

Zehnte Abteilung

28

LIONARDO DA VINCI ALS GELEHRTER UND TECHNIKER¹

Nicht jenem Lionardo da Vinci, dessen Ruhmesstern, dem Raphaels und Michel Angelos gesellt, leuchtend vom Morgenhimmel klassischer italischer Kunst herniederstrahlt —, nicht dem Künstler Lionardo da Vinci soll unsere heutige Besprechung gelten, sondern dem Gelehrten und Techniker. Die malerischen und bildhauerischen Meisterwerke Lionardos preist die Welt, und hat ihren Ruhm mit dem Ehrenplatze inmitten jenes glänzenden Dreigestirnes gelohnt; Lionardo der Naturforscher aber, dessen Geist, dem seiner Zeit in staunenswerter Weise vorausseilend, die schwierigsten Fragen der Wissenschaft zu lösen, zugleich aber auch die gefundenen oder erahnten Lösungen praktisch zu verwerten unternahm, ist selbst der großen Mehrzahl naturwissenschaftlich Gebildeter immer noch eine kaum oder nur vom Hörensagen her bekannte Größe. Es rechtfertigt sich deshalb der Versuch, auch seine Leistungen auf diesen Gebieten dem allgemeinen Verständnisse näher zu führen, insoweit mindestens, als das zurzeit vorliegende, bei weitem nicht vollständige Material dies ermöglicht.

Mit den Lebensumständen Lionardos sind wohl alle der Kunstgeschichte Beflissenen ausreichend vertraut, und es wird daher genügen, an dieser Stelle nur einige Hauptdaten zu er-

¹ Vortrag, gehalten im „Naturwissenschaftlichen Verein“ zu Halle a. S.; (s. „Zeitschrift für Naturwissenschaften“ 1899; Bd. 72, S. 291.

wähnen. — Lionardo wurde 1452 als natürlicher, jedoch sofort oder in zartester Jugend legitimer Sohn des Ser Piero da Vinci, Notars der Signoria von Florenz, geboren, und verbrachte seine Kindheit im väterlichen Hause, teils auf Schloß Vinci, teils in Florenz. Über den Verlauf seiner Studien und die Entwicklung seiner Talente ist so gut wie nichts bekannt, ebensowenig steht es fest, daß er seine Bildung durch große, angeblich bis nach Ägypten und Syrien ausgedehnte Reisen erweitert habe, und mit Sicherheit wissen wir fast allein, daß er eine längere Lehrzeit bei Verocchio durchmachte, dem vorzüglichen Maler, Zeichner, Bildhauer, Goldschmied und Erzgießer, von dem u. a. das charakteristische und in seiner Art klassische Reiterdenkmal des Condottiere Colleoni zu Venedig herrührt. In seinem 30. Jahre, 1482, wurde Lionardo an den Hof Sforzas nach Mailand berufen. Schon damals ragte er, ebenso sehr wie durch körperliche Schönheit, Gewandtheit, Kraft und Geschicklichkeit in den ritterlichen Übungen des Reitens, Fechtens, Tanzens und Schwimmens, auch durch scharfen Verstand hervor, durch schlagfertigen Witz, überraschende Vielseitigkeit der Bildung, und unglaubliche künstlerische und technische Befähigung; er wird als edlen und vornehmen Charakters geschildert, als erfüllt von unstillbarer Wißbegier, und als bescheiden, wenngleich seines Wertes voll bewußt; was er begann, unternahm er mit Energie und von starkem Schaffensdrange getrieben, doch sank ihm oft schon während der Ausführung der Mut, und das Vollendete war meist unvermögend seinen hohen Ansprüchen zu genügen, und stimmte ihn melancholisch und resigniert.

Der Mailänder Aufenthalt, 1483 bis 1499, war in jeder Hinsicht, in künstlerischer, wissenschaftlicher und literarischer, eine der fruchtbarsten Zeiten seines Lebens, und hinterließ in der 1483 gestifteten Akademie eine Spur von besonders segensreicher Wirksamkeit; politische Verwicklungen setzten ihm ein Ende, und nach dem Sturze der Sforzas kehrte Lionardo

1500 in seine, damals auf der Höhe des Kunst- und Gewerbefleißes stehende Vaterstadt zurück. Im Jahre 1502 wählte ihn der Herzog Caesar Borgia zu seinem General-Ingenieur und übertrug ihm die Ausführung und Beaufsichtigung der Festungsbauten in Umbrien und der Romagna; mit Werken des Krieges und Friedens beschäftigt, verlebte er nun fast ein Jahrzehnt in verschiedenen Städten Nord- und Mittelitaliens, bis ihn 1512 der Ruf des Papstes zu einer Übersiedelung nach Rom bestimmte. Die persönlichen und die künstlerischen Verhältnisse daselbst befriedigten jedoch Lionardo so wenig, daß er bereits nach zwei Jahren die ewige Stadt wieder verließ und sich erst nach Florenz, dann nach Mailand begab; 1516 entschloß er sich, ein Anerbieten König Franz I. von Frankreich anzunehmen, und folgte ihm nach Paris. Ohne dort die gehoffte Befriedigung gefunden und die verheißene Reihe großer Werke auch nur begonnen zu haben, verschied Lionardo im 67. Jahre seines Lebens am 2. Mai 1519 zu St. Cloud, und wurde in der Kirche St. Florentin bei Amboise beigesetzt; 1863 ließ Napoleon III. das damals wieder aufgefundene Grab würdig erneuern und mit einem Denksteine versehen, und 1871 setzte auch die Stadt Mailand dem großen Meister, dem sie so vieles zu danken hat, ein kostbares Monument.

Seine sämtlichen Manuskripte hinterließ Lionardo testamentarisch seinem Freunde Melzo, der sie zunächst getreulich bewachte, ja fast geheim hielt. Mit Ausnahme des „Buches von der Malerei“ war bei Lebzeiten des Verfassers so gut wie nichts aus seinen Handschriften veröffentlicht worden, und da Lionardo diese außerordentlich hoch hielt, so erscheint es fast unbegreiflich, daß man nicht alsbald an eine Drucklegung heranging; das Rätselhafte dieser Unterlassung löst sich jedoch, wenn man bedenkt, daß die Manuskripte, in freier, ursprünglich wohl rein tagebuchartiger Form, über die verschiedensten und entlegensten Gegenstände in abgerissener, oft nur andeutender Weise und ohne jede systematische Ordnung be-

richten, daß sie wissenschaftliche Probleme aller Art befassen, für die den Freunden und Schülern Lionardos jegliches Verständnis fehlte, ja fehlen mußte, und endlich, daß sie in sogenannter Spiegelschrift, also in verkehrter Lage, und dabei mit sehr feinen und flüchtigen Zügen niedergeschrieben sind, weshalb ihre Entzifferung ganz ungewöhnliche Schwierigkeiten bietet.

