

Einführung zu FELDMAUS' Arbeit über Leonardo als Techniker und Erfinder

LEONARDO gilt als einer der genialsten Universalgelehrten aller Zeiten; begründet wird diese Ansicht, indem man seine Tätigkeitsfelder aufzählt. Er sei, so heißt es, Maler, Bildhauer, Architekt, Anatom, Mechaniker, Ingenieur und Naturphilosoph gewesen.¹ Diese typische, etwas verworrene Aufzählung zeigt, dass LEONARDO auch heute noch in erster Linie als Künstler und erst in zweiter Linie als Wissenschaftler und Techniker wahrgenommen wird. Betrachtet man jedoch seine Hinterlassenschaft, so muss man gerade zu dem umgekehrten Urteil kommen: LEONARDO war in erster Linie Techniker und Wissenschaftler; nebenbei hat er noch ein bisschen gemalt und gebildhauert, vielleicht als Ausgleich für seine unermüdliche Forschungsarbeit. Wie kann es zu solch einer Fehleinschätzung kommen? Dafür gibt es hauptsächlich zwei Gründe:

Die Manuskripte technischen Inhalts wurden erst bekannt als LEONARDOS Ruf als Künstler bereits fest begründet war. Es gab also schon zahlreiche Studien über LEONARDO den Künstler, und als seine Manuskripte bekannt wurden, blieben sie unbeachtet, weil die Autoren, die LEONARDO als Künstler sahen, mit ihnen nichts anfangen konnten; diese Tradition hat sich bis heute erhalten und beeinflusste offenbar auch die Philosophie: Hier wird immer noch FRANCIS BACON mit seinen für die wissenschaftliche Forschung völlig unbrauchbaren Vorschlägen als Begründer der neuzeitlichen Wissenschaften gefeiert; LEONARDO dagegen ist in der Wissenschaftstheorie praktisch unbekannt. Ein Grund ist also die mit einer Technikgeringschätzung verbundene Ignoranz.

Und weil das so ist, kennen die heutigen Techniker ihren Kollegen LEONARDO kaum, so dass sich auch nur wenige mit seinen Arbeiten beschäftigen, d.h. die Fachleute melden sich selten zu Wort, ihre Arbeiten werden kaum beachtet und geraten daher immer wieder schnell in Vergessenheit. Der zweite Grund ist somit: Diejenigen, welche die erfinderischen Leistungen LEONARDOS beurteilen könnten, halten sich zurück. Die meisten Arbeiten beschäftigen sich mit LEONARDO als Künstler; sie prägen damit die allgemeinverbreitete einseitige Vorstellung über LEONARDO aus.

Zwar werden in solchen Arbeiten auch einige seiner Erfindungen erwähnt, aber es bleiben einzelne Beispiele, die nicht ausreichen, um sich ein realistisches Bild über seine tatsächlichen

Leistungen zu machen; hierzu bedarf es einer Gesamtdarstellung aller seiner technischen Arbeiten. Sie umfassen aber mehrere tausend Manuskriptseiten, so dass sich jede Darstellung seiner technischen Arbeiten notwendig immer auf eine Auswahl beschränken muss; das bezieht sich vor allem auch auf seine zahlreichen Abbildungen, mit denen er seine Ausführungen erläutert.

Eine solche Auswahl bietet FELDMAUS mit seiner Arbeit über LEONARDO als Techniker und Erfinder. Er mag sich in einzelnen Fällen irren oder ungenaue Angaben machen; das schadet dem Zweck der nachfolgenden Auszüge aus seinem Buch nicht. Sie sollen ja vor allem einen Eindruck vermitteln über seine umfassenden technischen und wissenschaftlichen Kenntnisse und über das große Spektrum von LEONARDOS Studien.

LEONARDO wird als genialer Erfinder angesehen; das ist er auch, nur gilt es, den Begriff ‚Erfinder‘ etwas zu relativieren. Im gewöhnliche Sprachgebrauch ist mit ihm die Vorstellung verbunden, jemand habe etwas gänzlich Neues hervorgebracht. Das trifft aber auf keinen Erfinder zu, denn auch hier gilt die Regel: von nichts kommt nichts. Dass es vor ihm ebenfalls Erfinder gegeben hat, steht außer Zweifel. Was er von ihnen übernahm, wissen wir nicht. Maßstab für LEONARDO war die Überprüfung an der Erfahrung; er hat vieles selbst getestet, doch bei der Fülle seiner Erfindungen kann dies nur einen kleinen Teil betreffen. Es ist zu vermuten, dass ihm Handwerker behilflich waren und dass er manche Anregungen von ihnen bekam. Vielleicht haben sie ihm auch ihre Probleme geklagt, und er hat sich dann zu Hause überlegt, wie man sie lösen könnte. Denn LEONARDOS Erfindungen sind durch drei Eigenschaften gekennzeichnet:

1. Seine Erfindungen stellen stets Verbesserungen bestehender Verfahren dar.
2. Seine Erfindungen betreffen daher immer Nützliches.
3. Seine Erfindungen sind außerdem alle realisierbar, wenn auch nicht immer realisierbar mit den Mitteln seiner Zeit. Für seinen Hubschrauber z.B. fehlte ihm der erforderliche Antrieb.

»So reichhaltig, so eigenartig, wie der Nachlaß dieses Technikers, ist kein Lebenswerk eines anderen Fachmannes.« Dieses Urteil von FELDMANN (p. 159) gilt es nun durch Rückgriff auf LEONARDOS Manuskripte zu belegen.

¹ Siehe z.B. https://de.wikipedia.org/wiki/Leonardo_da_Vinci.

Zur Person von FRANZ M(ARIA) FELDHAUS

26. April 1874 Neuss – 22. Mai 1957 Wilhelmshafen. Technikhistoriker und wissenschaftlicher Schriftsteller.

>Feldhaus hat systematisch Quellen ausgewertet und viele Bücher zur Technikgeschichte geschrieben, wovon er zu leben versuchte. Er hat sich auch als Kritiker seiner zeitgenössischen Mitstreiter in der Technikgeschichte hervorgetan. Dass er sich mit dem mächtigen VDI-Direktor Conrad Matschoß anlegte, war zwar inhaltlich begründet, hat ihm aber schwer geschadet. 1924 verlieh ihm anlässlich seines 50. Geburtstages die RWTH Aachen die Ehrendoktorwürde. Bereits wenige Jahre später begannen Versuche, die Hochschule zur Rücknahme der Ehrung zu bewegen. Vor allem Kurt Wiesinger (1879-1965), Professor an der ETH Zürich und NSDAP-Mitglied, setzte alles daran, den Titel aberkennen zu lassen. Denn Wiesinger war in seinem gerichtlichen Prioritätenstreit mit Franz Kruckenberger um den Schienenzeppelin infolge einer Expertise von Feldhaus unterlegen. Nach der Machtergreifung der Nationalsozialisten wurde die Promotionsordnung entsprechend geändert und die seitens Matschoß und Wiesinger vom Berliner NS-Ministerium gewünschte Aberkennung durch einen Ausschuss 1936 ausgesprochen. Man hatte ein umfangreiches Schmutz-Dossier über seine moralischen und juristischen Verfehlungen angelegt, das im Hochschularchiv der RWTH Aachen erhalten geblieben ist. Nach dem Krieg hielt die RWTH aufgrund des Votums des seinerzeitigen Berichterstatters Franz Krauss an der Aberkennung fest und sprach sich auch vehement gegen die Verleihung des Bundesverdienstkreuzes aus. Als der Senat 2005 Dr.-Ing. Herbert Simons rehabilitierte, dem als emigrierten Juden der akademische Titel entzogen wurde, wurde Feldhaus wieder einmal übergangen.<²

Die Angaben konnten nicht überprüft werden; sollten sie zutreffen, so wären die geschilderten Umstände ein weiteres Beispiel dafür, dass gekränkte Eitelkeiten zur dauerhaften Ächtung einer Person führen können. Besonders peinlich für die RWTH Aachen wäre dann der Umstand, dass die Vertreter ihres Historischen Instituts offenbar weiterhin an der nationalsozialistischen Beurteilung von FELDHAUS festhalten. An seiner wissenschaftlichen Leistung gibt es an anderer Stelle keinen Zweifel:

² https://de.wikipedia.org/wiki/Franz_Maria_Feldhaus .

