. In der Flüssigkeit, welche die Wände der centralen Höhlung bildet, wirken zwei Kräfte, die eine ist hervorgebracht durch die Kreisbewegung des Wassers, die andere geht von den Wänden selbst aus. Diese Kräfte drücken auf die Luft, die in der Höhlung enthalten ist, und verschwinden, wenn das Wasser in die Höhlung fällt.“ (N. 168, 291.)

Die Behandlung der stehenden Wellen haben wir schon oben erwähnt. Leonardo unterzog auch die Wellen der Flüsse und Meere seiner Betrachtung. Ebenso erstreckten sich seine Untersuchungen auf die Luft, indem er ihren Widerstand, ihre Verdichtung und Verdünnung, sowie ihr Gewicht untersuchte (N. 70), aus welchen Untersuchungen er Erklärungen für das Aufsteigen leichter Körper in der Atmosphäre ableitete.

Auf dem Gebiete der Optik sind Leonardo's Leistungen grossartig, weit voraus seiner Zeit. Er glaubt nicht an eine Emission des Lichtes (N. 133), sondern ist der Ansicht, dass Schall und Licht sich in derselben Weise verbreiten (A. 9). Auf die Optik wurde er selbstverständlich durch das Studium der Perspective geleitet. Er kannte den Unterschied der Bilder eines Gegenstandes, wenn er mit dem einen oder dem andern Auge gesehen wird, also das Wesen des stereoskopischen Sehens, studierte die Schatten und scheint mit Absicht in der Malerei die Irradiation benutzt, also gekannt zu haben. Er kannte die Linse im Auge, und mit Recht ist ihm vor Porta (1593), die Erfindung der Camera obscura und, was mehr sagen will, die Erkenntniss zugeschrieben worden, dass unser Auge im allgemeinsten eine solche camera ist.

Leonardo sagt darüber (D. 8): „Hier ein Experiment, welches uns die Art zeigt, wie die Objecte, welche ihre Bilder schicken, sich in der Flüssigkeit im Innern des Auges kreuzen. Wenn Bilder heller Gegenstände durch ein kleines rundes Loch in ein sehr dunkles Gemach eindringen, und ihr fangt diese Bilder im Innern dieses Gemachs auf einem weissen Papier auf, welches in einiger Entfernung von dem Loch aufgestellt ist, so werdet ihr auf dem Papier alle die Gegenstände mit ihren eigenthümlichen Formen und Farben sehen. Sie werden verkleinert sein in der Grösse, sie werden sich in umgekehrter Lage zeigen und dies in Folge der schon angedeuteten Durchkreuzung. Wenn die Bilder von einem Ort kommen, der von der Sonne erleuchtet ist, so werden sie euch wie auf das Papier gemalt erscheinen, welches sehr fein und von hinten gesehen werden muss. Das Loch wird in einer ebenfalls sehr feinen Platte von Eisen angebracht sein. *A, B, C, D, E* sind von der Sonne beschienene Objecte, *O R* ist die Vorderwand des dunklen Zimmers und das Loch ist bei *M*. *E T* ist das Papier, welches die Strahlen der Bilder der Objecte auffängt. Die Bilder sind umgekehrt, weil der Strahl, welcher von der rechten Seite *A* kommt, nach links nach *K* geht, und der Strahl von der linken Seite *E* nach rechts nach *F*. Das macht sich ebenso im Auge.“

Diese Stelle aus Leonardo's Handschriften ist ein glänzender Beleg für seine Klarheit und die Ueberlegenheit seines Wissens über das seiner Zeitgenossen. Porta, welcher sonst immer für den Erfinder der Camera obscura gehalten wurde, machte doch nicht den Schritt voran, das Auge als camera aufzufassen, was doch Leonardo schon so deutlich gethan hatte. Nach ihm that es zuerst Kepler.

Auch mit dem Magneten hat Leonardo Versuche angestellt, und was für seine Zeit ebenfalls nicht unterschätzt werden darf, er giebt als Ursache für die Bahnen des Blitzes an, dass er einem von Verdünnungen und Verdichtungen der Luft bestimmten Wege folgen müsse. Ueberhaupt scheinen ihm auch andere meteorologische Vorgänge von Interesse gewesen zu sein, denn er giebt an, was noch jetzt wohl befolgt wird, dass Wasserhosen durch Kanonenschüsse zerstreut werden können und construirte sogar zur Bestimmung der Feuchtigkeit der Luft als Regen-

propheten ein Hygrometer. Es war dies ein in Grade getheilter Ring, um dessen Mittelpunkt sich ein gleicharmiger Hebel drehte, an dessen Enden zwei Kügelchen sich befanden, von denen das eine aus einer hygroskopischen Substanz durch Aufnahme von Wasser in feuchter Luft das Gleichgewicht störte.