Nur so ist es zu erklären, daß Lionardos Schriften ungelesen und unverstanden blieben, so daß schon der bekannte Kunstschriftsteller und Künstlerbiograph Vasari (1511 bis 1574) nur mehr ihr Vorhandensein erwähnt, über ihren Inhalt aber nichts zu berichten weiß. Nach Melzos Tode wurden sie in sträflicher Weise vernachlässigt und zersplittert, gelangten aber schließlich, unter merkwürdigen und wechselvollen Schicksalen, und mindestens in ihren Hauptteilen wieder vereinigt, in die Mailänder ambrosianische Bibliothek, die sie, in vierzehn Folianten angeordnet, als einen ihrer größten Schätze hütete. Der großen Plünderung Italiens durch die Franzosen fielen 1796 auch diese Bände zum Opfer und wurden nach Paris gebracht; die Verpflichtung, sie zurückzugeben, wurde zwar nach dem Zusammenbruche der Napoleonischen Herrschaft ausdrücklich anerkannt, jedoch nur betreff eines einzigen Bandes erfüllt, während die übrigen für „unauffindbar“ galten, und erst mehrere Jahre später, als niemand mehr an das gegebene Versprechen zu erinnern wagte, wieder in der Pariser Bibliothek auftauchten, in der sie sich noch gegenwärtig befinden. Der nach Mailand zurückerstattete Foliant ist der berühmte „Codex atlanticus“, der über 1750 Figuren und Zeichnungen enthält; einen weiteren, ebenfalls reich illustrierten Band besitzt die Londoner Bibliothek, während zahlreiche andere, mit Niederschriften und Handzeichnungen mannigfaltigen Inhaltes bedeckte einzelne Blätter, — deren der ursprüngliche Nachlaß mindestens viertausend gezählt haben soll —, in die verschiedensten städtischen oder privaten Büchersammlungen Europas gelangten.

Eine gute Frucht trug übrigens der Raub der Lionardoschen Schriften durch die Franzosen: man begann ernstliche Versuche zu ihrer Entzifferung, deren erste, durch Venturi veröffentlichten Ergebnisse bereits das größte Staunen der gesamten Gelehrtenwelt hervorriefen. Seither fehlte es zwar diesem verdienten Manne niemals ganz an Nacheifern, und Lionardos Aufzeichnungen wurden von Angehörigen verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen wiederholt zu Zwecken bestimmter Spezialgebiete durchforscht; vollständige, den höheren Anforderungen der Kritik entsprechende Ausgaben der Pariser und Mailänder Codices sind aber erst in neuester Zeit begonnen, und der großen Schwierigkeiten und Unkosten halber nur langsam gefördert worden. Mit Ausnahme des „Buches von der Malerei“, das 1651 zuerst in italienischer Sprache und seither auch in vielen Übersetzungen gedruckt wurde, liegt daher gegenwärtig noch keines der Werke Lionardos vollständig vor, und die Wahrscheinlichkeit ist deshalb groß, daß wir in vieler Hinsicht immer noch erst Bruchstücke ihres reichen Inhaltes kennen, und von künftigen Jahren noch so manche Vervollständigung und Bereicherung unseres bisherigen Wissens zu gewärtigen haben.

Bevor wir an eine Schilderung der Leistungen Lionardos auf den einzelnen Gebieten der Wissenschaft und Technik herantreten, sei zunächst seiner allgemeinen, durch Klarheit wie Aufgeklärtheit in gleicher Weise hervorragenden Grundanschauungen gedacht.

Mit Entschiedenheit vertritt Leonardo den Standpunkt, daß die Welt, soweit menschliche Kräfte sie überhaupt zu erfassen vermögen, für den Menschen auch verständlich, und durch eine richtig geleitete Anwendung seiner Vernunft erklärlich sei, so daß es nirgends notwendig bleibe, seine Zuflucht zu „Wundern“ oder „Geheimkräften“ (*qualitates occultae*) zu nehmen. Vorgefaßte Meinungen und allen Autoritätsglauben

hat man hierbei freilich abzutun, und nicht aus Büchern zu lernen, deren Verfasser vielleicht selbst kein richtiges Verständnis für die Natur besaßen, sondern aus dieser selbst. Die Wunderwerke der Natur aber werden allein durch die Erfahrung erleuchtet; diese täuscht uns niemals, sondern nur unser Urteilen führt zu Irrtümern, indem wir aus unseren Wahrnehmungen unberechtigte Folgerungen ziehen. Beobachtungen und Versuche sind also die einzig zuverlässigen Grundlagen für wissenschaftliche Forschungen; sie vermitteln der Vernunft, die außerhalb der Sinne steht, die Sinneseindrücke, aus denen jene dann ihre Schlüsse zu ziehen hat, und lehren sie diese Schlüsse prüfen und berichtigen. Daher ist alles Wissen eitel und voll von Irrtümern, das nicht von der sinnlichen Erfahrung, der Mutter aller Gewißheit, zur Welt gebracht wird, und nicht mit wohlüberlegten Versuchen abschließt, von richtig wahrgenommenen und wohlverstandenen Anfängen aus durch richtige Folgerungen stufenweise zum Ziele schreitend. Mit der Erfahrung, dieser Meisterin aller Meister, ist stets zu beginnen; sie führt in jedem Einzelfalle zur Entdeckung der Wahrheit und gestattet, aus der Summe der Wahrheiten vieler Einzelfälle die allgemeine Wahrheit als „Generalregel“ abzuleiten. Die Summe dieser Generalregeln wieder ergibt eine „Theorie“, die sich zur „Praxis“ verhält wie der Feldherr zu seiner Armee. Eine Praxis ohne wissenschaftliche Grundlage gleicht einem Schiffe ohne Steuer und Kompaß: Niemand weiß sicher zu sagen, wohin die Fahrt geht; man studiere also stets zuerst die Theorie einer Wissenschaft und verfolge dann an ihrer Hand die Praxis, die aus ihr hervorgeht. Von Tatsachen und Beobachtungen ist auszugehen, nicht von Worten; alles Wissen, das nur auf Worte hinausläuft, erstirbt, sowie es ins Leben treten soll: beim Disputieren z. B. über die Wesenheit Gottes oder der Seele, wird alsbald, weil Vernunftgründe und klare Einsicht fehlen, Geschrei an deren Stelle treten; das aber ist stets das Zeichen, daß es mit den geistigen Gründen zu Ende geht.

Diese klaren, sein Zeitalter nicht weniger durch vollständige Neuheit als durch unerhörte Kühnheit überraschenden Äußerungen Lionardos mögen genügen, um auf die Richtung seiner Denkweise einen Schluß zu gestatten; daß er solche Wahrheiten nicht nur richtig erkannt, sondern auch durch die eigene Tat praktisch bewährt hat, werden unsere folgenden Betrachtungen ergeben. Jedenfalls ist aber Leonardo, mit weit größerem Rechte wie der ein Jahrhundert spätere Bacon von Verulam, als Schöpfer oder Neubegründer der induktiven Methode anzusehen, und als einer der Ersten, wenn nicht der Erste, der es unternahm, die Gesamtnatur in einheitlicher Weise, und von den allgemeinen Grundgesetzen der Erfahrung ausgehend, systematisch zu erklären.

Den verschiedenen Zweigen der Mathematik wandte Leonardo große Aufmerksamkeit zu, „denn allein wo Mathematik anwendbar ist, herrscht Gewißheit, und nur soweit sie sich anwenden läßt, steht das Wissen unbedingt fest“. Die zahlreichen Rechnungen und geometrischen Figuren in Lionardos Manuskripten zeugen für die Gründlichkeit seiner Studien, die sich, wie wir hier zufällig wissen, besonders auch auf die Werke des Archimedes erstreckten. Daß Leonardo die Zeichen $+$ und $-$ in die Arithmetik eingeführt habe, ist unrichtig, daß er sie in Italien zuerst benutzte, fraglich; was die Geometrie betrifft, so beschäftigte er sich vielfach mit den sogenannten Sternpolygonen und mit der Abwicklung krummer Flächen und ihrer Darstellung in der Ebene, ferner bestimmte er die Lage des Schwerpunktes verschiedener Körper (z. B. der Pyramide durch Zerlegung in Teilkörper vermittelt parallel zur Basis geführte Schnitte), und versuchte sich an der Quadratur des Kreises, die er als ein unlösbares Problem erkannte. Großen Reiz boten ihm Aufgaben aus der angewandten Geometrie; so z. B. erfand er einen Proportionalzirkel und ein

Ellipsenrad, und trachtete, die Regeln des sogenannten „goldenen Schnittes“ zu künstlerischen, aber auch zu praktischen Zwecken zu verwerten, u. a. zur Herstellung möglichst wohlgefälliger, deutlicher, leicht leserlicher Zahlen und Buchstaben, für die er, als eifriger Liebhaber der Kalligraphie, ein ganz besonderes Interesse besaß.