>Postum erhielt Feldhaus, der seit 1948 in Wilhelmshaven lebte, vom Deutschen Erfinderverband die Diesel-Medaille in Gold verliehen. Im Jahr 1938 brachte Feldhaus seine Sammlungen in das damalige „Landesamt für Kulturgeschichte der Technik“ in Kassel ein, forderte sie aber später erfolgreich wieder zurück. Heute befindet sich das Feldhaus-Archiv (60.000 Karteikarten, davon 18.000 als Personenverzeichnis mit Namen von Erfindern, Ingenieuren etc., 16.000 mit Tagesereignissen, sowie eine Kartei mit technischen Sprüchen, sowie eine Fotosammlung und 9.000 Akten, Briefe, Berichte) im Besitz der Stiftung Preußischer Kulturbesitz und ist jetzt Teil des Historischen Archivs im Deutschen Technikmuseum Berlin. Die Bibliothek (ursprünglich 10.000 Bände, heute 8.000) blieb in Kassel und wird als „Sammlung Feldhaus“ seit 1976 an der Universitätsbibliothek Kassel geführt.

Die Verdienste von Feldhaus, der trotz aller Kritik als Pionier der Technikgeschichte gesehen werden muss, werden heute zunehmend auf dem Gebiet der Informationsorganisation gesehen, bei der er damals fortschrittlichste Techniken anwandte.<³

Zur Textgestaltung

Zitate von FELDHAUS werden durch »«, ihre Orte durch (p. ...), Zitate von LEONARDO durch “, ihre Orte durch Verweis auf die Manuskripte gekennzeichnet. Fremde Zusätze stehen in eckiger Klammer [].

Es gibt folgende Abweichungen vom Originaltext: Stichworte zu den Erfindungen wurden durch Sperrung herausgehoben. Außerdem wurde eine Kopfzeile hinzugefügt. Dort, wo im Originaltext eine Seite endet, wurde der Seitentrenner ‚\‘ eingeführt und die jeweilige Seitenzahl hinzugefügt. So bedeutet ‚Werks, \6‘, dass die Seite 6 des Buches mit ‚Werks,‘ endet. Worttrennungen am Seitenende wurden nicht gekennzeichnet. So steht ‚\163 vollkommen‘, obwohl Seite 163 mit ‚voll-‘ endet.

³ https://de.wikipedia.org/wiki/Franz_Maria_Feldhaus .

FELDHAUS (1922): LEONARDO. Der Techniker und Erfinder (Auszüge).

»Nicht ein Ingenieur irgendeiner Zeit, irgendwelchen Volkes hat einen nur annähernd so weiten Blick gehabt, wie Leonardo ...

Tausende Blätter, mit unzähligen Malereien, Zeichnungen, Skizzen, Entwürfen, Abhandlungen, Berechnungen oder Notizen bedeckt, sind noch heute von ihm erhalten. Und wie vieles ging verloren. Und wie manches kennen wir nur oberflächlich. Und wie schwer ist das meiste von dem, was wir kennen, zu verstehen und in Zusammenhang zu bringen.« (p. 1)

»Auf Leonardos Bedeutung als Techniker wies zwar schon sein Biograph Vasari in seinen *Vite de Pittori* (Florenz 1568) hin. Aber erst Venturi machte 1797 die damalige gelehrte Welt auf den reichen Schatz des Leonardoschen Nachlasses aufmerksam (G. B. Venturi, *Essai sur les ouvrages physico-mathématiques de Léonard de Vinci*, Paris 1797). Seitdem sind viele hundert größere und kleinere Arbeiten erschienen, die Leonardos Eigenart von den verschiedensten Gesichtspunkten aus auffassen.« [FELDHAUS erwähnt hier vor allem die Studien von THEODOR BECK]. (p. 5)

»Daß Leonardo in den meisten neueren Betrachtungen als Techniker nicht immer zu seinem Recht gekommen ist, erklärt sich daraus, daß einerseits nur selten ein Techniker sich bisher an Leonardos Nachlaß heranwagte, daß andererseits auch für diesen sehr vieles unverständlich blieb, weil es nicht leicht ist, Leonardos Zeitalter vom technischen Standpunkte aus zu beurteilen.« (p. 6).

»Natürlich hat es, was ja die einfachste Erwägung ergibt — ungeachtet es manche Historiker es heute immer noch nicht einsehen wollen — schon Jahrtausende vor Leonardo fähige Techniker gegeben. Aus römischer Zeit wird uns mehreremal über eine ganz sorgfältige Fachschulbildung der Techniker berichtet. Wo man auch Urkunden der Vergangenheit zu Rate ziehen mag, immer wieder zeugen Gräberfunde, Chroniken, Gedichte dem heute sehenden Techniker von alltäglichen und nicht alltäglichen Taten längst verstorbener Fachgenossen.« (p. 6)

[Über das technische Können und Streben seit Beginn des 15. Jahrhunderts ist in der Wissenschaftstheorie kaum etwas bekannt, obwohl hierzu zahlreiche Urkunden vorliegen.] »Konrad Kyeser von Eichstädt aus fränkischem Geschlecht stammend, schrieb, nachdem er in mancher Herren Dienst gestanden hatte, zu Anfang des 15. Jahrhunderts seine technischen Erfahrungen und Pläne in einem umfangreichen Lehrbuch nieder, das für die Folge geradezu Schule gemacht zu haben scheint. Denn, wie aus der Erde gewachsen, überschütteten uns die ersten Jahrzehnte des 15. Jahrhunderts mit Kopien oder Umgestaltungen des Kyeserschen Werks, \6 aber auch mit neuen, selbständigen Arbeiten. Mehrere hundert technischer Handschriften, fast durchweg mit Malereien, Zeichnungen oder Skizzen versehen, sind noch heute erhalten. Aber bedeckt sind sie mit dem Staub unserer Bibliotheken, nur ganz vereinzelt einmal zu einer Spezialuntersuchung ... herangezogen. Nicht einmal eine Zusammenstellung aller vorhandenen Handschriften, geschweige denn eine Erläuterung derselben, besitzen wir. So dürfen wir uns nicht wundern, daß niemand weniger etwas von den Technikern der Vergangenheit weiß, als diejenigen, die heute in der Technik schaffend tätig sind.« (p. 6f)

[In den folgenden Abschnitten beklagt FELDHAUS die im akademischen Deutschland bis auf den heutigen Tag weit verbreitete Technikignoranz.]