Leonardo's Ansichten über die Wärme scheinen sich der mechanischen Wärmetheorie sehr zu nähern, construirte er doch einen Bratspiess, welcher durch den aufsteigenden warmen Luftstrom gedreht wurde. Bezeichnend in dieser Richtung sind folgende Stellen aus seinen Manuscripten (F. 70, E. 12, N. 367): „Die Wärme der Sonne ist Ursache, dass die Gewässer des Meeres sich unter dem Aequator erheben, sie kommen in Bewegung von allen Seiten dieses Wasserhügels, um ihre vollkommene Kugelgestalt wieder herzustellen.“

„Das Wasser des aequinoctialen Meeres ist erhabener als die Gewässer des Nordens, es ist auch unter der Sonne mehr erhaben, als an andern Orten des Aequinoctialkreises. Es ist dies dasselbe, was man bemerkt, wenn das Wasser eines Gefässes auf heissen Kohlen kocht. Das Wasser, welches um das Centrum des Siedens ist, fällt in Kreiswellen herab. Die Gewässer des Nordens liegen tiefer als die anderer Meere, und zwar um so mehr je kälter sie sind.“

„Die Wassererhebung, welche durch die Sonnenwärme hervorgebracht ist, setzt sich in Kreisbewegung, das Wasser durchläuft jede Stunde 1000 Meilen.“

Wenn hier auch Falsches mit Richtigem gemischt ist, so erkennt man doch ohne Schwierigkeit in diesen Auseinandersetzungen den fruchtbaren Gedanken, welchen später (1735) Halley benutzte, die Bewegungen in der Atmosphäre, speciell die Passatwinde zu erklären.

Wie klar überhaupt seine Auffassung auch der durch die Erwärmung herbeigeführten aufsteigenden Luftströmungen sind, zeigt einmal seine Construction einer Lampe mit doppeltem Luftstrom, dann aber auch folgende Stelle, in welcher er von der Flamme und der Luft spricht (N. 234 u. N. 266): „Wo die Flamme entsteht, erzeugt sich Wind um sie herum, dieser Luftstrom dient dazu, die Flamme zu erhalten, zu vermehren. Eine schnellere Bewegung in der Luft erzeugt eine glänzendere Flamme, und die glänzendere Flamme giebt mehr Wärme. Das Feuer zerstört ohne Aufhör die Luft, welche es ernährt, es würde sich ein leerer Raum bilden, wenn andere Luft nicht zuströmte, ihn auszufüllen. Wenn die Luft nicht geeignet ist, die Flamme zu unterhalten, so können darin weder Land- noch Lufthiere leben. Kein Thier kann an einem Orte leben, wo die Flamme nicht lebt. Es entsteht Rauch im Mittelpunkt der Flamme einer Kerze, weil die Luft, welche in die Zusammensetzung der Flamme eintritt, darin nicht bis zur Mitte eindringen kann. Sie bleibt auf der Oberfläche der Flamme, sie verdichtet sie, indem sie Nahrung der Flamme wird, bildet sie sich um in ihr, sie lässt einen leeren Raum, der nach und nach mit anderer Luft gefüllt wird.“

Diese Stellen sind um so interessanter, als sie uns zugleich zeigen, welch' für seine Zeit überraschend richtige Vorstellung Leonardo nicht nur von der Constitution der Flamme, sondern auch, wenn man überhaupt in jener Zeit hiervon sprechen darf, von der chemischen Seite des Verbrennungsprocesses und der Constitution der Luft hatte. Um diese seine Ansichten ganz zu würdigen, bedarf es nur eines kurzen Ueberblicks über die Phasen, welche die Verbrennungstheorie durchlaufen hat, bis sie durch Priestley's und Scheele's Entdeckung des Sauerstoffs, in den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts, ihre jetzige klare Gestalt erhielt und eines Vergleichs mit dieser.

Auch der Geographie wandte Leonardo sein Interesse zu, das geht aus einem Briefe von ihm an Christoph Columbus vom Jahre 1473 hervor, in welchem er „über die Wahrschein-

lichkeit des Erreichens des Orient-Indiens auf dem intendirten Wege“ schreibt, und aus einer Karte von Amerika, welche Richard Henry, mit Leonardo's Unterschrift versehen, in London auffand. —

Bei den vielen Erdarbeiten, welche unter seiner Leitung ausgeführt wurden, mussten sich ihm auch häufig Gelegenheiten bieten, Einblicke in den Schichtenbau der Erde zu thun, und dabei musste ein Auge wie das seine auch das Richtige sehen, so dass er auch als Vorläufer der Geologie gelten kann, welche man sonst mit Georg Agricola (1550) beginnen lässt. Zum Beweiss hierfür folgende Citate (E. 4, F. 11, 80, N. 124):