Zahlreich und bedeutsam sind Lionardos Leistungen auf fast allen Gebieten der Physik; die Methode der experimentellen Forschung, in Verbindung mit seinen mathematischen Kenntnissen, führte ihn hier fast bei jedem Schritte zu den schönsten Ergebnissen.

In der Optik fesselte ihn schon frühzeitig die Reflexion des Lichtes, die er als einen der Stoßwirkung analogen Vorgang ansah; er entwickelte die Theorie der Spiegelreflexion, fand die Gesetze auf, nach denen die Reflexion seitens krummer und sphärischer Spiegel berechnet werden kann, und konstruierte Bahnen und Schnittpunkte der zurückgeworfenen Strahlen für alle diese Fälle. Mit der Brechung, vielleicht auch mit der Beugung des Lichtes war er vertraut, und gab, auf Grund zutreffender Anschauungen über Gang und Fortpflanzung der Lichtstrahlen, zuerst die richtige Erklärung der Camera obscura (ohne Linse!), eines Apparates, den er allem Anscheine nach selbst oder doch selbständig erfunden hat. Sogleich gelangte er aber auch zum Schlusse, daß der Vorgang beim Sehen dem in der Camera obscura analog sein müsse, und zeigte durch Anfertigung eines künstlichen Auges, daß das Auge in der Tat nach Art einer Camera funktioniere; über die Bedeutung der einzelnen Teile des Auges, namentlich der Linse, besaß er durchaus korrekte Vorstellungen, desgleichen über die Lage der Bilder auf der Netzhaut, und über die, durch die verschiedene Stellung der beiden Augen bedingte Verschiedenheit der beiden Bilder, die er als Ursache des

körperlichen Sehens erkannte, d. h. des Sehens unter Hinzufügung der im einzelnen Bilde nicht enthaltenen Tiefendimensionen. Da Lionardo auch das Aufrechtsehen des auf der Netzhaut verkehrt erscheinenden Bildes, sowie das Einfachsehen der in zwei Augen wiedergespiegelten Gegenstände als physiologische Akte erklärte, da er die Dauer der Eindrücke im Auge sowie die Phänomene der Irradiation und der Nachbilder einer näheren Prüfung unterwarf, und endlich auch Versuche über die subjektiven Farben und die Gesetze ihrer Reihenfolge anstellte, so darf er mit vollem Rechte als Begründer der physiologischen Optik bezeichnet werden. — Von den physiologischen Farben ausgehend, gelangte Lionardo zu seiner Farbenlehre und zur Deutung der farbigen Schatten, sowie der Bläue des Himmels; über die „Gesetze des Lichtes und Schattens“ verfaßte er eine eigene Abhandlung, aus der er wohl manches in das „Buch von der Malerei“ herübernahm. Dieses Buch entwickelt u. a. die Regeln der Licht- und Schattengebung, die Theorie der linearen und der Luftperspektive, sowie die Gesetze der Verkürzung, mit unübertrefflicher Klarheit und Anschaulichkeit, und kann in künstlerischer Hinsicht noch heute ebenso als Fundamentalwerk gelten wie zu Zeiten Correggios, der es „seinen besten und zuverlässigsten Lehrer“ nannte; Lionardo selbst erklärte die Lehre von der Perspektive für „die Wurzel der ganzen Malerei“, vermöge derer das Auge, „dieses Fenster der Seele“, erst „zum zweiten Male, aber nun wahrhaft und untrüglich, zu sehen erlerne“.

Besondere Vorliebe besaß Lionardo für die eigentliche reine Mechanik, die er „das Paradies der mathematischen Wissenschaften“ zu nennen pflegte, und deren sämtliche Hauptzweige er, nicht nur von statischen, sondern, — als Erster —, auch von dynamischen Gesichtspunkten aus, neuen und originellen Betrachtungen unterwarf.

Ursache aller Bewegungen ist allein ein Aufwand von Kraft, die selbst unsichtbar und unkörperlich ist, jedoch, in ge-

gebener Stärke auf gegebene Körper einwirkend, ihnen eine sichtbare und meßbare Bewegungsgröße erteilt, d. h. sie mit einer bestimmten Geschwindigkeit nach einer bestimmten Richtung in Bewegung setzt. Der bewegte Körper „wuchtet“ in der Richtung seiner Bewegung, er besitzt eine gewisse „Wirkungsfähigkeit“ („peso“, heute kinetische Energie genannt), so daß er nur durch Aufwand einer neuen Kraft wieder zur Ruhe gebracht werden kann, und zwar der nämlichen, die erforderlich war, um ihn aus dem Zustande der Ruhe in den der Bewegung zu versetzen. Veränderungen der Geschwindigkeit oder der Richtung, durch Widerstände, Stöße, Reibungen u.s.f., sind mit einem entsprechenden Verluste an „Wirkungsfähigkeit“ verbunden; wären solche ganz auszuschließen, so würde jeder Körper endlos in Geschwindigkeit und Richtung seiner Bewegung bezw. in völliger Ruhe verharren, „denn jedes Ding trachtet, sich in seinem gegebenen Zustande zu erhalten“. Dies ist das Gesetz der Trägheit, für das Lionardo verschiedene Beweise anführt, u. a. die Möglichkeit, aus einer Säule von Brettspielsteinen vermittelst eines raschen Schlages einen einzelnen herauszuwerfen.

Die „Wirkungsfähigkeit“ kann benützt werden, um eine gewisse Menge Arbeit zu verrichten; wer dies nicht einsieht, möge überlegen, daß, wenn er z. B. Wasser nach dem Gewichte kaufte, es für ihn nicht einerlei wäre, ob er einen toten Sumpf oder einen Bach mit Gefälle erwürbe, denn nur in letzterem ist das Wasser arbeitsfähig, in ersterem aber nicht. Bei der Messung der Arbeit ist zu berücksichtigen, daß sie bei gleicher Größe aus verschiedenen Faktoren zusammengesetzt sein kann: es wird z. B. die nämliche Arbeit verrichtet, wenn man ein gegebenes Gewicht auf eine bestimmte Höhe, oder wenn man die Hälfte dieses Gewichtes auf die doppelte Höhe erhebt. Ohne Arbeitsaufwand läßt sich aber auch keine Leistung erzielen, und diese einfache Tatsache ergibt ohne weiteres, daß die Konstruktion eines „Perpetuum mobile“ unmöglich und unausführbar ist.