»Man wandte mir, und das seitens eines ganz vorzüglichen Kenners dieser Handschriften, stets ein, jene Leute seien ganz simple, handwerksmäßige Büchsenmeister oder Feuerwerker gewesen. Nun, das Handwerksmäßige, das sich immer Wiederholende, das Kleinliche und gar nicht besonders Hervorragende, das ist doch auch heute noch im Ingenieurberuf, wie auch in andern Berufen, des Tages größte Last. Hinterläßt denn etwa jeder Techniker, der unseren Tagen auf ewig entschwindet, nur — oder überhaupt — in seinem handschriftlichen Nachlaß eine erdrückende Fülle kulturstürzender, glücklicher Ideen? Finden wir denn nicht, wenn wir den Nachlaß eines verstorbenen Freundes ordnen, Alltagsaufzeichnungen, halbfertige Skizzen, die einmal gesprächsweise hingeworfen wurden? Suchen wir da nicht meist mühsam oder vergebens nach Belegen zu den wirklich großen Arbeiten, an denen der Freund beteiligt war? Dürfen wir also billig von den Leuten, die schon Jahrhunderte dahingegangen \7 sind nur Aufzeichnungen über technische Wunderwerke erwarten?

Konrad Kyaser, Haasenwein, Johannes Fontana, Konrad Kauder, Jacopo Mariano, Hans Hartlieb, Augustinus Dachßberg, Hans Schulten, Hans Hentz, Konrad Gürtler, Francesco di Giorgio Martini, Martin Mercz, Roberto Valturio, Philipp von Seldenek, Ulrich Beßnitzer, Philipp Mönch, oder die vielen anderen uns dem Namen nach unbekanntem Verfasser technischer Handschriften des 15. Jahrhunderts, sie alle waren Techniker, Ingenieure, die in ihrer Bildung und mit ihrem Wissen sicherlich weit über dem Durchschnitt ihrer Berufsgenossen standen.« (p. 7f)

»Es gibt ja leider noch keine umfassende Geschichte der Technik und am wenigsten eine Geschichte der landläufigen, technischen Vorrichtungen ... So muß mir ein jeder glauben, daß wir über die einfachen technischen Verfahren, wie Schmelzen, Gießen, Löten usw., daß wir über die Werkzeuge der Technik, selbst die komplizierteren wie Zangen, Bohrer, Feilen, daß wir aber auch über Werkzeugmaschinen wie Hebezeuge, Schleifsteine, Bohrmaschinen, Drehbänke, heute im engen Kreis für lange Zeiträume vor Leonardo genau unterrichtet sind. ... Es genüge der Hinweis, daß sich bei Leonardo zahllose Skizzen und Notizen über all dieses finden. Nun kommt noch hinzu, daß Leonardo als geborener Künstler die Zeichenfeder ständig zur Hand hatte, daß sein Nachlaß aber infolge des überragend großen Umfangs auch für die primitivsten technischen Dinge die weitaus reichste Ausbeute erstattet. Eine geniale Kraft, eine Großzügigkeit, wie sie in Leonardos Manuskripten waltet, erreicht keine Handschrift eines seiner Vorgänger. Diese skizzieren entweder, so gut es ging, mit eigener, ungeübter, mehr an Werkzeug und Waffe gewöhnter Hand, oder sie ließen sich wenigstens die Reinschriften von einem zünftigen Maler anfertigen. Er aber, Leonardo, ist Erfinder, Konstrukteur, Mathematiker, Maschinenbauer, Zeichner und hochfähiger Ingenieur in einer Person.« (p. 8f)

»Wären diesem Manne nicht Neider gefolgt, die ihn auch heute noch verkleinern wollen, so hätte seine Wiege nicht auf diesem Planeten gestanden. Aus Leonardos Aufzeichnungen ein paar hundert Stellen herauszusuchen, die, im Lichte unserer Zeit betrachtet, unrichtig, überflüssig oder kindisch sind, mag leichter sein, als sich in die oft schwer verständlichen Skizzen oder Aufzeichnungen hineinzuleben, und so wenigstens den Versuch zu machen, uns diesen Mann als Techniker und Erfinder näher zu bringen.« (p. 9)

[Auch der Autodidakt LEONARDO prangert bereits im *Cod. Atl., Blatt 117 R b* den akademischen Hochmut an, der sich aus den Werken bestimmter Autoritäten speist. LEONARDO dagegen betont, dass für ihn nicht die Weisheit von Autoritäten, sondern allein die Erfahrung zählt — ein Leitgedanke, der sich wie ein rotes Band durch alle seine Schriften zieht.]

„Sie werden sagen, weil ich ohne Literaturkenntnis bin, würde ich nicht gut sagen können, wovon ich handeln will. Nun wissen jene nicht, daß meine Sachen, mehr als mit den Worten anderer, durch Erfahrung zu behandeln sind ...“

„Wenngleich ich nicht, wie sie, die Autoren anzuführen wüßte, so halte ich es für eine viel größere und viel würdigere Sache, die Erfahrung anzuführen, die Meisterin ihrer Meister. Jene Leute ... wenn sie mich Erfinder verachten, um wieviel mehr werden sie — nicht Erfinder, sondern Trompeten und Rezitatoren der Werke anderer sind — können getadelt werden.“

„Es müssen beurteilt und nicht anders geachtet werden die Männer, Erfinder und Vermittler zwischen der Natur und den Menschen, im Vergleich zu den Rezitatoren und Posaunen der Werke anderer, wie der Gegenstand außerhalb des Spiegels, der es weit hat zu dem Abbild dieses Gegenstandes, so im Spiegel erscheint; weil der eine für sich schon etwas ist, und der andere ist nichts.“ (p. 11)

[Für LEONARDO ist die Mathematik eine Grundlagenwissenschaft für die Künste und für die anderen Wissenschaften. Auch auf diese moderne Auffassung von Wissenschaft kommt er häufig zu sprechen.]

„Keine Gewißheit dort, wo man nicht eine der mathematischen Wissenschaften anzuwenden vermag, oder bei dem, was nicht mit dieser Mathematik verbunden werden kann.“ (G, Blatt 96 v/p. 12)

„Die Mechanik ist das Paradies der mathematischen Wissenschaften; denn durch sie kommt man zur mathematischen Frucht.“ (E, Blatt 8 v/p. 12)

„Ich erinnere dich, daß du deine Behauptungen und daß du das obenan Geschriebene durch Beispiele erhärtest, und nicht durch Behauptungen, was zu einfach wäre, und du wirst also sagen: Experiment.“ (A, Blatt 31 r/p. 12)

[Das folgende Zitat lässt sich als Andeutung eines „Induktionsschlusses“ interpretieren, doch das ist wohl nicht gemeint. Wahrscheinlicher ist, dass LEONARDO hier auf die Notwendigkeit einer Messwiederholung hinweist.]

„Ehe du aus diesem Fall eine allgemeine Regel machst, versuche zwei- bis dreimal und sieh zu, ob die Experimente auch die gleichen Wirkungen hervorbringen.“ (A, Blatt 47 r/p. 12)

[LEONARDO beschäftigte sich ausführlich mit dem Festungsbau (*Cod. atl., Blatt 41 v a/p. 12 – 16*). Interessant ist eine Bemerkung von ihm über die Impulsübertragung; sie gewährt einen Einblick in die für einen Erfinder typische Arbeitsweise: Er setzt eine wissenschaftliche Erkenntnis technisch um. Alle Erfindungen LEONARDOS beruhen auf diesem Prinzip.]

