HAMBURGER
MATHEMATISCHE EINZELSCHRIFTEN
4. HEFT / 1928

WILHELM BLASCHKE

LEONARDO UND DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH
1928

WILHELM BLASCHKE

LEONARDO UND DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Rede, gehalten am 10. November 1927,
zum Antritt des Rektoramts
an der Universität
Hamburg

*

ISBN 978-3-663-15311-5 ISBN 978-3-663-15879-0 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-663-15879-0

Hochansehnliche Versammlung!
Werte Kollegen und liebe Kommilitonen!

Erlauben Sie, daß ich, altem Brauche folgend, Ihre Zeit in Anspruch nehme mit einem kurzen Vortrage, den ich vielleicht mit der beruhigenden Zusicherung beginnen darf, daß darin von meinem engeren Fachgebiet, der Mathematik, so gut wie gar nicht die Rede sein wird.

Wenn nämlich ein Gelehrter vor einem größeren Kreise aus seinem Fach berichten soll, dann drängt sich eine stets wachsende Schwierigkeit auf. Je breiter und je höher der Bau der Wissenschaft emporsteigt, desto kleiner wird der Bruchteil, den der einzelne zu überblicken vermag, desto ferner steht der Fachmann dem Strom des Lebens. Gilt das von der Wissenschaft im allgemeinen, so gilt es noch in verstärktem Maße von einer der ältesten unter den Wissenschaften, von der Mathematik. Mit beißendem Witz hat der Ire Swift die Lebensfremdheit und Hilflosigkeit der Mathematiker verhöhnt, die das seltsame Reich auf der fliegenden Insel Laputa bewohnen. Was man vor 200 Jahren zu Newton's Zeit den Mathematikern nachsagen konnte, ist heute zur Zeit Hilberts wohl noch schlimmer geworden, da die Ablösung der Mathematik von den Naturwissenschaften und ihre Axiomatisierung weiter vorgeschritten ist.

Vielleicht liegt es jetzt besonders nahe, seinen Blick zurückzuwenden auf die vielbewegte Zeit, in der Europa die Fesseln des Mittelalters, nach denen sich heute mancher zurückzusehnen scheint, zerriß und an vielen Orten, vor allem aber im Mediceischen Florenz eine Blüte von Kunst und Wissenschaft begann, die sich mit der des Perikleischen Athens zu vergleichen vermag. Damals hat ein einzelner, den wir vor allem als Künstler anzusehen gewohnt sind, in unbegreiflicher Vielseitigkeit den ganzen Kreis der Naturwissenschaften umspannt, nicht etwa nur als Enzyklopädist und

Dilettant, sondern als Forscher und Förderer, ich meine Leonardo da Vinci.

Wenn ich versuche, Ihnen von diesem Manne und seinen wissenschaftlichen Leistungen, insbesondere in der Mechanik, hier etwas zu erzählen, so darf ich dieses Wagnis vielleicht damit begründen, daß man über diese seine Entdeckungen erst seit kurzem Näheres weiß, da man erst jetzt, vierhundert Jahre nach seinem Tode, ernstlich daran arbeitet, seine Aufzeichnungen zu durchforschen und herauszugeben.

Diese Verspätung erscheint einem nicht mehr so verwunderlich, wenn man sich erst darüber unterrichtet hat, welcher Art diese Aufzeichnungen sind und in welch kläglichem Zustand sie nach mannigfachen Schicksalen auf uns gekommen sind. Fertige Veröffentlichungen in unserem Sinne gibt es nämlich darunter überhaupt nicht, sondern nur eine große Menge, vielleicht noch 5000 Blätter, von meist recht flüchtigen Notizen, die mehr oder weniger ungeordnet, jetzt über die Welt verstreut sind. Manches davon ist wie von seinen Kunstwerken sicher unwiederbringlich verloren. Die berühmteste Sammlung von Aufzeichnungen Leonardos ist der wegen seines großen Formats so genannte „Codice Atlantico" mit etwa 400 Blättern, auf denen auch an 1700 Skizzen enthalten sind. Die Blätter sind recht zufällig, wohl auch nach der Größe ausgewählt, vom Buchbinder willkürlich geordnet und bisweilen zerschnitten. Besonders wichtig ist daneben für uns noch der „Codex Arundel", der erst jetzt veröffentlicht wird.

Aber auch die geordnetsten Handschriften Vincis sind nur mühsam zugänglich. Zunächst sind sie in Spiegelschrift von rechts nach links geschrieben — er war linkshändig — aber, was noch mehr stört, vielfach mit eigenen Schriftzeichen und Abkürzungen, schließlich auch noch in einem ungewöhnlichen Italienisch, das Worte aus verschiedenen Mundarten entlehnt. Diese Geheimschrift, wie man sie nennen könnte, die er vielleicht in Besorgnis vor Plagiatoren, vielleicht auch in der Besorgnis vor der Kirche anwandte, bildet ein ernstes Hindernis. Dazu kommt, daß man bei der heutigen Spezialisierung einen ganzen Stab von Gelehrten braucht, um Licht in diese Handschriften zu bringen.

Damit komme ich auf eine Schwierigkeit, die sich jedem Bericht über unsern Meister entgegenstellt. Man ist immerzu genötigt, von Dingen zu handeln, von denen man wenig oder nichts versteht. Ich bitte deshalb, insbesondere die Herren der benachbarten philosophischen Fakultät, um Nachsicht, wenn meine Phantasie sich auf Gebieten bewegen wird, auf denen sie durch keinerlei Fachkenntnis gehemmt ist.