Die den Körpern erteilten Bewegungen können gleichförmige oder ungleichförmige sein, je nachdem der durchlaufene Raum der Zeit direkt proportional ist, oder nicht; wirken auf einen Körper gleichzeitig mehrere Kräfte ein, so läßt sich, auch wenn ihre Richtungen nicht aufeinander senkrecht stehen, die Größe und Richtung der schließlichen Bewegung nach dem Gesetze des Parallelogrammes der Kräfte ermitteln und vorausberechnen. Unter den ungleichförmigen Bewegungen ist die wichtigste der freie Fall; Lionardo erkannte ihn zutreffend als eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung, vermochte aber den wahren Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Fallzeit nicht ausfindig zu machen, und glaubte, die Fallgeschwindigkeiten wüchsen in arithmetischem Verhältnisse. Auch irrte er in der Annahme einer Beeinflussung der Schwere durch die Erwärmung der Körper (zu der er durch unrichtige Deutung eines Versuches kam), sowie in der Voraussetzung eines rascheren Fallens der spezifisch schwereren Substanzen; dagegen bemerkte er bei seinen Versuchen, bleierne und hölzerne Kugeln von hohen Türmen herabfallen zu lassen, zuerst die Abweichung der Falllinie der Bleikugeln von der Vertikalen, und erklärte sie mit staunenswerthem Scharfsinne in richtiger Weise aus der Achsendrehung der Erde. — Außer dem freien Falle untersuchte Lionardo auch den Fall auf dem Kreisbogen (wobei er feststellte, daß die Fallzeit auf diesem geringer sei als die auf der zugehörigen kürzeren Sehne), sowie den Fall auf der schiefen Ebene.

Für die einfachen Maschinen leitete er die Gleichgewichtsbedingungen ab, und sprach das sogenannte Prinzip der virtuellen Geschwindigkeiten aus, indem er angab, die Größen der im Gleichgewichte befindlichen Kräfte verhielten sich umgekehrt wie diese virtuellen Geschwindigkeiten. Das Hebelprinzip stellte er in seiner allgemeinen Form auf, erfaßte den Begriff der statischen Momente oder Drehungsmomente der Kräfte, und leitete auf Grund derselben die Hebelgesetze auch

für den Fall schief angreifender Kräfte ab. Die schiefe Ebene, die Rolle, das Rad an der Welle, u. s. f., betrachtete er als besondere Fälle des Hebels, und zeigte, wie für sie und ihre Kombinationen (z. B. die der Rollen zum Flaschenzuge) die Verhältnisse zwischen Kraft und Last leicht und mit großer Sicherheit berechnet werden können; daß Lionardo bei seinen zahlreichen Bauten die gewaltigsten Lasten in gewünschter Weise zu heben und zu bewegen verstand, und oft auch von Anderen in dieser Hinsicht um Rat und Hilfe angegangen wurde, ist jedenfalls in erster Linie diesen seinen theoretischen Einsichten zuzuschreiben.

Über den Stoß und seine Gesetze besaß Lionardo zutreffende, und zur Erklärung auch einer Anzahl verwickelterer Fälle ausreichende Vorstellungen. Das nämliche gilt für die Reibung; er kannte den Zusammenhang zwischen den Größen der Oberflächen, der Belastungen, und der Reibung, und stellte experimentell auch die Beträge für verschiedene Fälle der Zapfen-, Räder-, Achsen- und Lagerreibung fest.

Die richtige Auffassung des Stoßes führte Lionardo zu der der Wellenbewegung, denn die Welle läßt sich als Folge eines Stoßes betrachten, durch den der betroffene Körper nur gehoben und gesenkt, nicht aber von seinem Platze weiterbefördert wird; Beispiele hierfür sind das vom Winde bewegte Kornfeld, und der auf dem Wasser schwimmende, nur auf- und niedersteigende, aber seinen Ort nicht verlassende Strohalm. Nicht die Materie als solche schreitet fort, sondern nur die Form der Bewegung, und zwar erfolgt die Fortpflanzung der Wellenberge und -täler nach bestimmten, mathematisch angebbaren Gesetzen, aus denen auch die Erscheinungen vorausberechnet werden können, die beim Zusammentreffen, beim Kreuzen und Schneiden gleich- und ungleich-großer und -rascher Wellenzüge, sowie bei der Reflexion der Wellen eintreten müssen, und auch tatsächlich eintreten. Die Analogie lehrt, auch den Schall als eine Wellenbewegung in der Luft aufzu-

fassen, Versuche über die Geschwindigkeit seines Fortschreitens anzustellen, und die Regeln des Echos aus denen der Reflexion abzuleiten; als Bestätigung für die Wellennatur des Schalles kann das Mittönen gleichgestimmter Saiten und Glocken beim Anschlagen ihres Grundtones dienen, sowie die Entstehung der Staubfiguren auf flachen, durch Töne in regelmäßige Schwingungen versetzten Platten.

Die Mechanik der Flüssigkeiten läßt Gesetze besonderer Art erkennen, die mit deren eigentümlichem physikalischem Zustande zusammenhängen; die Flüssigkeiten sind nämlich von molekularer Beschaffenheit, die ihre geringe Zusammendrückbarkeit und große Beweglichkeit bedingt, für die es ein schönes Beispiel bietet, daß Wasser in einem rotierenden Gefäße allein infolge der Zentrifugalkraft an den Wänden in die Höhe steigt. Lionardo kennt die Gesetze der kommunizierenden Röhren, und die Regel, daß sich die Höhen zweier im Gleichgewichte befindlichen Flüssigkeitssäulen (z. B. Wasser und Quecksilber) umgekehrt wie die spezifischen Gewichte verhalten; auch weiß er, daß der in einem der Schenkel ausgeübte Druck sich gleichmäßig fortpflanzt, und gründet hierauf die Konstruktion einer hydraulischen Presse, deren Zeichnung vorhanden ist. Vertraut ist er ferner mit den Erscheinungen der Kapillarität, mit den Gesetzen des Schwimmens, und mit der Abhängigkeit des Bodendruckes von der Höhe des Flüssigkeitsstandes; endlich bestimmte er die Mengen und Geschwindigkeiten des aus Hebern und Gefäßen unter verschiedenen Druckhöhen ausfließenden Wassers, beobachtete das Entstehen und die Formen der oberhalb der Gefäßöffnungen auftretenden Wirbel, und bemerkte die charakteristischen Gestaltsveränderungen der aus Öffnungen verschiedenartigen Querschnittes austretenden Wasserstrahlen.

Auch die Mechanik der Luft ist, so wie die der Flüssigkeiten, durch deren spezifische Beschaffenheit bedingt: die Luft ist außerordentlich leicht, dünn, und elastisch, besitzt aber doch

eine ganz bestimmte Dichte und Schwere. Diese Dichte ist viel kleiner als die des Wassers (woraus sich die Anwendung der Luft zum Füllen der Schwimmgürtel erklärt), muß jedoch offenbar desto größer sein, je näher sich die Luft an der Erdoberfläche befindet, und desto kleiner, je stärker die Luft erwärmt wird, da heiße Luft das Bestreben zeigt, nach oben zu schweben; von dieser Eigenschaft machte Lionardo gelegentlich seiner Flugversuche eine Nutzanwendung, indem er kleine, mit Wachs gedichtete Ballons durch eingblasene heiße Luft zum Aufsteigen brachte. Die Dichte der Luft erhellt ferner aus ihrer Fähigkeit, Windmühlen in Bewegung zu setzen, aus ihrem Widerstande, der den Flug der Vögel ermöglicht, und aus ihrer großen Tragfähigkeit für ausgedehnte, aber spezifisch leichte Gegenstände, z. B. die von Lionardo erdachten Fallschirme, die es selbst einem Menschen gestatten würden, sich aus großen Höhen ohne jede Gefahr auf die Erde niedersinken zu lassen; das Schweben und Schwimmen in der Luft unterliegt den nämlichen Gesetzen wie das im Wasser, und da sich die Dichte der Luft ändern kann, z. B. wenn sie erwärmt wird, so müssen sich auch die Gewichte aller Körper etwas veränderlich zeigen, wenn sie in ungleich dichter Luft bestimmt werden. Die Elastizität der Luft endlich äußert sich in deren großer Kompressibilität, die z. B. beim Einsinken der Taucherglocken deutlich zu beobachten ist; da aber die Luft ebenso wie zusammengedrückt auch verdünnt werden kann, ohne daß sich aus irgend zureichenden Gründen eine letzte Verdünnungsgrenze annehmen ließe, so erklärt Lionardo, im Gegensatz zu allen seinen Zeitgenossen und fast allen seinen Vorgängern, einen luftleeren Raum für sehr wohl denkbar, und vermutet sogar, daß eben die Existenz eines solchen Vakuums, in Verbindung mit der Schwere und dem Drucke der Luft, das Aufsteigen des Wassers in den Pumpen ermögliche.