„Derjenige Stoß wird von größerer Stärke sein, der auf einem widerstehenderen Gegenstand verursacht wird, und so auch umgekehrt: Derjenige wird schwächer sein, dem ein Gegenstand von geringerem Widerstand entgegensteht. Daraus folgt, daß nicht feste Mauern heftigen Stößen widerstehen, sondern Heu und Rasen es sind, in denen die Wut der von mächtigen Geschützen fortgetriebenen Kugeln sich austobt.“ (*Cod. atl. Blatt 41 v a/p. 14*)

[LEONARDO scheute sich nicht, sich auch mit trivialen, aber für die damalige Zeit nützlichen Dingen zu beschäftigen. So skizziert er z.B. in B, Blatt 16r/p. 16f eine städtische Anlage mit einer Unter- und Oberstraße zur besseren Versorgung der Bewohner; in B, Blatt 39 r/p. 19 gibt er Anweisungen für einen reinlichen Stall und in B, Blatt 53 r/p. 19f Anweisungen für den Bau einer Latrine. Im *Cod. atl., Blatt 394 v C/p. 21* beschreibt er schließlich einen Schornsteinaufsatz, um zu verhindern, dass der Wind durch den Schornstein in den Kamin schlägt.]

[Für Bauvorhaben jeglicher Art sind Hebezeuge von außerordentlicher Bedeutung, denn sie ermöglichen es, große Lasten zu heben. Von LEONARDO gibt es daher zahlreiche Skizzen, in denen er sich mit den verschiedenen Hebetechniken auseinandersetzt. *Cod. atl. Blatt 49 v a/p. 21f* beschreibt ein Hebezeug zum Aufrichten großer Säulen. Er setzt dabei Schraubengewinde und Zahnradübersetzungen ein. *Cod atl. Blatt 40 r a/p. 22f* beschreibt ein Zahnstangengewinde.]

»Leonardo kennt den sogenannten Wolf, eine Keilverbindung, durch die man schwere Hausteine bei Neubauten in die Höhe heben kann.« (p. 23) Die Skizze dazu findet sich im *Cod atl. Blatt 359 v b* und *Cod atl. Blatt 10 v b*. »Bisher schrieben sich die Engländer diese Erfindung zu. (*Archaeologica, Band 10, 1792, Seite 123.*)«

Kanalbau: »Aus einer italienischen Arbeit (Mario Barrata, Leonardo da Vinci negli studi per la navigazione dell'Arno, Roma, Società Geografica Italiana, 1905) kennen wir die eingehenden Projekte Leonardos für einen Arnokanal, der Florenz mit Prato, Pistoja, Seravalle, Lucca und Pisa verbinden, der aber außerdem der Wasserversorgung jener Gegenden dienen sollte. Zuerst plante Leonardo den Kanal in einer Ebene. Später sah er ein, daß die Überwindung des Geländes nur mit Hilfe von Schleusenbauten möglich wäre. Da ein solcher Kanal von großem strategischen Wert sein würde, beauftragte man Leonardo im Jahre 1503 mit der Ausarbeitung genauerer Pläne. Das Projekt wurde auch genehmigt, schließlich aber doch – wie fast alles von Leonardos Plänen – durch die Unsicherheit und Unstetigkeit der Zeitverhältnisse verzettelt.« (p. 24)

[Damit ist bereits angedeutet, dass sich ein Kanalbau nicht nur auf das Ausbaggern des Kanals beschränkt, sondern auch den Bau von Schleusenanlagen, von künstlichen Bewässerungsanlagen und Drehbrücken mit einschließt. Zur Lösung all dieser Aufgaben findet man bei LEONARDO in zahlreichen Manuskripten die entsprechenden Entwürfe.]

»Zwei besonders große Zeichnungsblätter Leonardos über den Kanalbau findet man zu Anfang des Codice Atlantico. ...

Die erste Malerei (*Cod. atl., Blatt 1 v a*) zeigt einen Trockenbagger, der auf der Ebene des Geländes steht, und die Erde aus dem Kanalbett heraushebt. Durch ein großes Tretrad, in dem mehrere Leute gehen müssen, werden an beiden Ecken des Krangerüsts gleichzeitig zwei Baggerkästen emporgehoben. Alsdann dreht man die beiden Gerüstarme, an denen die Kästen hängen, und schüttet ihren Inhalt rechts und links von dem Bagger auf dem Gelände aus. ...

Die zweite Zeichnung zeigt einen Kran, der im Kanalbett selbst fortrückt. Es wird hier in zwei verschiedenen Höhen gearbeitet ... Die Arbeit geht in der Weise vor sich, daß auf beiden Etagen des Geländes der Erdboden von Arbeitern in die darunter stehenden Kästen geworfen wird ... \25 ... Sobald einer der Kästen mit Erde angefüllt ist, hebt einer der beiden Krane, die an der Vorderseite des großen Gerüsts übereinander sitzen, den gefüllten Kasten seitwärts über das

Gelände hinaus. ... Das ganze Krangerüst rückt auf untergelegten Holzbalken allmählich im Kanalbett vorwärts (*Cod. atl., Blatt 1 v b*).« (p. 25f)

[LEONARDO GIBT noch weitere Verfahren an, um Erde aus dem Kanalbett herauszuschaffen, z.B. eine Art Fahrstuhl (*Cod. atl., Blatt 363 v b/p*. 26ff) oder einen Zangenbagger (*Cod. atl., Blatt 8 R b/p*. 29f), »der vom Ufer aus die Steine und den Grund aus Kanälen und Flüssen hebt ... Erst 1597 werden solche Bagger beschrieben. (Lorini, Fortificationi, Venedig 1597, Kap. 7)« (p. 30)]

[LEONARDO beschreibt in *B Blatt 79 v/p*. 29 ein einfaches Verfahren, Fassonsteine für Hafengebäude billig herzustellen. Zur Kanalüberquerung erfand er Drehbrücken (*Cod. atl., Blatt 312 R a/p*. 30f). Schwierigkeiten bei dieser Brückenart bereiten die große Hebelwirkung, die es durch Gegengewichte auszugleichen gilt sowie die ihre Aufhängung, die sowohl einen großen Druck aushalten und zugleich drehbar sein müssen.]

»Besonders zahlreich sind Leonardos Skizzen und Aufzeichnungen über die Herstellung und die Konstruktion der Geschütze. Lebte er doch in einer Zeit, die für die Entwicklung des Artilleriematerials von hervorragender Bedeutung wurde.« (p. 35)

[Wir finden bei LEONARDO auf *Cod. atl., Blatt 19 R b/p*. 35ff ausführliche Beschreibungen zur Geschützformerei und auf *Cod. atl., Blatt 26 v b/p*. 37 werden Hinterladegeschütze dargestellt.]