Beginnen wir mit einem Blick auf des Meisters Leben! Wenn Sie von Florenz den Arno abwärts durch das wohlbestellte Hügelland Toscanas reisen, dann können Sie, bevor Sie in die Ebene von Pisa hinaustreten, in einer Gegend vortrefflichen Weines zur rechten Hand auf einem Vorberg des Monte Albano, der nichts mit Roms Albanerbergen zu tun hat, den kleinen Ort Vinci liegen sehen, zu deutsch Weiden. Dort wurde 1452 Leonardo oder, wenn Sie lieber wollen, Lionardo, geboren als uneheliches Kind eines begüterten Notars, wohl als Erstgeborener, aber kein überzeugendes Beispiel für die Theorie von der Minderwertigkeit der Erstgeborenen.

Mit 14 Jahren verließ er das Haus seines Vaters, in dem er damals als einziges Kind aufgewachsen war, und kam ins Florenz des frühen Rinascimento in die Lehre zu Andrea Verrocchio. Verrocchio war Goldschmied, Maler und Bildhauer, von ihm stammt die Reiterstatue des Colleoni in Venedig, er hatte aber auch Sinn für Geometrie, Perspektive und Optik. 1482 wurde Leonardo vielleicht als Musiker an den Hof Lodovico Moros nach Mailand gezogen.

Abgesehen von Venedig waren zu jener Zeit Florenz und Mailand die bedeutendsten Handelsstädte Italiens. Während damals die Städte im Norden der Alpen im Verhältnis noch wenig entwickelt waren, haben wir es hier schon mit richtigen Großstädten zu tun mit mehr als hunderttausend Einwohnern. In beiden Städten spielte die Woll- und Seidenweberei eine wichtige Rolle, und die mehr als 30 Bankhäuser von Florenz hatten ihre Zweigstellen über einen großen Teil von Europa verstreut. Aus jener Zeit stammen die vielen italienischen Fachausdrücke im Bankwesen, die auch heute noch in aller Welt üblich sind. In dem Reichtum, der aus Handel und

Industrie floß, war die notwendige Vorbedingung zu einer glänzenden Entwicklung der Künste und Wissenschaften gegeben. Eine zweite notwendige Bedingung, die Opferfreudigkeit des Reichtums, war so groß, daß damals beispielsweise Bologna die Hälfte seiner Einnahmen für seine Universität ausgegeben haben soll, während heute ein Stadtstaat, wie Hamburg, noch nicht zweihundertstel seiner Einkünfte dem gleichen Zweck zuführt. Wie sehr die Professoren derselben ältesten Universität Bologna geehrt wurden — wenigstens nach dem Tode — das kann man heute noch an den grünen, säulengetragenen Grabpyramiden der damaligen Dozenten sehen, die die schönsten Plätze Bolognas zieren. Von der Kunstbegeisterung und dem Geschmack der damaligen Bankherren zeugen in Florenz noch heute ihre Paläste, wie die der Strozzi und Pitti. Wie schon aus dem Anblick dieser herrischen Bauwerke hervorgeht, haben wir uns diese Finanzgrößen recht verschieden von den heutigen zu denken, verstanden sie im Kampf gegen den Konkurrenten doch auch noch selbst den Dolch zu führen, wie die Verschwörung der Pazzi lehrt, der Giuliano dei Medici 1478 zum Opfer fiel und Lorenzo nur mit knapper Not entrann. Nach endlosen Kämpfen um die Verfassung, über deren Veränderlichkeit schon Dante im Purgatorio geklagt hatte, war die Republik Florenz tatsächlich unter die Herrschaft des Bankhauses der Medici gekommen, und Lorenzo Magnifico suchte die von seinem Großvater Cosimo ererbte Gewalt durch Klugheit, Prachtentfaltung und Kunstliebe zu festigen. Die bildende Kunst war ja damals nicht wie heute Angelegenheit eines kleinen Kreises von Schönrednern, sondern sie war von der leidenschaftlichen Begeisterung vieler getragen.

Anders stand es in Mailand. Hier hatte ein begabter Gewaltherr Lodovico Moro aus dem Condottieregeschlecht der Sforza die unumschränkte Macht in Händen. Gerade die große Machtfülle in der Hand des einzelnen mag in Leonardo den Künstler und den Techniker nach Mailand gelockt haben, und wir kennen dafür eine seltsame Urkunde in seinem Briefentwurf an Lodovico, der im „Codice Atlantico“ erhalten ist. Leonardo bietet in 10 Punkten seine

Kenntnisse und Fähigkeiten an. Neun dieser Punkte beziehen sich auf die Kriegskunst, wie Herstellung fliegender Brücken, Befestigungsanlagen und Sprenggeschosse, über Minensprengungen, Kriegswagen und Geschütze. Erst im letzten Punkt erwähnt unser Meister die Errichtung von Bauwerken und die Herstellung von Kanälen in Friedenszeiten. In dieser Mailänder Zeit entstand das Abendmahl, die Madonna in der Grotte und das riesige Modell zum Reiterdenkmal Francesco Sforzas, von dem uns nur einige Skizzen erhalten sind. Von jener Zeit ab müssen wir uns Leonardo als hochgeachteten Künstler und Techniker denken, um den sich die Fürsten und Republiken Italiens bemühen. Die Kleinstaaterei, der Wettbewerb der vielen und vielgestaltigen und veränderlichen kleinen Staatswesen, der die politische Ohnmacht Italiens nach außen verschuldete, kam der Kulturentwicklung des Landes zugute, das bunt und leidenschaftlich bewegt ausgesehen haben mag, vielleicht ein wenig ähnlich wie für den Amerikaner das heutige Europa.