Die nämlichen mechanischen Gesetze, die die Bewegungen der irdischen Körper regeln, regieren auch die der himmlischen, und man bedarf keiner besonderen Annahmen zur Erklärung der kosmischen Vorgänge. Die Bewegungen der Planeten, — die sich Lionardo 1489, gelegentlich eines Festspieles bei der Hochzeit des Herzogs Sforza, durch mechanische Vorrichtungen nachzuahmen bemühte — bieten zwar der Deutung viele und große Schwierigkeiten, doch ist dies nicht in „Wundern“ begründet, sondern in unserer Unwissenheit und Voreingenommenheit. So z. B. ist es zweifellos, daß die Erde weder im Zentrum der Sonnenbahn liegt, noch im Mittelpunkte der Welt, sondern ein Himmelskörper ist wie alle übrigen, vom Monde oder den Sternen aus gesehen selbst nur als ein gewöhnlicher Stern erschiene, und daher für das Weltganze keine größere Bedeutung hat als irgend ein anderer Planet; wenn man den Sternen das Funkeln und das Zurückwerfen des Sonnenlichtes als charakteristische Eigenschaften zuschreibt, so ist dies völlig unberechtigt, denn das Funkeln kommt den Sternen als solchen überhaupt nicht zu und ist rein physiologisch zu erklären, das Sonnenlicht reflektiert aber auch die Erde, und bewirkt dadurch die schwache Sichtbarkeit des Mondes unmittelbar vor und nach Neumond, die bisher allen Beobachtern rätselhaft blieb. Ebenso ist es gewiß, daß die Erde außer der Bewegung um die Sonne auch eine Drehung um ihre Achse vollzieht, und daß sie von kugelförmiger Gestalt ist. Allerdings widersprechen diese Anschauungen gewissen althergebrachten Lehren, doch darf man sich durch Vorurteile nicht beeinflussen lassen, denn es ist z. B. bekannt, daß der heilige Augustinus die Existenz der Antipoden leugnete, während sie jetzt durch die Entdeckung Amerikas bewiesen ist, woraus sich ergibt, daß in derlei Dingen selbst Kirchenväter und Heilige irren können. — Ob kartographische Skizzen mit den Umrissen der neuen Welt, sowie ein Brief von 1473 an Columbus, tatsächlich von Lio-

nardo herrühren, erscheint mehr als zweifelhaft; Landaufnahmen, Vermessungen, und genau ausgearbeitete topographische Pläne sind aber von seiner Hand in großer Zahl vorhanden.

Was die Chemie anbelangt, so hat sich Lionardo mit den Eigenschaften einer großen Anzahl von Rohstoffen und technischen Produkten praktisch bekannt gemacht, da er gewohnt war, alle seine Farben und Firnisse selbst zu bereiten; wie Vasari erzählt, erregte er hierdurch den Unwillen des Papstes Leo X., „der, statt eines Malers, einen Firnißkocher nach Rom berufen zu haben schien“. Daß Lionardo zuweilen seinen selbstgewonnenen Farbstoffen allzu rasch vertraute, soll aber auch ihm selbst manchen Schaden zugefügt, und namentlich den unerwartet schnellen Verfall seines künstlerischen Hauptwerkes, des „Abendmahles“ im Refektorium zu Mailand, mitverschuldet haben. — Genau bekannt war er mit der Darstellung und Verwendung des Schießpulvers, sowie mit der Gewinnung seiner Bestandteile und ihrer Reinigung durch Kristallisation und Sublimation. Auf Grund dieser und anderer Kenntnisse erklärte er die Alchemie für eine lügnerische und verderbliche Kunst, die Alchemisten für Schwindler und Betrüger, und die künstliche Darstellung des Goldes für ebenso unmöglich wie die Quadratur des Kreises oder die Erfindung des Perpetuum mobile. Die Energie, mit der er über diese drei Lieblingsprobleme seines Zeitalters und zweier folgender Jahrhunderte den Stab brach, würde allein schon hinreichen, um ewiges Zeugnis für seine Geisteskraft abzulegen!

Höchst bedeutend sind Lionardos Äußerungen über die Luft: sie ist nach ihm kein Element, sondern enthält zwei Bestandteile, da sie zwar (wie schon Heraklit und später Roger Bacon lehrten) durch das Feuer sowie auch durch die Atmung verzehrt wird, aber nicht ganz. Verbrennung und Atmung sind nur in der Luft möglich, und machen diese

untauglich, zu weiterer Verbrennung und Atmung zu dienen, und zwar in ganz analoger Weise, so daß, wo keine Flamme mehr brennt, auch kein Tier mehr zu atmen vermag, und umgekehrt; weil aber, wie die Erfahrung lehrt, schlechte und verdorbene Luft durch Pflanzen wieder gereinigt und atembar gemacht wird, so scheint sie diesen noch zur Nahrung dienen zu können. Da bei der Verbrennung ein Teil der Luft verzehrt wird, so müßte ein Vakuum entstehen, falls nicht weitere Luft nachströme; durch dieses Nachströmen wird aber umgekehrt auch die Intensität der Lichtentwicklung und Verbrennung außerordentlich erhöht. Von solchen Beobachtungen ausgehend konstruierte Lionardo den Lampenzylinder, „der der Flamme reichlichere frische Luft zuführen, und gleichzeitig die unbrauchbar gewordene Luft, diese Exhalation der Flamme, ableiten soll“; diese Erfindung ist also keineswegs ein Produkt des Zufalles, sondern die Frucht wohlbegründeter Überlegungen. — Sehr bemerkenswert ist es, daß Lionardo im Verlaufe derartiger Betrachtungen scharf zwischen der gewöhnlichen und der strahlenden Wärme unterscheidet: letztere ist durch Spiegel reflektierbar wie das Licht, durch Wassertropfen brechbar, ohne sie zu erwärmen, und gelangt überhaupt von einem Punkte zu einem anderen, ohne sich auf dem zurückgelegten Wege durch Temperaturerhöhung fühlbar zu machen.

Die praktischen Anwendungen, die Lionardo von seinen physikalischen, chemischen und mechanischen Kenntnissen machte, sind geradezu unzählbar, und ihre Mannigfaltigkeit muß auch dann immer wieder aufs neue überraschen, wenn man es als zweifellos ansieht, daß er die Maschinen, Apparate, und Vorrichtungen, von denen seine Skizzenbücher meist wohldurchdachte, gründlich durchgearbeitete, und mit Rücksicht auf Formschönheit der Teile entworfene Zeichnungen wiedergeben, nicht alle gänzlich neu ersann, vielmehr