»Hinterladegeschütze konnten sich früher nicht einführen, weil es zu große Schwierigkeiten machte, die Verschlüsse gasdicht zu $\sqrt[37]{38}$ bekommen. Leonardo versuchte dies in verschiedener Weise zu erreichen. So sehen wir im *Cod. atl., Blatt 34 R b/p*. 39 das ... Geschütz, das durch ein kanonisches Gewinde verschraubt wird. Wenn ein solches sorgfältig gearbeitet ist, wird es gasdicht schließen ...« (p. 37 ff)

Auf *Cod. atl., Blatt 56 v a* »findet sich eine ganzseitige Darstellung von drei sogenannten Totenorgeln. Er [Leonardo] sagt zur oberen: „Doppelhaken oder Orgeln, auf diesem Karren sind 33 Büchsen, so daß man 11 davon auf einmal abschießt“ ...« (p. 39) »Die Bezeichnung dieser Geschütze mit dem Namen Orgelgeschütze [„Stalinorgeln“] findet sich bei Leonardo nach den

bisherigen Feststellungen zum erstenmal.« (p. 40f). [Weitere Beispiele auf *Cod. atl., Blatt 3 v a*, *Cod. atl., Blatt 399 R a* und *Cod. atl., Blatt 340 R b*. (p. 41)]

[LEONARDO erfand nicht die Geschosse und Gewehre, seine Erfindungen bezogen sich darauf, das Vorhandene zu verbessern und speziell bei Geschossen ihre Wirksamkeit zu erhöhen. So sind auf *Cod. atl., Blatt 9 R a/p*. 41 sogenannte Rebhühnermörser zu sehen, aus deren Einzelgeschossen wiederum Schüsse herauskommen. Um einen kontrollierten Abschuss zu gewährleisten, erfand LEONARDO verschiedene Radschlossgewehre; sie stehen auf *Cod. atl., Blatt 56 v b*; 317v und 353 R/p. 42 ff. Auf *Cod. atl., Blatt 72 r/p*. 44 ist eine Formmaschine zur Herstellung von möglichst gleichförmigen Geschwehrgewehrkugeln dargestellt. Um Waffen herstellen zu können, benötigte man auch geeignete Schmelzöfen. LEONARDO stellt auf *Cod. atl., Blatt 32 R a/p*. 44f einen Flammofen und auf *Cod. atl., Blatt 306 R c/p*. 45f einen Schmelzofen dar; Flammöfen kommen erst nach 1600 in Anwendung.]

»Im Jahre 1787 machte der Münchener Gelehrte Joseph von Baader, das nach ihm genannte Gebläse bekannt, das in überaus einfacher Weise wirkt. Nimmt man irgendein unten offenes Gefäß, das oben ein kleines Loch hat, und drückt das Gefäß in dieser Stellung in das Wasser hinein, so wird man sich darüber wundern, mit welcher Kraft die Luft zu dem kleinen Loch hinaus entweicht.« [LEONARDO zeichnet solch ein Baader-Gebläse in *E, Blatt 34 r/p*. 46.]

»Immer und immer wieder skizziert Leonardo Pumpen und Wasserförderungen aller Art. Besonders interessant sind dabei die Entwürfe zu Schleuderpumpen, die wir im Manuskript F finden.« (p. 47) [Eine der deutlichsten Skizze steht in *F, Blatt 13 r/p*. 47; ihrer Beschreibung nach handelt es sich um eine Zentrifugalpumpe (p. 48)]

[In *B, Blatt 65 r/p*. 49 beschreibt LEONARDO einen Erdbohrer.] »Dieser Erdbohrer beruht auf dem Prinzip, das wir heute noch bei den Korkenziehern anwenden. Man dreht zunächst den Bohrer nach rechts hinein, und zieht dann durch Drehung eines zweiten Griffes den Bohrer mit dem Korken in die Höhe. Die Zeichnung von Leonardo ist aber auch weiter bemerkenswert, weil man die Erdbohrer bisher nur auf den Pariser Keramiker Palissy ins Jahr 1580 zurückdatiert.« (p. 49) »Ein besonders hohes Bohrgestell finden wir im *Cod. atl., Blatt 9 v b*.« (p. 50)

»Leonardo entwirft mehrere Bohrmaschinen (*Cod. atl., Blatt 38 v b*, und *393 R*).« (p. 50 – 54).

»Um einen Stamm zu durchbohren, muß man ihn senkrecht stellen und von unten nach oben bohren, damit sich das Loch von selbst entleere.« (*B, Blatt 47 v/p*, 52f)

»Bohrmaschinen, die nach oben hin bohren, wurden erst durch Peschel in Dresden im Jahre 1798, also drei Jahrhunderte nach Leonardo bekannt gemacht.« (p. 53)

»Bohrmaschinen zum Durchbohren langer Baumstämme waren damals wichtige Maschinen, weil fast die ganze Wasserleitungsröhren aus Holz ... hergestellt werden mußten ...« (p. 54)

»Leonardo skizziert im *Cod. atl.* (Blatt 170 v a) eine kleine „Drehbank“ für Drechsler, „die wenig Raum einnimmt“.

Auf Blatt 381 R b findet man Drehbänke, die getreten werden und Schwungräder haben. Diese Art war damals kaum allgemein bekannt. Auch sieht man hier ein Sägewerk, dessen Säge von einem Schwungrad durch Kurbel und Pleuelstange bewegt wird.« (p. 54)

Die nach *J, Blatt 48 v* »gewalzten Bleitafeln dienen wohl zu Orgelpfeifen oder Dachplatten. An anderer Stelle (*Cod. atl., Blatt 370 v b*) bezeichnet Leonardo \₅₅ Walzwerke für Gold und Fensterblei. Frühere Entwürfe von Walzwerken sind nicht bekannt.« (p. 55f)

[Auf *Cod. atl., Blatt 2 R a/p*, 56ff wird eine Ziehbank für Dauben beschrieben.] »Sehr interessant ist, daß Leonardo hier eine Turbine zum Betrieb des Walzwerkes verwendet.« (p. 58) »Zur Herstellung seiner großen metallenen Hohlspiegel entwirft Leonardo Ziehbanken verschiedener Art, um das zum Zusammenlöten der Spiegel notwendige Kupferblech in langen, gleichmäßigen Streifen zu erhalten. Seine Skizzen gehen sehr ins einzelne und sind konstruktiv äußerst interessant ...« (*G, Blatt 70 v/p*, 58f) »Es ist dies wohl die erste Nachricht von einer Ziehbank für flache Metallbänder. Das Altertum kannte überhaupt keine gezogenen Drähte oder Bänder, und erst vom Jahr 1100 und aus späteren Nürnberger Handwerkerbildern wissen wir etwas vom Ziehen runder Drähte ...« (p. 59)

»Auf Blatt 6 R b des *Cod. atl.* findet sich eine große, teilweise ausgetuschte Handzeichnung einer Feilenhaumaschine. ... Durch Aufstecken eines anderen Sternrades konnte Leonardo die Maschine für feinere oder gröbere Hiebe einstellen. Um den schrägen Hieb hervorzubringen, sind die Meißelflächen des Hammers ... schräg \₆₀ gestellt.« (p. 60f) »Die mechanische Herstellung der

Feilen wurde erst 1699, also 200 Jahre nach Leonardo, von dem Franzosen du Verger der Pariser Akademie der Wissenschaften vorgeschlagen. Die Konstruktion der französischen Maschine ist aber ungeschickter, als diejenige von Leonardo.« (p. 61)

»Es ist eine bis heute gänzlich ungelöste Frage, wann und wo man begann, sich der Metallschrauben zu Befestigungszwecken zu bedienen. Die durchgängigen Befestigungsmittel in allen Perioden, die zwischen der vorgeschichtlichen Zeit und dem Mittelalter liegen, waren entweder Niete oder Keil. Man nietete, was dauernd zusammenbleiben sollte; man befestigte durch kleine Keile, was wieder getrennt werden mußte. Die Schraubenlinie ist schon in vorgriechischer Zeit bekannt gewesen. In römischer Zeit stellte man auch schwere hölzerne Schrauben für Wein- oder Wäschepressen her. Als Befestigungsmittel bediente man sich der Schraube allgemein aber erst seit dem Ende des 17. Jahrhunderts. Der Grund für die späte Anwendung eines heute so allgemein verbreiteten Befestigungsmittels lag allein in der großen Schwierigkeit, kleinere Metallschrauben schnell und billig herzustellen.« (p. 62)