Nach Lodovicos Sturz ging Leonardo mit seinen Ersparnissen etwa um die Jahrhundertwende über Venedig nach Florenz zurück. Dann trat er wieder in Fürstendienst: er ging 1502 zu Cesare Borgia, dem Sohn des Papstes Alexander VI. aus dem spanischen Hause der Borgia. Cesare ist jener geniale Verbrecher, den Machiavelli in seinem Buch vom Fürsten verherrlicht hat und der mit Krieg, Dolch und Gift, aber auch mit kluger Mäßigung Italien zu einigen und den Kirchenstaat zu verweltlichen versucht haben mag, wie es einst mit ähnlichen Mitteln Ludwig XI. gelungen war, Frankreich zusammenzuschweißen. 1502 wurde Leonardo als Generalingenieur von Cesare über seine Festungen gesetzt, führte umfangreiche Bauten (auch Hafenbauten) aus und stellte Landkarten von Mittelitalien her. In diese Zeit und 1503, als er in Florenz die Mona Lisa Gioconda malte, fallen seine Untersuchungen über den Flug. Bei wiederholtem Ortswechsel traf er in Florenz mit Raffael und Michelangelo zusammen. 1504—1506 hatten Leonardo und der um die Hälfte jüngere Michelangelo den Auftrag, im Wettstreit den Saal des großen Rats im palazzo vecchio von Florenz mit Fresken zu schmücken. Leonardos schlechtes

Verhältnis zu Michelangelo hat wohl auch die mangelhafte Lebensbeschreibung Leonardos ungünstig beeinflußt, die der von Michelangelo abhängige Erbauer der Uffizien Vasari um die Mitte des Cinquecento geschrieben hat. 1506 ging Leonardo nach Mailand als Hofmaler Ludwig XII. von Frankreich. In diese Mailänder Zeit fallen seine anatomischen Studien. Er hat mehr als dreißig männliche und weibliche Körper seziert. 1513—1516 war er unter dem Mediceer-Papst Leo X. in Rom. Am Ende seines Lebens ging er nach Frankreich zu Franz I., dem Nachfolger Ludwig XII., wo er im Schlosse Cloux im Alter von 67 Jahren 1519 starb.

Die Blüte der italienischen Renaissance hat Leonardos Tod nicht lang überdauert. Sie wurde von zwei verbündeten Gewalten geknickt, den Spaniern und der Gegenreformation. Aber vielleicht gehört zum Wesen der höchsten Schönheit ihre Vergänglichkeit.

Um sich über Leonardos wissenschaftliche Leistungen ein Urteil zu bilden, muß man sich über die Kenntnisse ein Bild zu machen suchen, die zu seiner Zeit vorhanden waren. Diese Kenntnisse entstammen drei Quellen. Zunächst den Schriften aus dem klassischen Altertum. Bei dem neuerweckten Humanismus waren diese in weitem Ausmaße unserm Meister zugänglich, zumal in jener Zeit auch das Studium des Griechischen aufkam durch die gelehrten griechischen Flüchtlinge in Italien. So verkehrte Leonardo mit dem Griechen Argyropulos, einem Kenner des Aristoteles, der nach der Eroberung von Konstantinopel durch die Türken 1453 nach Florenz geflüchtet war. Dazu kommen zweitens die arabischen und endlich drittens die mittelalterlichen Schriftsteller.

Während wir über die klassischen Quellen Leonardos recht gut Bescheid wissen, sind unsere Kenntnisse über die gelehrten Araber und über die Wissenschaft des Mittelalters lückenhaft, trotz der eingehenden Forschungen, insbesondere des Franzosen Duhem. Dabei ist zu beachten, daß unser Meister sehr viel gelesen hat. Es standen ihm vortreffliche Büchereien Italiens zur Verfügung und auch er selbst hat viele Bücher besessen.

Über Leonardos Stellung zur Mathematik werden einige Zitate aus seinen Aufzeichnungen den besten Aufschluß geben. Da heißt es zum Beispiel: „Mich lese, wer nicht Mathematiker ist, in meinen Grundzügen nicht." Ferner: „Keine Gewißheit dort, wo man Mathematik nicht anzuwenden vermag." Endlich, besonders schmeichelhaft für mein Fach: „Wer die erhabene Weisheit der Mathematik tadelt, nährt sich von Verwirrung und wird nie zum Schweigen bringen die Widersprüche der sophistischen Wissenschaften, durch die man nur ein ewiges Geschrei erlernt."

Aus umständlichen Rechnungen, die im Codice Atlantico enthalten sind und sich auf Archimedes' Hebelgesetz beziehen, hat man geschlossen, Leonardo sei im Rechnen wenig geübt gewesen. Indessen treten dieselben Berechnungen im Codex Arundel später viel geschickter durchgeführt auf. Leonardo war also in Mathematik nicht unbewandert. Es mag das mit seiner Freundschaft mit dem vielgewandten Mathematiker Fra Luca Pacioli zusammenhängen, dessen Äußeres uns aus einem trefflichen Bild in Neapel bekannt ist, der mit Leonardo in Florenz und Mailand zusammen war und unter anderm (auch eine Euklid-Übersetzung stammt von ihm) ein Buch über den goldenen Schnitt geschrieben hat, bei dem ihm Leonardo behilflich war.

In praktisch geometrischen Dingen, wie Schwerpunktskonstruktionen, Herstellung von Parabel- und Teilzirkeln ging Leonardo über die Kenntnisse seiner Zeit hinaus. Eingehend, wenn auch nicht sehr erfolgreich, hat sich unser Meister mit einer Konstruktionsaufgabe der geometrischen Optik befaßt, die man nach dem arabischen Mathematiker Alhazen zu benennen pflegt, der ums Jahr 1000 gelebt hat: Gegeben ist ein sphärischer Spiegel, ein Augpunkt und ein Lichtpunkt. Gesucht werden die Stellen des Spiegels, an denen die Lichtstrahlen ins Auge geworfen werden. Die meisten mathematischen Schriften Leonardos sind indessen noch gar nicht veröffentlicht, sondern ruhen im South Kensington Museum in London.