„Wenn das Flusswasser seinen Schlamm auf die Meerthiere, welche an den Küsten lebten, absetzte, drückte sich der Schlamm auf die Thiere selbst auf. Dann zog sich das Meer zurück, der Schlamm versteinerte ganz um und in den Schalen der Thiere, in welche er eingedrungen war. Man begegnet ihnen an mehreren Orten, und fast alle versteinerten Muscheln in den Gebirgen haben noch ihre ganzen Schalen, vor allem die, welche mehr Alter und Härte besaßen.“

„Ihr werdet mir sagen, dass die Natur und der Einfluss der Sterne diese Schalen in den Gebirgen gebildet haben. Zeigt mir doch einen Ort in den Gebirgen, wo die Gestirne heute solche Muscheln von verschiedenem Alter, von verschiedenen Arten an demselben Orte machten? Und wie würdet ihr mir damit den Kies erklären, welcher sich schichtenförmig in verschiedenen Höhen in den Gebirgen verhärtet hat? Der Kies ist dahin von verschiedenen Orten durch den Strom der Flüsse gebracht worden. Der Kies wird nur aus Stücken von Steinen gebildet, welche ihre Ecken verloren haben durch Reibungen, Stösse und den Fall, welche diese Stücke in dem Wasser ertragen haben, welches sie bis an ihren Ort gerollt hat. Und wie würdet ihr durch die Sterne die grosse Zahl der verschiedenen Arten von Blättern erklären können, welche in den Steinen auf der Höhe der Gebirge fixirt sind? Und die Alge, eine Meerpflanze, untermischt den Muscheln und dem Sand, alles versteinert in derselben Masse mit Seekrebsen, welche zerstückelt und zwischen dieselben Muschelschalen gemengt sind?“

„Das Meer ändert das Gleichgewicht der Erde. Die Austern, die Muscheln, welche im Schlamm des Meeres leben, bezeugen uns die Veränderung, welche die Erde um den Mittelpunkt der Elemente herum erlitten hat. Die grossen Flüsse führen immer Erdreich mit sich fort, welches sie durch Reibung von ihren Betten los machen. Dies Zerfressen entdeckt uns manche Bänke von Muscheln, welche in verschiedenen Schichten angehäuft sind. Diese Muscheln haben an demselben Ort gelebt, als das Meerwasser sie bedeckte. Diese Bänke sind im Laufe der Zeit bedeckt worden von andern Schlammschichten von verschiedener Höhe, so wurden die Muscheln eingeschlossen, bis sie aus dem Wasser hervorgingen. Heute sind diese Gründe auf der Höhe der Hügel und Berge, und die Flüsse nagen daran und enthüllen am Gipfel diese Muschelbänke. Da ist also ein Theil der Erde leichter geworden, welcher sich immer erhebt, während die entgegengesetzten Theile sich mehr und mehr dem Mittelpunkt der Erde nähern, und das was ehemals der Grund des Meeres war, ist der Gipfel der Gebirge geworden.“

„Wenn ein Fluss Haufen von Schlamm oder Sand bildet und sie dann preisgiebt, so zeigt uns das abfliessende Wasser die Art, wie sich nach und nach Gebirge und Thäler in einem Erdreich bilden können, welches vom Grund des Meeres ausgegangen ist, obschon dieser Grund beim Hervorgehen fast eben und eins war. Das Wasser, welches von diesem über die Oberfläche des Oceans erhabenen Terrain abfließt, beginnt in den niederen Theilen Ströme zu bilden, es höhlt Rinnen aus, welche andere Abflüsse der Umgegend nach sich ziehen. Die Rinnen, dann genährt durch das Regenwasser, nehmen täglich eine allmälige Vergrößerung in Breite und Tiefe an, es werden Bäche, Flüsse, sie vereinigen sich zu Strömen und indem sie fortwährend ihre

Ufer benagen, bilden sie aus ihnen Gebirge. Es ist nichts übrig geblieben als der von der Luft umgebene Fels, das Erdreich des Gipfels und der Abhänge ist hinabgeschafft zum Fusse, es hat den Grund der Meere erhöht, welche den Fuss benetzen, es hat sie gezwungen, sich weiter davon zurückzuziehen.“

Wir sehen hier Ansichten ausgesprochen, welche sich recht gut — wenigstens soweit sie mechanisch sind — mit den jetzt in der Geologie herrschenden Ansichten über Erosion, Transportation und Sedimentation vertragen.