»Selbst Leonardo machte die Herstellung eines Gewindeschneidzeuges ersichtlich große Schwierigkeiten. Er findet aber schon einen besseren Ausweg, als die Metallarbeiter und Techniker der beiden folgenden Jahrhunderte. Ganz allein mit einer dreikantigen Feile das Gewinde herauszuarbeiten, erschien ihm zu mühsam, obschon das Besson'sche Maschinenbuch von 1578 noch nichts Besseres anzugeben weiß. Die Schraube in Metall zu gießen, wie es die Römer schon vereinzelt getan hatten ..., schien Leonardo nicht ratsam; so verfiel er auf ein vermittelndes Verfahren. Er machte sich ein Schneidewerkzeug. Mit dessen Hilfe stellte er in Holz ein gleichmäßiges Gewinde her, und in dieses Gewinde goß er dann seine \₆₂ Schrauben.« (p. 62f) [Und zwar zunächst in Zinn. „Darüber mache eine Form und gieße eine Schraube von Messing oder Bronze.“ (*Cod. atl., Blatt 367 v a/p*, 64) Anschließend wird sie poliert.]

»Die überaus wohl durchdachte Maschine steht noch für die nächsten Jahrhunderte ganz einzig da. Man findet wohl Anfänge von Schraubenschneidmaschinen, doch sind sie umständlich und ungeschickt konstruiert. Leonardo hingegen löst hier das Problem zur Herstellung langer Schraubenspindeln endgültig; auch wir arbeiten heute nach dem gleichen Prinzip.« (*G, Blatt 70 v/p*, 65)

[In *B, Blatt 14r* gibt LEONARDO Anweisungen zum Löten:] »Da das Zusammenlöten von Blei mit Blei nicht einfach ist, will Leonardo hier die einzelnen Platten durch eine darüber gestellte Glut so stark erhitzen, daß das Metall sich durch Zusammenfließen vereinigt.

Im Manuskript G (*Blatt 81 v*), wo Leonardo mehrere geheime Vorschriften zum Löten großer Hohlspiegel gibt, erwähnt er auch, daß man im Strahlenkegel eines Hohlspiegels löten könne.« (p. 67)

In *Cod. atl., Blatt 9 v b* skizziert Leonardo eine »Froschklemme, das heute für die Elektrotechnik wichtige Werkzeug zum Spannen der Drähte.« (p. 67)

»Zahlreich sind die Entwürfe zu Maschinen von Leonardos Hand, bei denen Zahnräder verwendet werden. Er untersucht aber auch im einzelnen, welche Getriebarten die besten sind, und er \67 kommt dabei auf eigenartige Zahnradverbindungen, auf Schraubenräder, unrunde Verzahnung, Spiralaräder und sogar auf Zahnräder, die anstelle der Zähne Rollen haben ...

Auf *Blatt 8 v b* des *Cod. Atl.* entwirft Leonardo in sehr großem Maßstab ein Zahnradgetriebe, durch das eine hin und her gehende Bewegung in eine dauernde drehende umgesetzt werden kann.« (p. 67f)

[LEONARDO beschreibt Ölpresen (*Cod. atl. Blatt 14 R a*) und Buchdruckpressen (*Cod. atl. Blatt 358 R b*.] »Leonardos Darstellungen von Buchdruckpressen gehören zu den ältesten, die wir überhaupt kennen ...« (p. 71) »Leonardo war wohl der erste, der Versuche zum Abdruck von Pflanzen machte [Naturselbstdruck (*Cod. atl. Blatt 72 v a*)]. ... Es war bisher nur bekannt, daß Alexis Pedemontanus im Jahre 1560 den Naturselbstdruck erwähnte und daß er neuerdings von Alois Auer von Welsbach wieder eingeführt wurde.« (p. 72)

»Zur Herstellung optischer Gläser und zu anderen Zwecken entwirft Leonardo eine ganze Anzahl von Schleifmaschinen. ...

Auf *Blatt 7 R b* des *Cod. atl.* sieht man eine etwas flüchtige, große Skizze einer großen Schleifanlage.« (p. 72)

»Unter vielen Schleifmaschinen finden wir im *Cod. atl.* auf *Blatt 380 v b* eine Schleifmaschine, in der das zu schleifende Glas der Schleifscheibe in einer Schlittenführung genähert wird ... \72 Eine fast gleiche Maschine sehen wir auf *Blatt 320 R b* ...« (p. 72f)

»Eine Maschine zum Ausschleifen von Hohlzylindern findet sich auf *Blatt 291 R a* des *Cod. atl.*« (p. 73)

Rollenlager (*I, Blatt 58 r*): »„Diese Anordnung gibt der Kreisbewegung eine solche Dauer, daß es wunderbar und übernatürlich erscheint; denn es werden nach Aufhören der Bewegung des Motors noch viele Umdrehungen gemacht.“« (p. 75)

In *I, Blatt 57 v* »sagt Leonardo von der Lagerung auf Rollen: „Drehzapfen in höchster Vollkommenheit. Sie dienen zu schwingenden Bewegungen, wie für Glocken [*B, Blatt 70 v/p. 77*], Sägen und \76 Dinge ähnlicher Art“. ...

Einen vollständigen Lagerblock mit einer auf Rollen laufenden Achse sehen wir auf *Blatt 348 v a* des *Cod. atl.*« (p. 76f)

»Die Pendelgesetze waren damals noch nicht entdeckt. \78 Wohl aber finden wir bei Leonardo das Pendel angegeben und zwar in verschiedenen Skizzen ... Leonardo benutzte das Pendel als Gangregler an Maschinen. ... Vielleicht kommt aber auch bei Leonardo das Pendel schon als Gangregler eines Zeitmessers vor ...« (*Cod. atl., Blatt 257 r a/p.78f*) »Auch Leonardos Nachfolger im Ingenieurfach, Besson und Ramelli verwendeten das Pendel im Maschinenbau ehe es durch Galilei und \79 Huygens zu Anfang des 17. Jahrhunderts als Zeitregler zu den Uhren kam.« (p. 79f)

Auf dem *Cod. atl., Blatt 305 v b* sehen wir »drei Kreisel in verschiedenen Ebenen in Drehung. Anscheinend wollte Leonardo untersuchen, welchen Einfluß die Lage einer Achse auf die Größe des Widerstandes in den Zapfenlagern habe. \80

Diese Betrachtung zeigt so recht, wie tief Leonardo dachte; selbst nicht das unscheinbarste entging ihm. Noch Jahrhunderte nach ihm kümmert sich kein Mensch um die Reibungswiderstände in den Maschinenlagern, obwohl dieselben sehr beträchtlich sind. Besonders im Mühlenbau findet man noch im 18. Jahrhundert — und an stehenden Mühlen jener Zeit noch heute — geradezu unsinnige Lagerkonstruktionen, die eine große Kraft zwecklos verbrauchen.« (p. 80f)

»Leonardo skizziert auf Blatt 357 R a des Cod. atl. die von dem Pariser Medailleur Galle 1832 eingeführte – als Fahrradkette \₈₁ besonders bekannte – Gelenkkette. Wir sehen sie auch in Leonardos schöner Zeichnung eines Radschlösses ...« (*Cod. atl., Blatt 56 v b, 317 v und 353 R*). (p. 81f)

LEONARDO empfiehlt (*B Blatt 54 v*) für sein Schöpfwerk die Verwendung von Drahtseilen. »Drahtseile werden erst 1798 von Hancock in Birmingham bekannt gemacht.« (p. 82)

»Man nimmt bisher an, die Wasserschraube, die eine so überaus wichtige Rolle als Fortbewegungsmittel der Schiffe spielt, sei erst von dem Österreicher Joseph Ressel im Jahre 1826 erfunden worden. Tatsächlich wurde die Schiffsschraube schon im 18. Jahrhundert vorgeschlagen und auch versucht.