Wichtiger sind Leonardos Leistungen in der Mechanik, von der er sagt: „Die Mechanik ist das Paradies der mathematischen Wissenschaften, denn durch sie kommt man zur mathematischen Frucht." Beginnen wir mit der Statik, der Lehre vom Gleichgewicht.

Da hat er insbesondere die Aufgabe vom Gleichgewicht eines Seils behandelt, das an zwei Stellen befestigt ist und an einer dritten eine Last trägt. Es gelingt ihm die Ermittlung der Seilspannungen, also die Zerlegung einer Kraft in Komponenten vorgeschriebener Richtung. Das ist ein wesentlicher Erfolg, denn das Kräfteparallelogramm ist erst etwa 100 Jahre später von Stevin entdeckt worden. Leonardos Hilfsmittel bei der Lösung seiner Aufgabe bildet der Begriff: Moment einer Kraft um einen Punkt, auf den er durch den Hebel gekommen war. Bei der Bestimmung des Schwerpunktes einer homogenen Halbkreisscheibe ist beachtenswert, wie Leonardo in der Art des Archimedes Betrachtungen im unendlich Kleinen verwendet.

Gehen wir jetzt zur Dynamik, der Lehre von der Bewegung über, von der man im Altertum im Gegensatz zur Statik nichts Rechtes wußte.

Bei Leonardo findet sich das Fallgesetz, das wir nach Galilei zu benennen pflegen, so gefaßt: Beim freien Fall ist die Geschwindigkeit der Zeit proportional. Doch steht gleich daneben die damit im Widerspruch stehende falsche Angabe, auch der Weg sei der Zeit proportional. Wenn wir also doch wohl Galileo Galilei als ersten ansehen müssen, der über den freien Fall zu voller Klarheit durchgedrungen ist, so dürfen wir vielleicht mit einigem Recht Leonardo ein viel wichtigeres Gesetz hundert Jahre vor Galilei zuschreiben, das Trägheitsgesetz, welches aussagt, daß ein ungestörter Massenpunkt sich gradlinig und gleichförmig bewegt. „Ogni moto attende al suo mantenimento" schreibt er. Erst von dieser Erkenntnis aus, wie wir heute sagen, vom Standpunkt des Relativitätsprinzips von Galilei aus, hat eine andere Behauptung einen guten Sinn, die Leonardo klar und deutlich so faßt: „Il sole non si muove", die Sonne steht still. Er kennt auch die Erddrehung und macht den Vorschlag, sie durch Fallversuche von Türmen zu bestätigen. Schon im Altertum lehrte Heraklid die Erddrehung und Aristarch von Samos etwa 270 v. Chr. die Bewegung der

Erde um die Sonne. Diese, wie wir sagen könnten, „Kopernikanische" Lehre ist aber im Altertum zugunsten der Ptolemäischen wieder verlassen worden, wohl weil es vom rein geometrischen Standpunkt aus ziemlich einerlei ist, ob ich sage, die Erde bewegt sich um die Sonne oder umgekehrt. Erst das Trägheitsgesetz macht den Unterschied aus.

Aus einer Zeichnung bei Leonardo glaubt man schließen zu können, daß ihm folgende Eigenschaft des Falles bekannt war, die Galilei später wiederentdeckt hat. Wir denken uns in einer Vertikalebene von einem Punkt A aus unter verschiedenen Neigungswinkeln Rohre gelegt und in ihnen von A aus zur selben Zeit schwere Körper herabgleiten. Dann befinden sich in jedem Augenblick diese Körper auf einem Kreis in unserer Vertikalebene, der durch A geht und dort eine wagerechte Tangente hat.

Wenn man will, kann man bei Leonardo auch den Grundgedanken der Variationsprinzipe der Mechanik herauslesen, denn er schreibt: „Jeder Vorgang in der Natur vollzieht sich auf dem kürzesten Weg, der möglich ist." Auch ist eine Andeutung des Energieprinzips enthalten in dem Ausruf: „Oh, ihr Erforscher des perpetuum mobile, wieviel eitle Pläne habt ihr geschaffen! Gesellt euch denen, die Gold machen wollen."

Naturgemäß treten bei Leonardo die mechanischen Begriffe wie der der Kraft noch recht verschwommen auf, und es finden sich Widersprüche. Aber dasselbe gilt noch, wenn auch in geringerem Maße, von Galileis Discorsi, obwohl es sich da um ein sorgfältig verfaßtes Lehrbuch, nicht, wie bei Leonardo, um flüchtige Aufzeichnungen zu nie verfaßten Werken handelt.

Von Leonardos ausgedehnten anatomischen und physiologischen Untersuchungen, von seinen Ideen zur Geologie möchte ich hier nichts erzählen. Es sei nur erwähnt, daß Leonardo vielleicht schon den Kreislauf des Blutes gekannt hat. Indessen möchte ich nicht versäumen, über seine Tätigkeit als Techniker einiges wenige zu berichten.

Die im Winkel gestellten Tore an Schleusen, die wir in Hamburg oft zu sehen Gelegenheit haben, scheint Leonardo als erster, und zwar bei Kanälen in der Umgebung von

Mailand angewandt zu haben. Von dort kamen sie später nach Holland. Flußregulierung und Kanalbau haben unsern Meister vielfach in der Poebene und am Arno beschäftigt. Auch über die Ausrüstung von Tauchern hat er uns Zeichnungen hinterlassen.

Besonders beachtenswert sind aber seine Forschungen über die Fragen des Fluges. Er ist der Erfinder des Fallschirms, der von ihm deutlich gezeichnet wird. Er scheint nach Vasari das Prinzip von Montgolfier besessen zu haben, einen Ballon durch erwärmte Luft zu heben. Was aber wohl die Hauptsache ist: Leonardo hat die Luftschraube, den Propeller, erfunden und gedachte ihn nicht zur Fortbewegung, sondern zur Hebung von Flugzeugen zu verwenden, eine Aufgabe, die auch heute praktisch noch nicht völlig gelöst ist. Umgekehrt kannte er auch das Prinzip der Turbine, die er bei der Konstruktion eines mechanischen Bratenwenders anwandte. Erst seit kurzem wissen wir, daß das Fliegen von Menschen ohne Motoren möglich ist, daß also Leonardos Versuche mit seinem großen Vogel vom Cecero, einem Hügel bei Florenz, kein wahnsinniges, von vornherein aussichtsloses Unternehmen waren.