Wie wir aus diesen Stellen seiner Manuscripte die klare Auffassung der geologischen Verhältnisse erkennen, so deuten sie uns auch an, dass Leonardo ein ebenso scharf unterscheidendes Auge für die ihn umgebenden Pflanzen und Thierformen hatte. Allerdings liegt nach dieser Seite hin seine Hauptthätigkeit wohl mehr auf dem Gebiet der Anatomie und Physiologie. Das beweist schon seine Eintheilung der Thiere in solche mit innerem und äusserem Skelet, welche jedenfalls einen sehr tiefen Blick in den ganzen Organisationsplan der Lebewelt verräth. Das beweist auch sein so bemerkenswerther Versuch, das Maximum der Leistungsfähigkeit der Thiere durch den Vergleich ihrer Muskelkraft mit ihrem Gesamtgewicht festzustellen (A. 30). Auch seine Untersuchungen über den Gang der Thiere und den Flug der Vögel gehören hierher. Dass Leonardo als Maler das Bedürfniss des Studiums der Anatomie fühlte, liegt nah, dazu kommt, dass er in einer Zeit lebte, wo durch die Sectionen des Mondini de' Luzzi (Mundinus) die Anatomie in eine neue Entwicklungsphase eingetreten war.¹⁾ Lomazzo sagt in seinem Tempio della Pittura: „Vinci hat uns die Anatomie des Menschen und Pferdes gelehrt, ich habe bei Franz Melzo die Zeichnungen von seiner Hand ganz vorzüglich entworfen gesehen. Auch Vasari erzählt, dass Vinci die Anatomie des Menschen mit Marc Antoine de la Torre, Professor zu Pavia, trieb, selbst secirte und die Zeichnungen dazu machte. Leonardo selbst sagt (K. 28): „Ich werde den Unterschied hervorheben zwischen Mensch und Pferd und andern Thieren. Ich werde mit den Knochen beginnen, dann werde ich alle Muskeln verfolgen, welche ohne Sehnen an den Knochen inseriren, dann die, welche an beiden Enden durch eine Sehne oder an einem Ende allein inseriren. Ich mache die Anatomie des Beines bis zum Schoss in den verschiedenen Positionen. Man wird da die verschiedenen Lagen sehen, die Venen, die Arterien, die Nerven, die Sehnen, die Knochen. Was die letzteren betrifft, muss man sie durchsägen, um ihre Dicke zu sehen.“

Auch W. Hunter hat einige von Leonardo's anatomischen Karten im Cabinet des Königs von England gesehen und sie sehr exact gefunden.²⁾ Es geht hieraus zwar nicht hervor, was Libri behauptet, Leonardo habe den erst von Harvey³⁾ nachgewiesenen Blutumlauf gekannt, wohl aber das unzweifelhaft, dass er auch in dieser Wissenschaft mindestens auf der Höhe seiner Zeit stand.

Wohin wir somit sehen, auf fast allen naturwissenschaftlichen Gebieten sehen wir Leonardo — eine Erscheinung seltenster Art — mit Erfolg thätig. Er beherrscht nicht nur diese Wissenschaften, soweit sie in seiner Zeit entwickelt waren, er bereichert sie sogar, und wir sehen ihn

¹⁾ Seit Claudius Galenus von Pergamos (131—203 n. Chr.) seine Anatomie aufgestellt hatte, war diese Wissenschaft langsam in Verfall gerathen, bis auf Befehl Kaisers Ludwig des Baiern, 1315, durch Mondini die erste Section vorgenommen wurde. Aber erst Veral von Brüssel (1514—1564), Leibarzt Carl V. und Philipp II., stürzte die Galeni'sche Anatomie, indem er zeigte, dass sie eine Anatomie des Affen sei.

²⁾ Auch auf der Bibliotheka Bremensis findet sich eine unter dem Titel: Tabula anatomica Leonardi da Vinci, zu Lüneburg 1830 anonym herausgegebene anatomische Zeichnung.

³⁾ William Harvey aus Folkston in Kentshire (1577—1657).

Entdeckungen machen oder anbahnen, die in der Geschichte der Wissenschaften oft viel späteren Jahrhunderten zugeschrieben werden. Und so Vielseitiges sehen wir einen Mann leisten, der gleichzeitig Meister ist in fast allen Künsten. Wenn einer, so verdient Leonardo da Vinci unter den Vorläufern der grossen Errungenschaften genannt zu werden, welche das fünfzehnte und sechszehnte Jahrhundert der Menschheit brachte. Dass er nicht als solcher in weitesten Kreisen bekannt ist, dass selbst die Wissenschaft ihn Jahrhunderte lang vergessen hatte, während deren man ihn nur als grossen Künstler feierte, ist nicht zu verwundern. — Er lebte in einer Zeit, wo selbst in gebildeten Kreisen, wie wir aus der Geschichte seiner Manuscripte gesehen haben, in Kreisen, welche ihm näher standen, kein Verständniss für seine Bestrebungen existirte, wo in weiteren Kreisen erst langsam sich der Umschwung zu vollziehen begann, welcher den Fall der Scholastik bezeichnet. Man bedenke die Schwierigkeiten, welche sich in jenen Zeiten der Verbreitung wissenschaftlicher Errungenschaften entgegenstellten, man bedenke, wie von vielen Seiten das Todtschweigen wird absichtlich exercirt worden sein und wie gross überhaupt die Schwerfälligkeit ist, mit der grössere Massen eine neue Lehre, wenn sie ihr überhaupt fassbar ist, aufnehmen. Erinnerung man sich nur daran, dass Newton, so lange er lebte, in Cambridge, wo er so lange gelehrt hatte, keinen Vertreter seiner Ansichten fand, dass erst 1718 Samuel Clarke die Lehren Newton's in Form von Noten unter den Lehrbüchern bei den englischen Universitäten einzuführen wagen durfte. Und will man ein näher liegendes Beispiel, so denke man an die Aufnahme, welche unseres grossen Robert Mayer's Lehre bei ihrem ersten Auftreten fand, und messe die engen Grenzen der Verbreitung, welche in über dreissig Jahren unseres doch so viel schreibenden und lesenden Jahrhunderts diese unsefe ganze Weltanschauung erweiternde Lehre gefunden hat.