Bei Leonardo finden wir auf Blatt 88 v des Manuskriptes F die Zeichnung einer Schraube mit 16 Flügeln. Eine Erläuterung der Skizze, die sich auf einem Blatt befindet, das – wie auch die vorhergehenden und folgenden Blätter – sich mit den Wasserströmungen beschäftigt, ist nicht vorhanden. Die Schraube liegt anscheinend in einem Wasserkanal.« (p. 83)

»Es heißt allgemein, die Windmühle mit drehbarem Dach sei eine flandrische Erfindung vom Jahre 1550. Man nennt solche Mühlen auch heute noch „holländische“. Diese Mühlen unterscheiden sich von der sogenannten deutschen Bockmühle dadurch im wesentlichen, daß sie größer und kräftiger gebaut werden \₈₃ können. Bei der deutschen Bockmühle steht das ganze Mühlenhaus auf einem Drehzapfen, oder auf einem Schienenkranz. Die Bockmühle kann also nur aus Holz gezimmert sein und sie darf nicht allzu schwer werden. Die sogenannte holländische Mühle ist bis zum Dach gemauert. Das Dach dreht sich oben auf dem Mauerwerk samt den Windmühlenflügeln nach dem je herrschenden Winden.

Eine Windmühle mit drehbarem Dach finden wir bei Leonardo in Manuskript L, Blatt 35 r. ... Man erkennt aus der Skizze das Dachwerk mit der darinliegenden \₈₄ Achse und den links sitzenden Windflügeln. In der Mitte der Mühle ist im zweiten Stockwerk die Lage der Mühlsteine angedeutet.

Auf den Blättern 34 v und 36 r des gleichen Manuskriptes gibt Leonardo noch Einzelheiten zu Konstruktion der Windmühle. Auf dem erst genannten Blatt zeigt er, wie man das Dach herumdrehen soll. Auf der letztgenannten Seite skizziert er den Antriebmechanismus.

Diese Zeichnung ist sehr interessant, weil Leonardo uns hier eine Art Handbremse vorführt. Um das Mühlwerk zum Stillstand zu bringen, klemmt er das große Zahnrad, das auf der Windradwelle sitzt, in ein halbkreisförmiges Holz [Backenbremse]. Diese Bremsvorrichtungen hat man noch heute an Windmühlen.« (p. 83ff)

»Zu zwei Zeichnungen auf Blatt 5 v a des Cod. atl. gibt Leonardo die ältesten bekannten Darstellungen mechanischer Bratenwender.« (p. 86)

Thermodynamische Maschinen: »Leonardo hat sich hier ... [*F, Blatt 16 v*] eine Maschine erdacht, um eine Last durch Luftdruck emporzuheben. Er läßt durch Feuer die in einem zehn Ellen langen Metallzylinder befindliche Luft verdrängen. Dadurch erzeugt er also, wenn er eine mit Ventilklappe versehene Öffnung im Kolben und gleichzeitig die oben sichtbare Zylinderklappe schließt, in dem Zylinder eine Verdünnung der Luft. Die äußere Luft wird also den Kolben in den Zylinder hinaufpressen. Denken \₈₈ wir daran, daß Leonardo vom Gesetz des atmosphärischen Drucks noch nichts wußte, so ist dieser Entwurf einer atmosphärischen Feuermaschine mit Zylinder, Kolben und Ventil besonders beachtenswert.« (p. 88f)

[Eine ähnliche Vorrichtung zeigt *Cod. atl., Blatt 7 R a* zum Wasseremporheben in einem Brunnen.] »Eine ausführliche Skizze eines solchen Brunnens finden wir im Cod. \₈₉ atl. Blatt 5 R a. Statt des Topfes sehen wir hier ... einen Brunnentrog mit Ausflußhahn für das Wasser. Die Wirkungsweise ist die gleiche wie bei dem ... Topf.

Auf der Wiener Gewerbeausstellung wurde 1905 ein Wagen vorgeführt, auf dem sich ein großer Kessel befand. Entzündet man in diesem Kessel ein Strohfeuer, so saugt die Vorrichtung nach der Abkühlung Wasser aus einem Brunnen.« (p. 89f)

Dampfversuche: »Über die Natur des Dampfes war man sich im ganzen Altertum, im Mittelalter und bis ins 17. Jahrhundert hinein im unklaren; insbesondere unterschied man nicht zwischen „Dampf“ und „Luft“. Auch Leonardo kennt den Unterschied noch nicht. Wohl aber macht er einen sehr bemerkenswerten Versuch, um festzustellen, wieviel Dampf man überhaupt aus Wasser erhalten kann.« (p. 90) [Im *Leicester-Codex, Blatt 10 r* spricht er von einem Versuch, ... um eine Regel darüber aufzustellen, um wieviel das Wasser wächst, wenn es sich in Dampf verwandelt ...“ (p. 91)]

Dampfgeschütze: [*B, Blatt 33 r*]. »Aus den Worten Leonardos geht hervor, daß er dies Geschütz versuchte. ... Als ältestes Dampfgeschütz galt bisher dasjenige, das Marin Bourgeois im Jahre 1605 Louis XIII. vorführte (Rivaul, Elemens d'artillerie, Paris 1608, S. 74).

Auffallen möchte manchem, daß der große griechische Philosoph Archimedes der Erfinder dieses Geschützes sein soll. Man nahm dies bisher ohne jede Kritik allerdings auch an (C. Matschoß, Entwicklung der Dampfmaschine, Berlin, Band 1, 1908, S.23), und führte den Ursprung der Dampfmaschine auf Archimedes zurück. Nun kannte das griechische Altertum aber überhaupt keine Rohrgeschütze, um Kugeln zu schleudern. Und der Ingenieure, die den Beinamen Archimedes trugen, gab es nach Einführung der Feuerwaffen mehrere. Von einem solchen wird Leonardo also dies Geschütz kennen gelernt haben.« (p. 94)

»Um die Laufzeit eines Uhrwerkes möglichst zu verlängern, gibt Leonardo [*B, Blatt 50 v/p*. 96] eine recht eigenartige Verbindung von vier verschiedenen Federzügen an.« (p. 95)

Die »Weckvorrichtung [auf *B, Blatt 20 v*] ist mehr originell als praktisch. Vom technischen Standpunkte aus ist sie aber sehr interessant, weil sie uns wohl zum ersten Male den Grundgedanken verrät, auf dem unsere sogenannten „mechanischen Relais“ oder „Krafteinschalter“ beruhen. Es sind dies Mechanismen, bei denen durch geringe Kraft eine leicht bewegliche Steuerung so umgeschaltet wird, daß jetzt eine große Kraft hinzukommt, die die eigentliche Bewegung ausführt.« (p. 98)