Wenn Leonardo auch den Krieg als „bestialissima pazzia", als tierische Tollheit theoretisch verwarf, so beschäftigte er sich doch viel und eingehend mit der Kriegskunst, wie schon aus dem erwähnten Brief an Lodovico Sforza, seiner Tätigkeit als Festungsbaumeister Cesares und aus manchen seiner Zeichnungen hervorgeht. An friedlichen Werkzeugen, die er erdacht hat, seien genannt: eine Feilenhaumaschine, die Kette, die wir heute bei der Übersetzung an Fahrrädern anwenden, dann die Windmühle mit beweglichem Dach, wie sie um 1550 nach Holland kam. Er erfindet Meßgeräte für Windstärke und Feuchtigkeitsgehalt, Umdrehungszähler für Wagen, kennt die sogenannte Cardanische Aufhängung, die wir beispielsweise bei der Schiffslampe angewendet sehen können, die aber vielleicht schon die Araber erfunden hatten. Er konstruiert mechanische Webevorrichtungen und gibt genaue Zeichnungen einer Tuchschermaschine, wie sie ähnlich 300 Jahre später in England gebaut wurde.

Durch seine Tätigkeit als Architekt kam er dazu, Untersuchungen über die Festigkeit von Baumaterial anzustellen. Fragen des Städtebaues, die heute wieder sehr umstritten sind, haben ihn wiederholt beschäftigt, wie die zweckmäßige Anlage von Gartenstädten und die Einführung von Hochstraßen zur Bewältigung des Verkehrs in Großstädten. Auch über den Bau hygienischer Stallungen und anderer hygienischer Einrichtungen hat er nachgedacht.

Über Leonardos Leben sind wir viel weniger unterrichtet als etwa über Michelangelo, da Vasaris Lebensbeschreibung recht mangelhaft ist und man aus seinen eigenen Aufzeichnungen nicht allzuviel entnehmen kann. Um so geheimnisvoller erscheint uns dieser einsame Mann, in dem sich Kunst, Wissenschaft und Technik vereint haben, der ein reiches und unabhängiges Leben führte und selbst noch im Alter von wunderbarer Schönheit gewesen sein muß. War vielleicht sein wissenschaftlicher Einfluß auf die Nachwelt wegen der Geheimhaltung seiner Forschungen gering, so war doch die Art seines Forschens bahnbrechend. War er doch einer der ersten, die dem Experiment in den Naturwissenschaften zu seinem Recht verholfen haben. Ich darf dazu vielleicht eine kennzeichnende Stelle anführen: „Daher o Forscher — schreibt Leonardo — trauet nicht den Schriftstellern, die nur mit der Phantasie sich zu Dolmetschern zwischen der Natur und den Menschen machen, sondern nur denen, die nicht nur an den Winken der Natur, sondern an den Wirkungen ihrer eigenen Versuche ihren Geist geübt haben.“ Ein Spruch, der auch heute noch würdig wäre, ihn manchem theoretischen Physiker ins Stammbuch zu schreiben. Anderswo heißt es bei Leonardo: „Die Weisheit ist eine Tochter der Erfahrung“ und ferner „Die Natur bricht ihre Gesetze nicht“. Endlich über das Verhältnis von Wissenschaft und Technik: „Die Theorie ist der Hauptmann, die Praxis die Soldaten“.

Zwei deutsche Meister haben verwandte Züge mit Leonardo; ich meine den um 19 Jahre jüngeren Dürer und vor allem Goethe. Dürer hat auch in wissenschaftlicher Beziehung manche Berührungspunkte mit Leonardo in seinen Untersuchungen über Proportionen und über Perspektive. Noch mehr drängt sich der Vergleich mit Goethe auf, der sich wie Leonardo frei von jedem Vorurteil im weiten Feld der Naturwissenschaften betätigt und manches Naturgesetz vorausgeahnt hat. Beide sind auch Künstler des Lebens gewesen und waren von der Verehrung der Mitwelt und der Gunst der Fürsten getragen. Indessen gibt es zwischen beiden auch auffällige Gegensätze. So hat bei Leonardo das Ewig-Weibliche wohl kaum ein Rolle gespielt trotz der Gioconda. Goethe bleibt auch als Naturforscher noch der Dichter, dem das Gefühl alles ist, dem mathematische Abstraktionen, wie Newtons Lehre vom Licht, in der Seele zuwiderlaufen. Bei Leonardo ist man versucht, umgekehrt zu behaupten, daß der Denker den Künstler überwiegt. Denken Sie nur an sein Abendmahl! Wie durchdacht und abgewogen ist da die Symmetrie und Gruppierung der Apostel, wie studiert ihre Bewegung und Psychologie!

Werfen wir zum Schluß noch einen Blick darauf, wie heute Leonardos Erbe verwaltet wird! Zunächst müssen wir beschämt stehen, wenn wir bekennen, daß die bildende Kunst, von rühmenswerten Ausnahmen abgesehen, sich nicht im glücklichsten Zustand befindet. Ob ein Bildwerk eine Madonna oder eine Dampfmaschine vorstellen soll, läßt sich bisweilen nur an Hand einer gedruckten Erläuterung ermitteln. Vielleicht darf aber unser Zeitalter sich eher rühmen in Mathematik, Naturwissenschaft und Technik Leonardos würdig zu sein, hat es doch auch seinen Traum vom Fluge verwirklicht, und die umwälzenden neuen Erkenntnisse in der Physik lassen diesen Wissenszweig noch weit von byzantinischer Erstarrung entfernt erscheinen.