Dass Leonardo für Jahrhunderte verklungen war als Naturforscher, es liegt also, wie schon oben erwähnt, im Schicksal seiner Manuscripte, in den Verhältnissen seiner Zeit und nicht zum geringsten in der Neuheit seiner Lehren. Am wenigsten ist dies Verschollensein ein Beweis für seinen geringen Werth. Nichts beweist dies klarer, als wenn wir ihn vergleichend zusammensetzen mit Bacon von Verulam, welcher noch heute meist als Schöpfer der neuen naturwissenschaftlichen Forschungsmethode gilt, wir werden sehen, dass Leonardo Sieger bleibt, sowohl was sein naturwissenschaftliches Wissen anbetrifft, als auch was die Ausbildung und Anwendung der Methode angeht. Letztere ist bisher absichtlich nicht erwähnt, um keine Wiederholungen nöthig zu machen, da wo es sich um einen Vergleich der Kenntnisse und des Verständnisses beider Geister handelt, werden Andeutungen an die oben gebrachten Citate genügen.

Zuerst sei ein wesentlicher Unterschied zwischen Bacon und Leonardo erwähnt. Während dieser überall in seinen Notizen offenbar die von ihm selbst durch Experimente und Schlüsse gefundenen Wahrheiten anspruchslos anführt, während er überall originell ist, reproducirt Bacon in seinen Werken die Excerpte aus den Schriften seiner Zeitgenossen, welche er sich durch Schreiber, welche oft selbst nichts von der Sache verstanden, sammeln liess. So finden wir fast wörtliche Auszüge aus Paracelsus, z. B. (*Sylva Sylvarum* S. 960): „So viel ist wahr: dass Edelsteine feine Geister in sich haben, wie ihr Glanz zeigt, wodurch sie auf die Menschen, durch Uebereinstimmung, belebend und erfreuend wirken. Die besten zu diesem Effect sind Diamant, Smaragd, Rubin und Topas.“

Zweitens wollen wir einen andern ebenfalls auffallenden Unterschied hervorheben: Während sich Leonardo nicht bloss allen Forschungen, deren Wurzeln wir in seiner Zeit zu suchen haben, mit Interesse und Verständniss zuwendet, sogar die vielseitigsten neuen Anregungen giebt und seinen Zeitgenossen weit voraneilt, ignorirt Bacon die grossen wissenschaftlichen Fortschritte

seiner Zeit. Er ignorirt die Mechaniker Ubaldo (1577) und Simon Stevin (1596), Kepler, den Optiker Thomas Harriot, die 1580 von dem aus Italien nach England geflüchteten Giordano Bruno gehaltenen Vorträge über die Rotation und die Bewegung der Erde. Er ignorirte diese Vorträge nicht nur, er bestritt sogar die Bewegung der Erde. Zu seiner Zeit begründete Gilbert unsere Lehre vom Magnetismus und der Elektrizität, die wichtigen Thatsachen, welche er entdeckte, erklärte Bacon einfach für unwahr, und doch hätte er sich durch's Experiment von ihrer Richtigkeit überzeugen können. Er sagt in seinem *Novum Organon* (I. Aph. 64): „Aber die empirische Art der Philosophie ist unförmlich und monströs, weil sie gegründet ist auf der Enge und Dunkelheit weniger Experimente. Daher ist eine solche Philosophie denen, welche sich täglich mit solchen Experimenten beschäftigen, wahrscheinlich und sogar gewiss: den übrigen ungläublich und leer. Ein Beispiel hierfür ist die Chemie und ihre Lehren, wo anders wird sie aber jetzt kaum gefunden, wenn nicht vielleicht in der Philosophie Gilbert's.“

Sehen wir uns nun, um uns ein Bild von dem Naturwissen Bacon's gegenüber dem Leonardo's zu schaffen, einige Stellen aus seinen Werken an.¹⁾