seine Ideen häufig nur an schon Vorhandenes knüpfte, und dieses weiter entwickelte. Eine vollständige Aufzählung auch nur des bisher bekannt gewordenen einschlägigen Inhaltes der Manuskripte würde viel zu weit führen, und es mögen daher nur die wichtigsten Gruppen kurze Erwähnung finden. Zu diesen gehören: 1. Hebezeuge, Krane und Winden, Ketten und Kettenglieder (darunter die U-förmigen), Wagenräder, einrädrige Bergwerkskarren, Laderampen, Türen mit schiefen selbstschließenden Angeln und dergl.; 2. Bewegungsmechanismen, u. a. Zahn-, Friktions-, Schrauben- und Kegelräder mit gerader und schräger Verzahnung, Federn, Daumenräder, Kupplungen, Kurbeln und Doppelkurbeln, Universalgelenke (?), Riemscheiben und Riemen, ferner Kurbeln, Zugstangen, Nuten und Stifte zur Erzeugung intermittierender, oder hin- und hergehender Bewegungen; 3. Walzen und Pressen zum Profilieren von Eisenstäben, Hämmer und Federhämmer, Maschinen zum Ziehen und Härten von Metallfedern, zum Feilenhauen, zum Hobeln und Sägen von Holz, Stein und Eisen, zum Schlagen von Metallplatten und zum Prägen von Münzen und Medaillen; 4. Webstühle, Tuchscher-, Walk-, Wasch-, Preßmaschinen und Kalanders, den modernen sehr ähnliche Spinnmaschinen und Seilspinnmaschinen (diese alle wohl durch die Industrien Florenz und Bolognas veranlaßt); 5. Gebläse und Gebläsemaschinen mit Rückschlagventilen, Zugregulatoren für Kamine mit selbsttätigen Klappen, Heißluftmotoren mit horizontalen Schaufelrädern (z. B. zum Drehen der Bratspieße), Apparate zum Erhitzen und Destillieren von Wasser, Schmelzöfen, Flammöfen, und Glasöfen mit vorliegender Feuerung; 6. Landwirtschaftliche Maschinen, als Pflüge, Eggen, Schöpfbrunnen, Quellenbohrer, Bohrmaschinen für Brunnenrohre, Mühlen, und Mahlgänge; 7. Turbinen und Wasserräder (in über 30 Gestaltungen), Schaufelräder mit neuartig geformten Schaufeln, Zuleitungen des in senkrecht stehenden Rohren aufgesammelten Wassers in freier Ausströmung unmittelbar auf die Räder oder in die

Zellen der Turbinen; 8. Hydraulische Pressen, Saug- und Druckpumpen, Feuerspritzen, Kettenpumpen, und eine Art Zentrifugalpumpen; 9. Meßwerkzeuge, u. a. Wagen, Dezimalwagen, Uhrwerke mit Balanciers und Horizontalpendeln, Dynamometer, Wegemesser, Geschwindigkeitsmesser für fließendes Wasser, Logleinen für die Schifffahrt, u. s. f.

Mit großem Eifer suchte Lionardo auch nach zuverlässigen Grundregeln für die Ausführung von Land- und Wasserbauten. So z. B. bestimmte er in eingehendster und erstaunlich genauer Weise die relative und absolute Festigkeit der Balken gegen Zug, Druck, Biegung, und Knickung, ermittelte Vorschriften für die Prüfung der Festigkeit der Gerüste, der Tragfähigkeit von Quer- und Langhölzern in Verbindung unter sich und mit Mauerwerk, sowie der Widerstandsfähigkeit von Mauern und Fundamenten, und entwickelte eine ausführliche Theorie der Wölbungen und Bogen; ebenso untersuchte er die günstigsten Formen und Stärken für Nägel, Bolzen, Keile, Angeln, Holzrammen, und dergl., und gab den zu erwartenden Nutzeffekt, bzw. den aufzuwendenden Kraftbedarf an.

Besondere Vorliebe hegte er aber für den Wasserbau und für die Ausgestaltung seiner theoretischen Unterlagen; reiche mathematische Vorkenntnisse und fortgesetzte Versuchsanstellungen befähigten ihn, feste Regeln für bis dahin rein empirisch behandelte Verhältnisse aufzustellen; er berechnete die richtige und ausreichende Dimensionierung von Dämmen und Kanälen, die Mengen des zu fördernden Wassers, die Einflüsse der Kanalprofile und der Form der Ausflußöffnungen auf Leistung und Geschwindigkeit der Kanäle, die Druckwirkungen des strömenden Wassers auf Sohle und Seitenwände, und deren Inanspruchnahme durch Verengungen, Biegungen, und Wirbel. Diese seine Kenntnisse bewährte er auch praktisch: in den Jahren 1493 bis 1497 leitete er die Regulierung des Tessin und die Kanalisierungen im Veltlin, legte den noch bestehenden, schiffbaren, 200 Miglien langen Martesana-Kanal an, führte das

Wasser der Adda bis Mailand, und erschloß durch sein vorbildliches System der Berieselung, sowie durch die Anwendung der künstlichen Bewässerung und Schlammdüngung zur Umwandlung von Sandböden in Ackerfelder, für ganz Norditalien eine neue, in ihren Nachwirkungen geradezu unerschöpfliche Quelle wirtschaftlichen Wohlstandes. Betreff der Schiffbarmachung des reißenden Arno zwischen Florenz und Pisa (1501), und der Regulierung der Mündung des Arno (1503), blieb es zwar beim bloßen Projekte; dagegen vollendete Lionardo 1506 noch den Kanal und Hafen von San Cristoforo, nebst Sperrschleusen und Staubassin, zu dessen Errichtung er neue Baggermaschinen, und zu dessen Speisung er die Anlage eines Systems artesischer Brunnen erdachte; ferner entwarf er während seines Aufenthaltes in Frankreich den Kanal von Romorentin (1517), der aber erst nach seinem Tode, genau den hinterlassenen Plänen gemäß, ausgeführt wurde. — Durch den Bau dieser Wasserstraßen veranlaßt, beschäftigte sich Lionardo auch mit dem der Flöße und Schiffe; unter seinen hierher gehörigen Zeichnungen bietet eine ganz ungewöhnliches Interesse, weil sie die Fortbewegung einer Barke mittels Dampf zum Gegenstande hat; mit der Spannkraft des Dampfes war nämlich Lionardo wohl vertraut und er schlug u. a. vor, sie zum Heben von Wasser, sowie zum Betriebe einer Art Dampfkanonen zu benützen.

In den Kriegswissenschaften besaß Lionardo, wie sein bekannter Bewerbungsbrief von 1482 an den Herzog von Mailand zeigt, schon in frühen Jahren so außerordentliche Kenntnisse, daß man auch hier in fortgesetzter Verlegenheit bleibt, sich vorzustellen, wie und wann er sie erwerben konnte. Er rühmt sich schon damals, — und wie die Folgezeit bewies mit vollem Rechte —, daß er verstehe: das kunstgemäße Entwerfen und Errichten von Land- und Seebefestigungen; den

Bau von Wassergräben und Brücken, von Kriegsschiffen und Belagerungsmaschinen; die Anlage der (zu jener Zeit ganz neuen) Minen und Gegenminen; die Anfertigung von Handfeuerwaffen, Orgelgeschützen und Mitrailleusen; die Erzeugung glatter oder gezogener Kanonen, Mörser und Bombarden, durch Guß oder durch Aus- und Nachbohren, mögen es Vorder- oder Hinterlader sein; endlich die Anwendung und Herstellung aller Zündstoffe und namentlich des Schießpulvers. In der Tat finden sich unter Lionardos Skizzen ausführliche Entwürfe zu Pulvermühlen, Mischmaschinen mit Kollergang, Trockenöfen, Sublimationsapparaten für Schwefel, u. s. f.; daß er aber auch über die Wirkungsweise des Pulvers richtige Vorstellungen besaß, bezeugen die von ihm zuerst angestellten Versuche, die Bahnen und Geschwindigkeiten der Geschosse, die Tragweiten und ihre Abhängigkeit vom Elevationswinkel, sowie die Effekte bleierner und steinerer (nicht eiserner!) Kugeln zu bestimmen und zu berechnen, — Versuche, die ihm den Anspruch verleihen, als Vater der modernen Ballistik bezeichnet zu werden.