Leonardo hat sich selbst einen ungelehrten Mann genannt, womit er wohl auf die Grenzen seiner Kenntnisse in den von zünftigen Gelehrten damals und bisweilen auch noch heute so stark betonten klassischen Sprachen hinweisen wollte. Doch hat es wohl kaum sonst — und sicher nicht im alten Rom, das auf den Gebieten der Mathematik und Naturwissenschaften recht wenig geleistet hat — unter den Vertretern der Naturwissenschaften einen so umfassend vielseitigen Kopf gegeben, der so frei von religiösen und philosophischen Schranken, wie er, sich um die Ergründung der Wahrheit mühte.

Damit lassen Sie mich meine Betrachtungen schließen über den großen Vollender in der Kunst und den großen Vorläufer in der Wissenschaft[1].

[1] Eine der neuesten Veröffentlichungen über Leonardos Betätigung auf dem Gebiete der Naturwissenschaften stammt von R. Marcolongo: „Quelques remarques sur la publication d'un nouveau manuscrit de Leonardo da Vinci, Acta Mathematica 49 (1926), S. 69–94". Dort finden sich auch viele Literaturangaben. Die hier mitgeteilten Übersetzungen von Notizen Leonardos stammen zum großen Teil von Maria Herzfeld: „Leonardo da Vinci, der Denker, Forscher und Poet", Jena 1904, 2. Aufl. 1906.

Paul Koebe
Mathematische Veröffentlichungen

Acta math.	=	Acta mathematica.
Annali di mat.	=	Annali di matematica pura ed applicata.
Berl. Math. Ges.	=	Sitzungsberichte der Berliner Mathematischen Gesellschaft.
C. R.	=	Comptes Rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences.
Congr. int. Rom	=	Atti del IV Congresso internazionale dei Matematici (Rom, 1908).
D. Math. V.	=	Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung.
Gött. Nachr.	=	Nachrichten von der Kgl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Mathematisch-physikalische Klasse.
J. f. Math.	=	Journal für die reine und angewandte Mathematik.
Leipz. Ber.	=	Berichte über die Verhandlungen der Kgl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Mathematisch-physikalische Klasse.
Math. Ann.	=	Mathematische Annalen.
Math. Zs.	=	Mathematische Zeitschrift.
Phys. Zs.	=	Physikalische Zeitschrift.
Schwarz-Festschr.	=	Mathematische Abhandlungen, Hermann Amandus Schwarz zu seinem 50-jährigen Doktorjubiläum gewidmet.
Sitzungsberichte Akad. Berlin	=	Sitzungsberichte der preußischen Akademie der Wissenschaften, Phys.-Math. Klasse.
Bologna, Math. Kongr.	=	Atti del Congresso Internazionale dei Matematici. (Bologna, 1928).

---

1. Über diejenigen analytischen Functionen eines Arguments, welche ein algebraisches Additionstheorem besitzen. **1905**
   Berliner Dissertation, 32 S.

2. Über konforme Abbildung mehrfach zusammenhängender ebener Bereiche, insbesondere solcher Bereiche, deren Begrenzung von Kreisen gebildet wird. **1906**
   D. Math. V. Bd. 15, S. 142—153. (Vortrag Meran, 1905.)
3. Herleitung der partiellen Differentialgleichung der Potentialfunktion aus deren Integraleigenschaft.
   Berl. Math. Ges. 5. Jahrgang, S. 39—42.
4. Untersuchung der birationalen Transformationen, durch welche ein algebraisches Gebilde vom Range eins in sich selbst übergeht, inbezug auf ihr Verhalten bei der Iteration.
   Berl. Math. Ges. 5. Jahrgang, S. 57—64.

5. Über konforme Abbildung mehrfach zusammenhängender ebener Bereiche. **1907**
   D. Math. V. Bd. 16, S. 116—130. (Vortrag Stuttgart, 1906.)
6. Über die Uniformisierung reeller algebraischer Kurven.
   Gött. Nachr. 1907, S. 177—190. (Sitzung vom 9. 3. 07.)
7. Über die Uniformisierung beliebiger analytischer Kurven.
   Gött. Nachr. 1907, S. 191—210. (Sitzung vom 11. 5. 07.)
8. Zur Uniformisierung der algebraischen Kurven.
   Gött. Nachr. 1907, S. 410—414. (Sitzung vom 6. 7. 07.)
9. Über die Uniformisierung beliebiger analytischer Kurven (2. Mitteilung).
   Gött. Nachr. 1907, S. 633—669. (Sitzung vom 23. 11. 07.)

10. Über die Uniformisierung der algebraischen Kurven (Imaginäre Substitutionsgruppen). (Voranzeige.) Mitteilung eines Grenzübergangs durch iterierendes Verfahren. **1908**
    Gött. Nachr. 1908, S. 112—116. (Sitzung vom 22. 2. 08.)
11. Über die Uniformisierung beliebiger analytischer Kurven (3. Mitteilung).
    Gött. Nachr. 1908, S. 337—358. (Sitzung vom 11. 7. 08.)

12. Konforme Abbildung der Oberfläche einer von endlich vielen regulären analytischen Flächenstücken gebildeten körperlichen Ecke auf die schlichte ebene Fläche eines Kreises.
Gött. Nachr. 1908, S. 359—360. (Sitzung vom 19. 12. 08.)

1909 13. Über die Uniformisierung der algebraischen Kurven durch automorphe Funktionen mit imaginärer Substitutionsgruppe.
Gött. Nachr. 1909, S. 68—76. (Sitzung vom 20. 2. 09.)