„Es wird von vielen als von einem gewöhnlichen Experimente versichert, dass ein Erzklumpen in der Tiefe einer Grube mit Leichtigkeit durch die Kraft von zwei Männern bewegt werden könne, welcher auf der Oberfläche der Erde mindestens sechs Männer bedarf, um ihn vom Platze zu bringen. Dies ist ein nobles Beispiel.“ (S. S. 33). Bacon sagt zur Erklärung, jeder Körper habe seinen ihm von der Natur angewiesenen Ort, entferne man ihn davon, so gerathe er in eine Art von Wuth, daher das Bestreben mit Heftigkeit seinen ursprünglichen Platz wieder einzunehmen, auf welchem er sich ein mässiges Verrücken schon gefallen lasse. Daraus erklärt Bacon den Fall und die zunehmende Geschwindigkeit der fallenden Körper zu einer Zeit, wo die Pendel- und Fallversuche Galilei's, den er kannte, da er in seinen Werken erwähnt wird, sowie seine sich daraus entwickelnden Gesetze des freien Falles, schon allgemein bekannt waren. Erinnern wir uns hier an die Resultate, welche wir Leonardo erreichen sehen beim Fall auf der schiefen Ebene und dem Pendel, und fügen wir noch eine andere Stelle hinzu, wo Bacon meint, es sei wichtig zu beachten, welche Körper der Bewegung der Schwere, welche der Leichtigkeit fähig, welche weder schwer noch leicht seien, wo er die Fragen aufstellt, ob ein Stück Metall auf Wolle oder eine aufgeblasene Blase auf die Wagschale gelegt, ebensoviel wiegen, als ohne diese Unterlagen, und ob, wenn der eine Arm der Wage länger als der andere, beide Arme aber von gleichem Gewichte sind, der erstere sich neige?

Vergleichen wir die Ansichten Leonardo's über das Verhältniss des Mondes zur Erde mit den Ansichten Bacon's über denselben Gegenstand:

„Die am meisten beobachteten Einflüsse des Mondes sind vier: er zieht die Wärme aus der Erde heraus, vermehrt die Feuchtigkeit, veranlasst Feuchtigkeit, veranlasst Fäulniss und bringt die Spirits in Bewegung.“ (S. S. 890.) Und (S. S. 866):

„Klare sternhelle, ja mondihelle Nächte sind kälter als wolkige Nächte. Der Grund ist die Feinheit und Trockenheit der Luft, welche darum durchdringender und schärfer ist; was den Mond betrifft, obwohl er sonst die Luft feucht macht, so ist recht helles Wetter dennoch ein Zeichen der Trockenheit der Luft. Ebenso ist eingeschlossene Luft immer wärmer als freie Luft, was darum sein kann, weil der Grund der Kälte eine kalte Aushauchung aus dem Erdkörper ist, welche in offenen Plätzen stärker ist; ferner ist die Luft, wenn sie durch diese Anhauchung

¹⁾ Die wichtigsten sind: *De dignitate et augmentis scientiarum*, *Novum organon*, und seine Naturgeschichte unter dem Titel: *Sylva sylvarum*.

nicht verändert ist, nicht ohne einen verborgenen Grad von Wärme, wie sie nicht ohne einen ähnlichen geheimen Grad von Licht ist, denn wie könnten Katzen und Eulen sonst sehen in der Nacht?“

Während Leonardo Versuche machte über die Kraft, mit welcher leichte Körper in schwereren aufsteigen, erklärt Bacon z. B. das Aufsteigen des fetten Rahms an die Oberfläche der Milch durch eine Art seiner 9 Bewegungen, die Bewegung der kleinern Ansammlung (*motus congregationis minoris*).

Wir haben Leonardo's überraschend richtige Ansichten über die Verbrennung und die Ernährung der Flamme durch die Luft kennen gelernt, vergleichen wir die Ansichten Bacon's über diesen Gegenstand: Er sagt, die Flamme sei keine glühende Luft, wie manche annehmen, sondern die Luft sei ihr feindlich, suche sie aus dem Raume zu drängen, schnüre sie von oben nach unten zusammen, daher ihre Kegelform. Wäre diese Zusammenpressung durch die Luft nicht, so würde die Flamme rund sein und eine Kugelgestalt haben. Dazu giebt er folgendes unmögliches Experiment an: „Man befestige eine kleine Wachskerze in ein Röhrchen von Metall, stelle es in die Mitte einer weiten Schüssel, giesse sodann Weingeist in die Schüssel und zünde die Kerze und sodann den Weingeist an, so wird man sehen, dass sich die Kerzenflamme mitten in der andern ausdehnt, kugelförmig wird und ihre Farbe behält.“ „Dies ist ein nobles Beispiel, welches zweierlei zeigt, 1) dass eine Flamme die andere nicht auslöscht, 2) dass Flammen sich nicht mischen, wie Luft mit Luft.“ Was will diesem unmöglichen Experiment gegenüber der Fehler sagen, den Leonardo macht, wenn er den sonst richtig erklärten dunklen Kern der Kerzenflamme für Rauch hält?