Hinsichtlich der eigentlichen Naturgeschichte (in engerem Sinne) ist gleichfalls von wichtigen Leistungen Lionardos zu berichten.

Während die medizinischen Kenntnisse des Altertumes von den Arabern sorgfältig gesammelt, überliefert, und in vielen Punkten auch wesentlich bereichert worden waren, hinderten die religiösen Vorschriften des Korans, weil sie die Zergliederung des menschlichen Körpers, ja nach Auffassung der Orthodoxen selbst die bildliche Wiedergabe seiner Teile verboten, nicht nur jeglichen Fortschritt in der Anatomie, sondern ließen sogar die wichtigsten Errungenschaften der griechischen Ärzte allmählich in fast völlige Vergessenheit geraten; auf diesem Gebiete herrschte daher noch bei Beginn der Neuzeit eine kaum glaubliche Unwissenheit, die am besten

dadurch gekennzeichnet wird, daß das geschätzteste und beliebteste Lehrbuch, das des Mondino (1316 verfaßt), das beinahe zweihundert Jahre lang die alleinige Grundlage des ärztlichen Studiums bildete, keine einzige Abbildung enthielt! Aber auch spätere, gegen Ende des Mittelalters erschienene Werke, brachten es bestenfalls nur zu einigen dürftigen, rein schematischen Figuren, was nicht Wunder nehmen kann, wenn man bedenkt, daß z. B. noch Papst Bonifacius VIII. alle „Leichenzergliederer“ mit dem großen Kirchenbanne bedroht haben soll. So blieb es denn Lionardo vorbehalten, auch auf diesem Felde bahnbrechend zu wirken; gemeinsam mit dem hochbegabten, leider früh verstorbenen Marcantonio della Torre, Professor der Medizin zu Padua, begann er 1510 eingehende anatomische Studien zu treiben, die wissenschaftliche und künstlerische Zwecke auf das schönste vermählten. Als Frucht dieser Bemühungen besitzen wir noch 235 Blätter mit 779 Bildern, den ersten, wirklich richtigen und naturgetreuen anatomischen Zeichnungen; sie umfassen Knochen, Muskeln und Bänder, Blutgefäße, Venen und Arterien, Gehirn, Ohr und Auge, Lunge, Leber und Eingeweide u. s. f., die sie, einzeln und in Verbindung miteinander, in mannigfachen Anordnungen und Lagen wiedergeben, sichtlich stets mit größter Sorgsamkeit, und in vielen Fällen (der Deutlichkeit wegen) auch in den natürlichen Farben. Besonders merkwürdig ist aber ein Blatt mit Abbildungen des Herzens, die dessen Klappenapparat, und hauptsächlich die halbmondförmigen Aortenklappen, mit solcher Genauigkeit und Schärfe in ihren verschiedenen Stellungen zeigen, daß hier, nach Ansicht Sachverständiger, unbedingt eine richtige Vorstellung ihrer Funktion, d. h. der Regelung des Blutkreislaufes, zugrunde gelegen haben muß.

Angeregt durch seine Arbeiten an dem herrlichen Reiterdenkmale des Sforza, dessen Modell leider gelegentlich der französischen Invasion von rohen Soldaten mutwillig zerstört wurde, beschäftigte sich Lionardo auch mit der Anatomie

des Pferdes, die ihn zur vergleichenden Anatomie und zur Untersuchung der Ähnlichkeit und gegenseitigen Bedingtheit der Knochen, Muskeln, Bänder u. s. f. hinüberleitete. Neben der Statik vernachlässigte er aber auch die Dynamik nicht; am menschlichen Körper untersuchte er die Bewegungen und Gleichgewichtsbedingungen beim Heben, Stemmen, Tragen, Werfen und dergl., die ihn zur Auffassung des Gehens als eines fortgesetzten Fallens veranlaßten, am Vogelkörper das Zustandekommen der Flugbewegungen und die Bedingungen des freien Fluges, als deren wesentlichste er das Gewicht des Vogels erkannte, und die er wieder zur Konstruktion von Flugmaschinen zu verwerten suchte.

Das Pflanzenreich fesselte Lionardo hauptsächlich durch die oft so sichtlich hervortretende Symmetrie von Blättern, Blüten und Zweigen, deren Gestaltungen er durch das Verfahren des Naturselbstdruckes, sowie durch Anfertigung von Holzschnitten behufs unmittelbaren Abdruckes in die „Kräuterbücher“, festzuhalten suchte. Für Form, Anordnung, und Verteilung der Blüten und Blätter stellte er Regeln auf, und zeigte, daß die Stellung der Blätter oft in wichtiger Beziehung zu ganz bestimmten physiologischen Aufgaben steht, z. B. zur Ableitung des Tropfwassers. Als Erster bezeichnete er die Blätter ausdrücklich als Organe der Ernährung, die Licht und Luft suchen, woraus es sich erklärt, daß Bäume an den Waldrändern, und an ihnen wieder die äußersten Zweige, sowie überhaupt ringsum freistehende Gewächse, stets besser und kräftiger gedeihen als die übrigen benachbarten; daß sich Pflanzen „vermöge der Luft“ (und zwar auch „verdorbener“) tatsächlich ernähren können, bewies er durch Versuche, er züchtete z. B. aus einem kleinen Kürbiskeimlinge, den er in einer passenden Wasserschüssel vegetieren ließ, eine ausgewachsene Pflanze, die sechzig Früchte ansetzte. Auf die

Nahrungszufuhr durch die Wurzeln führte er dagegen die wichtigen Einflüsse der Bodenbeschaffenheit, der Bewässerung, und der Düngung zurück; durch Düngung mit Giften, z. B. arseniger Säure und Sublimat, und durch Einspritzen ihrer Lösungen in die Saftbahnen, prüfte er auch den Einfluß dieser Substanzen auf das Pflanzenwachstum, und die Möglichkeit ihrer Überführung in bestimmte Teile der Pflanzen, z. B. in die Früchte.

Die Wasserbauten, die Ausführung der das lombardische Schuttland durchschneidenden Kanäle, sowie die Anlage der Steinbrüche, die das erforderliche Baumaterial zu liefern hatten, lenkten Lionardos Aufmerksamkeit auch auf mineralogische und geologische Fragen. Er untersuchte Gestalt und Struktur verschiedener Gesteine, bemerkte die Symmetrie der natürlichen Kristalle, und erklärte die Versteinerungen von Pflanzen und Tieren für Überbleibsel aus längst vergangenen Zeitperioden, nicht aber für „Naturspiele“, „Erzeugnisse der Sternstrahlen“, oder „mißlungene Schöpfungsübungen Gottes“, als welche sie noch die späteren Scholastiker bezeichneten, wenngleich schon Xenophanes sowie Herodot die richtige Ansicht ausgesprochen hatten! Aus dem Anblicke der, gelegentlich der Kanaldurchstiche, freigelegten Schichten, zog er mit überraschender Einsicht Schlüsse auf ihre Ablagerung, auf die Bildung von Gebirgen und Tälern, auf die Erhebung der Kontinente, und auf die wechselnde Ausbreitung der Ozeane; völlig klar war er auch über die grundlegende Bedeutung der Erosion, zu deren merkwürdigsten Wirkungen er u. a. die Ausgestaltung der südtiroler Dolomitengegenden zählte, deren Kegel und Zinnen man auch im landschaftlichen Hintergrunde des wunderbaren Bildnisses der Mona Lisa wiedererkennen will, das Leonardo vermutlich 1501, während seines Aufenthaltes zu Florenz malte. Den Bildungen der Täler und der Herkunft

ihrer Wasserläufe nachforschend, soll er bis in das Herz der, zu jener Zeit fast nie ohne dringendste Not betretenen Hochalpen vorgedrungen sein, die Schönheiten der alpinen Natur gepriesen, und sogar eine Besteigung der Schneegipfel der Monte Rosa-Gruppe, — allerdings erfolglos —, versucht haben.