14. Über die Uniformisierung beliebiger analytischer Kurven (4. Mitteilung).
Gött. Nachr. 1909, S. 324—361. (Sitzung vom 31. 7. 09.)

15. Über die Uniformisierung der algebraischen Kurven. I.
Math. Ann. Bd. 67, S. 145—224.

16. Über ein allgemeines Uniformisierungsprinzip.
Congr. int. Rom, S. 25—30.

17. Sur un principe général d'uniformisation.
C. R. Bd. 148, S. 824—828.

18. Fonction potentielle et fonction analytique ayant un domaine d'existence donné à un nombre quelconque (fini ou infini) de feuillets.
C. R. Bd. 148, S. 1446—1448.

1910 19. Über die konforme Abbildung mehrfach zusammenhängender Bereiche.
D. Math. V. Bd. 19, S. 339—348. (Vortrag Königsberg, 1910.)

20. Über die Hilbertsche Uniformisierungsmethode.
Gött. Nachr. 1910, S. 59—74. (Sitzung vom 26. 2. 10.)

21. Über die Uniformisierung der algebraischen Kurven durch automorphe Funktionen mit imaginärer Substitutionsgruppe. (Fortsetzung und Schluß.)
Gött. Nachr. 1910, S. 180—189. (Sitzung vom 28. 5. 10.)

22. Über die Uniformisierung der algebraischen Kurven. II.
Math. Ann. Bd. 69, S. 1—81.

23. Über die Uniformisierung beliebiger analytischer Kurven. I. Teil: Das allgemeine Uniformisierungsprinzip.
J. f. Math. Bd. 138, S. 192—253.

1911 24. Über die Uniformisierung beliebiger analytischer Kurven. II. Teil: Die zentralen Uniformisierungsprobleme.
J. f. Math. Bd. 139, S. 251—292.

1912 25. Referat über automorphe Funktionen und Uniformisierung.
D. Math. V. Bd. 21, S. 157—163. (Vortrag Karlsruhe, 1911.)

26. Begründung der Kontinuitätsmethode im Gebiete der konformen Abbildung und Uniformisierung. (Voranzeige.)
Gött. Nachr. 1912, S. 879—886. (Sitzung vom 13. 1. 12.)

27. Über eine neue Methode der konformen Abbildung und Uniformisierung.
Gött. Nachr. 1912, S. 844—848. (Sitzung vom 22. 6. 12.)

28. Über die Uniformisierung der algebraischen Kurven. III. (Erster Beweis der allgemeinen Kleinschen Fundamentaltheoreme. Das iterierende Verfahren.)
Math. Ann. Bd. 72, S. 437—516.

29. Zur Begründung der Kontinuitätsmethode.
Leipz. Ber. Bd. 64, S. 59—62.

30. Diskussion im Anschluß an den Vortrag von D. Hilbert: „Begründung der elementaren Strahlungstheorie".
Phys. Zs. 13. Jahrg., S. 1064.

1913 31. Ränderzuordnung bei konformer Abbildung.
Gött. Nachr. 1913, S. 286—288. (Sitzung vom 22. 2. 13.)

32. Lösung der Randwertaufgabe der Potentialtheorie für Kreisring, Ellipse und Rechteck mittels des Poissonschen Integrals.
Leipz. Ber. Bd. 65, S. 210—213.

33. Das Uniformisierungstheorem und seine Bedeutung für Funktionentheorie und nichteuklidische Geometrie.
Annali di mat. Ser. 3, Bd. 21, (Lagrange-Band), S. 57—64.

1914 34. Über diejenigen analytischen Funktionen eines Arguments, welche ein algebraisches Additionstheorem besitzen, und die endlich-vieldeutig umkehrbaren Abelschen Integrale.
Schwarz-Festschr. S. 192—214. (Umarbeitung von 1.)

35. Über die Uniformisierung der algebraischen Kurven. IV. (Zweiter Existenzbeweis der allgemeinen kanonischen uniformisierenden Variablen: Kontinuitätsmethode.)
Math. Ann. Bd. 75, S. 42—129.

36. Zur Theorie der konformen Abbildung und Uniformisierung. (Voranzeige.)
Leipz. Ber. Bd. 66, S. 67—75.

37. Abhandlungen zur Theorie der konformen Abbildung. (H. A. Schwarz zu seinem 50-jährigen Doktorjubiläum am 6. August 1914 zugeeignet.) I. Die Kreisabbildung des allgemeinsten einfach und zweifach zusammenhängenden schlichten Bereichs und die Ränderzuordnung bei konformer Abbildung. **1915**
J. f. Math. Bd. 145, S. 177—223.

38. Begründung der Kontinuitätsmethode im Gebiete der konformen Abbildung und Uniformisierung. (Voranzeige. 2. Mitteilung.) **1916**
Gött. Nachr. 1916, S. 266—269. (Sitzung vom 9. 12. 16.)

39. Abhandlungen zur Theorie der konformen Abbildung. II. (Die Fundamentalabbildung beliebiger mehrfach zusammenhängender schlichter Bereiche nebst einer Anwendung auf die Bestimmung algebraischer Funktionen zu gegebener Riemannscher Fläche.)
Acta math. Bd. 40, S. 251—290.

40. Abhandlungen zur Theorie der konformen Abbildung. III. (Der allgemeine Fundamentalsatz der konformen Abbildung nebst einer Anwendung auf die konforme Abbildung der Oberfläche einer körperlichen Ecke.) **1917**
J. f. Math. Bd. 147, S. 67—104.

41. Kontinuitätsbeweis des Fundamentalsatzes der Algebra. **1918**
Gött. Nachr. 1918, S. 45—53. (Sitzung vom 26. 10. 17.)