Ueberhaupt finden wir bei Bacon, wie Liebig mit Evidenz nachgewiesen hat, sehr viele Experimente angegeben, aus welchen er Schlüsse zieht und welche er nicht angestellt haben kann, weil sie unmöglich sind. So nimmt er an, Spiritus vini habe eine verborgene Wärme, und beweist dies daraus, dass hineingebrachtes Eiweiss gerinne, wie beim Kochen, und das hineingebrachte Brot geröstet werde und eine Kruste bekomme, wie geröstetes Brot. Er kann diesen Versuch nicht gemacht haben, sonst würde er sich von der Unrichtigkeit überzeugt haben. Hierher gehören auch folgende Experimente oder Beobachtungen und Erklärungen (S. S. 883 u. 885):

„Es ist von den Alten beobachtet worden, dass Salz, welches man in Salzwasser wirft, sich in weniger Zeit löst, als in frischem Wasser. Der Grund mag sein, weil das Salz, welches bereits im Wasser ist, das neu hinzugefügte hineinzieht.“ Und: „Wasser in Brunnen ist wärmer im Winter als im Sommer, und so Luft in Kellern. Der Grund ist, weil in den Theilen diesseits unter der Erde ein gewisser Wärmegrad ist, welcher, fest eingeschlossen wie im Winter, höher, und im Sommer niedriger ist, weil er dann perspirirt.“

Wir sahen, dass Leonardo die Unmöglichkeit der Quadratur des Kreises und des Perpetuum mobile einsah und erwähnte, dagegen ignorirte er die Alchemie vollständig, obschon wir bei ihm Recepte zu Griechischem Feuer und einem guten Nussoel für die Malerei finden, obschon er also auch Interesse für chemische Vorgänge hatte.

Bacon dagegen giebt ein Recept um Gold zu machen (S. S. 327): „Die Welt ist oft belogen worden durch die Meinung, Gold zu machen, das Werk halte ich für möglich, aber die seither hierzu vorgeschlagenen Mittel sind voll Irrthum und Betrug, und in der Theorie voller grundloser Einbildung. Sechs Axiome der Reifung müssen im Auge behalten werden; das erste Axiom sei eine mässige Hitze, das zweite, dass der Metallspirit lebendig gemacht und gelöst werden müsse, das dritte, dass die Spirits nicht sprungweise, sondern gleichförmig zu verbreiten seien, das vierte, dass kein Spirit entweichen dürfe, das fünfte sei die Wahl des geeignetsten Metalls,

das sechste endlich, dass man sich Zeit dazu nehme. Man sollte einen kleinen Ofen bauen und für eine mässige Hitze sorgen, als Material Silber wählen, dazu $\frac{1}{10}$ Quecksilber und $\frac{1}{12}$ Salpeter setzen, sechs Monate lang solle die Operation anhalten, und ein wenig Oel von Zeit und Zeit werde das Metall dicht und geschmeidig machen.“

Dazu bemerkt Liebig: „In diesem Recepte hat man den ganzen Bacon, den Mann und alle seine Werke. Alle Mittel, die er zum Goldmachen giebt, sind Irrthum und Betrug, und seine Axiome, welche seine Theorie ausmachen, grundlose Einbildungen.“

Es werden diese Citate aus den Werken Bacon's genügen, um seinen Werth als Naturforscher zu charakterisiren, während Libri von Leonardo's Manuscripten sagt: „Man findet oft auf demselben Blatt einen politischen Apolog, von dem man glauben könnte, dass ihn Machiavel dictirt habe, philosophische oder moralische Grundsätze, würdig der griechischen Philosophen, Lehren, welche aus Bacon excerptirt zu sein scheinen, wenn sie nicht lange Zeit vor der Geburt des Kanzlers von England geschrieben wären“, während dessen sagt Siegwart ¹⁾ zur Vertheidigung Bacon's gegen Liebig's Angriffe: „Bacon's Reformgedanken und Reformprincipien sind sein wesentliches und einziges Verdienst“, und „dass in dem, was Bacon gewollt — in seinen Fehlern als Naturforscher und Philosoph in Wahrheit seine Stärke liege; dass er bedeutend sei durch das, was er versprochen, durch den kühnen Flug seiner Phantasie — durch die glänzenden Nebelbilder seiner Hoffnungen — durch die spielende Leichtigkeit glücklicher Einfälle, — nicht durch das, was er geleistet, — nicht durch den steten Fortschritt der Erkenntniss — nicht durch den festen Boden des Gewonnenen — nicht durch die geduldige ernste Arbeit des Forschers.“

Was die beiden als Forscher anbetrifft, kann wohl kaum bestritten werden, dass Leonardo der bedeutendere von ihnen ist, selbst wenn man keine Rücksicht darauf nimmt, dass Leonardo so viel früher wirkte, selbst wenn man nicht daran denkt, was Leonardo, der den folgenden Jahrhunderten in der Entdeckung so vieler Wahrheiten zuvor kam, der Wissenschaft unter den grossen naturforschenden Zeitgenossen Bacon's gewesen sein würde.