Die Abhängigkeit des Wasserstandes in Kanälen und Flüssen von den Niederschlagsmengen in den sie speisenden Gebieten veranlaßte Lionardo auch zu meteorologischen Beobachtungen. Als Ursache des Witterungswechsels bezeichnete er einerseits die Verdichtungen und Verdünnungen der Luft, die die Entstehung von Winden zur Folge haben, andererseits die Veränderlichkeit des Wassergehaltes der Luft; zur Bestimmung des letzteren konstruierte er ein Hygrometer, bestehend aus einer kleinen Wage, an deren Armen sich ein Stückchen Wachs und ein Bausch Baumwolle in völlig trockenem Zustande das Gleichgewicht hielten, während bei nassem Wetter die Baumwolle Feuchtigkeit anzog, so daß ihr Hebel herabsank und die Wage einen Ausschlag gab. Auch über kaltem Wasser und bei gewöhnlicher Temperatur bilden sich wässrige Dünste, die sich allmählich zu Wolken verdichten, die aus großen Massen feiner Wassertröpfchen bestehen; ihre Lage ist keineswegs durch den Zufall bestimmt, vielmehr bleiben sie da schweben, wo sich die Kräfte des Auftriebes und der Schwere eben aufheben, so daß sie stets leichter als alles unter, und schwerer als alles über ihnen Befindliche sein müssen. Daß sich Witterung und Winde nach gewissen Gesetzen ändern, und namentlich auch Zusammenhänge zwischen Winden und ozeanischen Strömungen bestehen, ist fraglos; doch reichen die bisherigen Kenntnisse nicht hin, sie festzustellen, wie man denn z. B. nicht einmal weiß, mit welcher Geschwindigkeit sich diese Strömungen bewegen. — Aus dem Bestreben, in dieser Richtung Messungen vorzunehmen, ist vielleicht die (bereits erwähnte)

Erfindung der Logleine hervorgegangen, über deren praktische Anwendung zuerst Toscanelli und Behaim berichten.

So unendlich ist der Umfang von Lionardos Wissen und Können, — das wir immerhin nur seinen Hauptzügen nach betrachtet haben, — so groß und mannigfach die Zahl der Gebiete, über die es sich erstreckt, daß den Epigonen kaum Hoffnung verbleibt, es nur nach allen Seiten voll zu erfassen, geschweige denn zu begreifen, wie das Haupt eines Einzigen es je zu erlangen und in sich zu sammeln vermochte.

Sehen wir Lionardo als Maler, Zeichner, und Bildhauer Meisterwerke ersten Ranges hervorbringen; als Architekten den Bau des Mailänder Domes betreiben, aber auch wieder ein Gartenhaus für Sforzas Gemahlin, vom Bauplane bis zu den Einzelheiten der Badeöfen und Leitungshähne herab, mit eigener Hand entwerfen und vorzeichnen; neuartige Konstruktionen für Theater und Schaubühnen angeben; Triumphbögen und Empfangshallen errichten; mit unerschöpflicher Phantasie Feste und Aufzüge veranstalten, unvergeßlich wie die bei Sforzas Hochzeit und bei der Ankunft König Ludwig XII.; als Gelegenheitsdichter und Improvisator, als Sänger, Lautenschläger, und Violinspieler glänzen; Geist, Witz, und Schlagfertigkeit mit Schönheit, Gewandtheit, und edler Sitte verbinden; lichtvolle Aussprüche über Moral und Religion, Tod und Leiden, Lebenskämpfe und Selbstbeherrschung, Dichtung und Kunst, Politik und Handel, Sprache und Grammatik niederschreiben; alle Höhen und Tiefen der Wissenschaft durchmessen, und das Erschaute und Erdachte in tausend großen und kleinen Fällen tatkräftigen Sinnes nutzbringend verwerten, — so dürfen wir bewundernd bekennen, daß die Menschheit wohl nie eine vollkommeneren Vereinigung aller körperlichen und geistigen Vorzüge hervorgebracht, die Natur kaum je einen Menschen so hoch erhoben hat, wie Lionardo da Vinci.

„In ihm, der allein eine Akademie war, schlossen sich, — so sagt der Historiker Florenzs, Capponi, — das künstlerische Schaffen und die Erkenntnis der Natur zur untrennbaren Einheit zusammen, in ihm vereinigten sich die beiden Strömungen, die Italien zur Größe hinantrugen: Kunst und Wissenschaft.“ Humboldt preist ihn im „Kosmos“ als den Ersten aller Naturforscher des 15. Jahrhunderts, den erhabenen Geist, „der mit ausgezeichneten mathematischen Kenntnissen den bewundernswürdigsten Tiefblick in die Natur verband“, und Burckhardt faßt in der „Kultur der Renaissance in Italien“ sein Urteil, kurz und erschöpfend wie immer, in die Worte zusammen: „Die ungeheueren Umrisse von Lionardos Wesen wird man ewig nur von ferne ahnen können.“

Doch wie niemals hellem Lichte der Schatten fehlt, so mischt sich auch der freudigen Verehrung, mit der wir zu dem Staunenswertesten aller Universalgenien aufblicken, ein Gefühl des Schmerzes bei; was dem Künstler in reichem Maße beschieden war, blieb dem Naturforscher versagt: Nachruhm und Nachwirkung. Im Entwicklungsgange der Menschheit wäre wohl ein volles Jahrhundert erspart worden, hätte die Wissenschaft in jene Richtung, die ihr nun erst Galilei wies, schon an Leonardo knüpfend einlenken können; sein kühner Geist hatte die neuen Ziele bereits erblickt, die neuen Wege bereits betreten, oder wo nicht betreten doch vorgezeichnet, und an entschlossenen Nachfolgern hätte es in jener Epoche blühenden Aufschwunges gewiß nicht lange gefehlt, wären nur die Wegweiser aufrecht geblieben, die der mutige Bahnbrecher vorausseilend errichtete. Aber eine unglückliche Verkettung von Umständen, die ihre Erklärung teils in Lionardos unstetem Leben, teils in den traurigen Schicksalen Italiens nach seinem Tode findet, ließ seine Schriften ungelesen und unverstanden verkommen, die Wahrzeichen, die er gesetzt, hinsinken, und erst nach Menschenaltern neue Geschlechter abermals und unter unsäglichen Anstrengungen den

Pfaden nachspüren, die er längst vorher den Schritten der Forschenden offengelegt hatte; so ist ihm der Ruhm unermeßlichen Einflusses auf den Fortgang der gesamten Kultur, dessen er unter günstigeren Verhältnissen sicher gewesen wäre, verloren gegangen, und statt an dem einen Namen Lionardos zu haften, verteilt er sich auf eine ganze Reihe in jüngeren Zeiten erstandener Geisteshelden.

Daß aber Lionardo die Arbeit, die zum großen Teile nachmals durch die mühevollen und gemeinsame Tätigkeit dieser Männer aufs neue verrichtet werden mußte, schon einmal, selbständig und allein, geleistet hatte, — diese Wahrheit festzustellen, und ihr zu immer allgemeinerer Anerkennung zu verhelfen, bleibt eine Ehrenpflicht der Gerechtigkeit, die zu erfüllen die späte Nachwelt den Manen jenes großen Genius noch schuldet.