42. Zur Geometrie der automorphen Fundamentalgruppen.
Gött. Nachr. 1918, S. 54—56. (Sitzung vom 23. 11. 17.)

43. Begründung der Kontinuitätsmethode im Gebiete der konformen Abbildung und Uniformisierung. (Voranzeige. 3. Mitteilung.)
Gött. Nachr. 1918, S. 57—59. (Sitzung vom 7. 12. 17.)

44. Zur konformen Abbildung unendlich-vielfach zusammenhängender schlichter Bereiche auf Schlitzbereiche.
Gött. Nachr. 1918, S. 60—71. (Sitzung vom 21. 12. 17.)

45. Abhandlungen zur Theorie der konformen Abbildung. IV. (Abbildung mehrfach zusammenhängender schlichter Bereiche auf Schlitzbereiche.)
Acta math. Bd. 41, S. 305—344.

46. Abhandlungen zur Theorie der konformen Abbildung. V. (Abbildung mehrfach zusammenhängender schlichter Bereiche auf Schlitzbereiche. [Fortsetzung.])
Math. Zs. Bd. 2, S. 198—236.

47. Über die Strömungspotentiale und die zugehörenden konformen Abbildungen Riemannscher Flächen. **1919**
Gött. Nachr. 1919, S. 1—46. (Sitzung vom 13. 12. 18.)

48. Über das Schwarzsche Lemma und einige damit zusammenhängende Ungleichheitsbeziehungen der Potentialtheorie und Funktionentheorie. **1920**
Math. Zs. Bd. 6, S. 52—84.

49. Zum Verzerrungssatze der konformen Abbildung.
Math. Zs. Bd. 6, S. 311—313.

50. Abhandlungen zur Theorie der konformen Abbildung. VI. (Abbildung mehrfach zusammenhängender schlichter Bereiche auf Kreisbereiche. Uniformisierung hyperelliptischer Kurven. [Iterationsmethoden.])
Math. Zs. Bd. 7, S. 235—301.

51. Über die konforme Abbildung endlich- und unendlich-vielfach zusammenhängender symmetrischer Bereiche. **1922**
Acta math. Bd. 43, S. 263—287.

52. Fundamentalabbildung und Potentialbestimmung gegebener Riemannscher Flächen.
Math. Zs. Bd. 12, S. 248—254.

53. Allgemeine Theorie der Riemannschen Mannigfaltigkeiten. (Konforme Abbildung und Uniformisierung). **1927**
Preisgekrönt von S. M. König Gustav V. am 27. Dezember 1920.
Acta math. Bd. 50, S. 27—157.

54. Riemannsche Mannigfaltigkeiten und nichteuklidische Raumformen. (Erste Mitteilung.)
Sitzungsberichte Akad. Berlin, 1927, S. 164—196. (Sitzung vom 21. 7. 1927.)

1928

55. Methoden der konformen Abbildung und Uniformisierung.
Bologna, Math. Kongr. 1928, Bd. 3, S. 195—203.

56. Riemannsche Mannigfaltigkeiten und nichteuklidische Raumformen (Zweite Mitteilung): Allgemeines und niedere Raumformen.
Sitzungsberichte Akad. Berlin, 1928, S. 345—384. (Sitzung vom 26. 7. 1928.)

57. Riemannsche Mannigfaltigkeiten und nichteuklidische Raumformen (Dritte Mitteilung): Elementarsynthese aller hyperbolischen Raumformen. Besondere Behandlung einiger wichtigen Typen. Elementarmodelle und Konformmodelle.
Sitzungsberichte Akad. Berlin, 1928, S. 385—442. (Sitzung vom 26. 7. 1928.)

1929 58. Riemannsche Mannigfaltigkeiten und nichteuklidische Raumformen (Vierte Mitteilung): Verlauf geodätischer Linien.
Sitzungsberichte Akad. Berlin, 1929, S. 414—457. (Sitzung vom 25. 7. 1929.)

1930 59. Riemannsche Mannigfaltigkeiten und nichteuklidische Raumformen (Fünfte Mitteilung): Uniformisable singularitätenbehaftete Raumformen. Verlauf geodätischer Linien. Quasihomotopie.
Sitzungsberichte Akad. Berlin, 1930, S. 304—364. (Sitzung vom 3. 4. 1930.)

60. Riemannsche Mannigfaltigkeiten und nichteuklidische Raumformen (Sechste Mitteilung): Elementarsynthese der allgemeinen singularitätenbehafteten Raumformen endlicher Signatur.
Sitzungsberichte Akad. Berlin, 1930, S. 505—541. (Sitzung vom 23. 10. 1930.)

1931 61. Riemannsche Mannigfaltigkeiten und nichteuklidische Raumformen (Siebente Mitteilung): Singularitätenbehaftete Absolutmessung Riemannscher Mannigfaltigkeiten. Kontinuitätsmethode.
Sitzungsberichte Akad. Berlin, 1931, S. 506—534. (Sitzung vom 30. 7. 1931.)

1932 62. Riemannsche Mannigfaltigkeiten und nichteuklidische Raumformen (Achte Mitteilung): Erweiterung der Aufbautheorie und der Metrisierungstheorie. Konvexformen und Konkavformen.
Sitzungsberichte Akad. Berlin, 1932, S. 249—284. (Sitzung vom 18. 2. 1932.)

Abgeschlossen Ende Juli 1932.

Lukasdruckerei P. Vogel, Leipzig O 28, Lukasstr. 3

Bisher sind in dieser Sammlung erschienen:

1. *J. Hjelmslev,* Die natürliche Geometrie. 1923. Preis Rm. 1.–.
2. *H. Tietze,* Über Analysis Situs. 1923. Preis Rm. 1.–.
3. *W. Wirtinger,* Allgemeine Infinitesimalgeometrie und Erfahrung. 1926. Preis Rm. 1.–.
4. *W. Blaschke,* Leonardo und die Naturwissenschaften. 1928. Preis Rm. 1.–.