Das Hauptgewicht ist also bei der Werthschätzung Bacon's auf seine Methode zu legen, darauf, dass er die Erfahrung, das Experiment in den Vordergrund gestellt wissen wollte, und immer und überall darauf drang. Das Verdienst, dies gethan zu haben, kommt ihm zu, auch wenn er selbst, wie wir gesehen haben, jenen Anforderungen bei seinen Forschungen nicht nachkam, selbst wenn seine sich beim Beginn jedes seiner Werke wiederholenden Klagen über den erbarmungswürdigen Zustand der Wissenschaften gegenüber den Heroen, die wir oben zu erwähnen Gelegenheit hatten, unberechtigt sind. Er hat jene Forderungen doch wenigstens ausgesprochen, so zu sagen, formulirt. In seinem *Novum Organum* sagt er, bis zu ihm sei alles Wissen hohl, leer und unfruchtbar gewesen, man habe nicht den wahren Weg eingeschlagen und dieser sei, an die Thatsachen selbst zu treten, um ihre Anordnung und ihren Zusammenhang kennen zu lernen. Die wahre Methode gehe nicht von unbestimmten nach der Hand gemachten Erfahrungen aus, sondern von wohlverstandenen geordneten Thatsachen. (N. O. I. 32.) Ganz bestimmt sagt er (N. O. Aph. 81): „Die wahre Methode sucht nicht auf's gerathewohl; aus wohlverstandenen Thatsachen entwickelt sie Grundsätze, welche, einmal festgestellt, zu neuen Experimenten führen.“

Indessen auch nach dieser Seite hin steht Leonardo dem berühmten Erneurer der Naturforschung nicht nach. Der Beweis hierfür ergiebt sich aus folgenden Citaten:

Leonardo sagt (N. 223): „Es ist immer gut für den Verstand, Kenntnisse zu erwerben, welche sie auch immer seien, man wird dann die guten wählen und die unnützen entfernen können.“

¹⁾ Preussische Jahrbücher von R. Haym. Augustheft 1863.

Und (J. 82): „Die Theorie ist der General, die Praxis sind die Soldaten.“ Endlich (N. 85, 151, 294, 330): „Der Erklärer der Kunstgriffe der Natur ist das Experiment. Es täuscht niemals, es ist unser Urtheil, welches sich mitunter selbst täuscht, weil es sich gefasst macht auf Wirkungen, für welche sich das Experiment nicht eignet. Man muss das Experiment befragen, indem man die Umstände verändert, bis man daraus allgemeine Regeln gezogen hat, denn das Experiment ist es, was die wahren Regeln liefert. Aber wozu sind diese Regeln gut, werdet Ihr sagen? Ich antworte, dass sie uns in der Untersuchung der Natur und den Operationen der Künste führen. Sie hindern, dass wir uns oder andere nicht täuschen, indem wir uns Resultate versprechen, welche wir nicht erhalten werden.“

Von allergrösster Wichtigkeit für die volle Werthschätzung seiner Methode ist, wie schon oben erwähnt, die Stellung, welche er der Mathematik in der Naturforschung anweist. Hierfür ist ausser der oben schon citirten Stelle noch eine andere aus seinen Manuscripten zu erwähnen, wo (N. 139) er sagt: „Beim Studium derjenigen Wissenschaften, welche von der Mathematik abhängen, sind die, welche nicht die Natur, sondern die Autoren um Rath fragen, nicht Kinder der Natur, ich möchte sagen, dass sie nur ihre Enkel sind. Die Natur allein in der That ist die Lehrerin des wahren Genies. Aber seht die Dummheit! Man spottet über einen Menschen, welcher lieber von der Natur selbst lernen möchte, als von Autoren, die nur ihre Schüler sind.“

Und überall sehen wir Leonardo, anders wie Bacon, von dieser Methode consequent Gebrauch machen, er beobachtet, experimentirt und schliesst so, wie es seine Methode vom Forscher verlangt. Man würde ihm augenscheinlich Unrecht thun, liesse man ihm nicht auch in dieser Beziehung den Vortritt vor Bacon von Verulam.

So haben wir in Leonardo da Vinci, dem anerkannt grossen Künstler, zugleich einen Forscher, der dieselbe Anerkennung verdient. Seiner Zeit um Jahrhunderte vorausgeeilt und darum in ihr unverstanden verschollen, darum unsern Anschauungen so nahe stehend, dass er selbst den Mann weit hinter sich lässt, von dem an man gewöhnlich die Entwicklung der modernen Naturwissenschaften zu datiren pflegt, ist er ein in der Geschichte der Wissenschaften vereinzelt Phänomen, oder, wollen wir seine Ansichten für in seiner Zeit weiter verbreitete halten, ein Warner für uns, jene Zeiten nicht für so dunkle zu halten, wie wir es zu thun pflegen.