»Man hält das sogenannte Geigen-Clavicymbel oder Nürnbergsches Geigenwerk für eine Erfindung des älteren Hans Haydn aus Nürnberg vor dem Jahre 1576. Man bezeichnete das Instrument auch als Nürnberger Hackebrett. Wir sehen hier aus Leonardos Skizze [*B, Blatt 50 v*], daß auch er fast 100 Jahre früher ein Instrument plante, bei dem ein endloses Band den Geigenton hervorbringt.« (p. 98)

Hörrohr (*B, Blatt 6 r*): »Wenn du dein Schiff während der Fahrt anhältst und du dann den Kopf eines Blasrohres in das Wasser tauchst ^{\101} und das andere Ende an das Ohr legst, so wirst du die Schiffe fahren hören, die sehr weit von dir ab sind. Und du wirst hören, was weit von dir ab geschieht, wenn du auf die gleiche Weise das weite Ende des Blasrohres an die Erde legst.“ ... »Bisher galt das Hörrohr als eine Erfindung des 17. Jahrhunderts.« (p. 101f)

[Im *Cod. atl., Blatt 126 R a* skizziert LEONARDO eine Lochkamera] »Auf der gleichen Seite gibt Leonardo noch acht ähnliche Figuren, worin er das Verhalten des Lichtes, des Schalles, des Magnetismus und des Geruches einheitlich durch wellenförmige Bewegung zu erklären sucht! (O. Werner, Zur Physik Leonardo da Vincis, Erlangen 1910, Seite 114.)« (p. 102)

»Leonardos Lampen [*Cod. atl. Blatt 80 R a, B Blatt 13 r, F Blatt 23v*] bezwecken eine Verstärkung der Helligkeit durch Wasserkugeln. Noch heute verwenden die Schuhmacher vielfach wassergefüllte Kugeln, um sich das Licht ihrer ^{\104}Arbeitslampe grell auf die Arbeitsstelle fallen zu lassen.« (p. 104f) Es liegt »der Grund für die besondere Helligkeit der Lampe in der Anwendung des gläsernen Lampenzylinders, der der Flamme die Luft von unten zuführt. Der Glaszylinder für die Lampe wurde erst im Jahre 1756 in Paris an die Öffentlichkeit gebracht.« (p. 105)

Scheinwerfer (*Cod. atl., Blatt 9 v b*): »Leonardo weiß ..., daß man durch eine Glaslinse den Schein einer kleinen Lampe sehr verstärken kann ...« (p. 106)

[Auf *A, Blatt 21 r/p*. 106f] gibt Leonardo die Berechnung der Sonnenentfernung mit Hilfe eines Försterdreiecks an. Auch bei irdischen Höhenmessungen verwendet er ein Försterdreieck (*Cod. atl., Blatt 9 v b /p*. 108f).]

Fernrohr: »Daß Leonardo daran dachte, durch optisch geschliffene Gläser eine Vergrößerung der Himmelskörper zu erzielen, geht aus einer kurzen Notiz auf Blatt 190 R a des *Cod. atl.* hervor, wo es heißt: „Mache Gläser für die Augen, um den Mond groß zu sehen.“ Leonardo kam auf diese Betrachtung wohl durch seine Untersuchungen über die Brillen.« (p. 107)

Materialprüfungen (*Cod. atl. Blatt 152 und 211*): »Leonardo macht also schon fast ein Jahrhundert vor Galilei, dem man dieses Verdienst bisher zuschrieb, Untersuchungen über die Festigkeit der Baumaterialien.« (p. 111)

Proportionalzirkel (*Cod. atl. Blatt 375 R a, Cod. atl. Blatt 248 R a*): »Bisher werden Ubaldo (1568), Speckle (1589), Galilei (1596) und Byrgi (1603) als Erfinder des Proportionalzirkels genannt. Daß Leonardos Erfindung dieser Zirkelart nicht unbekannt blieb, sehen ^{\112} wir 1578 aus

dem Werk seines französischen Amtsnachfolgers, Besson, der den Proportionalzirkel noch vor all jenen genannten Erfindern abbildet. (Es sei bemerkt, daß Bessons Werk um 1565 niedergeschrieben wurde, daß es aber erst nach des Verfassers Tod – 1569 – in mehreren Druckauflagen erschien.)« (p. 112f)

[Auch einen Parabelzirkel erfand Leonardo, wie *Cod. atl., Blatt 394 R a/p.* 114f zeigt. Ferner beschäftigte er sich mit Wegmessern und Schrittzählern im *Cod. atl., Blatt 1 R/115ff.*]

Hygrometer: »Leonardo gestaltet hier [*Cod. atl., Blatt 249 v a*] einen älteren Gedanken des Nicolaus von Kues oder des Leon Battista Alberti – beide um 1440 – weiter aus. Es soll ein trockener Wollbausch oder Schwamm die Feuchtigkeit der Luft aufsaugen, so daß die dadurch entstehende Gewichtszunahme Anhalt für den Grad der Luftfeuchtigkeit gibt.« (p. 117)

Windmesser (*Cod. atl., Blatt 249 v a*): »Bisher nahm man an, der Windmesser stamme von einem Engländer, der ihn – ohne Nennung seines Namens – 1667 in den Philosophical Transactions (II, Seite 444) bekannt machte. Leonardo ... hat ... ein Pendelanemometer konstruiert, dessen Pendelklappe die jeweilige Windstärke in Bogengraden anzeigt.« (p. 118)

[Sowohl beim Hygrometer als auch beim Messen der Windgeschwindigkeit wird ein empirisches Maß für die zu bestimmende Größe verwendet: Beim Hygrometer ist die Gewichtszunahme Maß für den Grad der Luftfeuchtigkeit, bei der Messung der Windgeschwindigkeit ist es der Bogengrad der Pendelklappe, der aber wohl nicht proportional zur Windgeschwindigkeit ist.]

Magnetnadel mit wagrechter Achse (*A, Blatt 20 v*): »Besonders auffallend bleibt zur Erklärung dieser Darstellungen die Anordnung einer Magnetnadel mit wagrechter Achse. Die Neigung der Magnetnadel wurde doch erst 1542 von Hartmann an einer wagrechten Nadel beobachtet. Erst Norman legte die Nadel 1576 auf eine wagrechte Achse.« (p. 119)

»Leonardo zeichnet (*Cod. atl., Blatt 316 R b*) als erster einen Schiffskompaß in Ringlagerung, so daß sich der Kompaß \119 ungeachtet der Schwankungen des Schiffes stets in horizontaler Lage befindet. ... In der Literatur kennt man bisher keinen Kompaß mit Ringlagerung vor dem Jahre 1571.« (p. 119f)

Radschiffe (*Cod. atl., Blatt 344 R b; B, Blatt 83 r; Cod. atl., Blatt 319 v a; Cod. atl., Blatt 384 R b; Cod. atl., Blatt 374 v b; Cod. atl., Blatt 344 R b* [„Dampfschiff“]): »Man liest oft, Leonardo habe „Dampfschiffe“ gekannt; das ist jedoch falsch. Man hat Skizzen von Radschiffen, die mit Händen und Füßen bewegt werden, falsch aufgefaßt.« (p. 123) »Erst vor wenigen Jahren wurde dieser Tretmechanismus zum Antrieb von Vergnügungsbooten als etwas ganz Neues von Berlin aus angepriesen.« (p. 125)

»Wir haben hier [*B, Blatt 39 v*] den in der Kriegsliteratur bisher unbekanntem Entwurf zu einem Brander vor uns, wie ein solcher zum Beispiel aus den Kämpfen in den Niederlanden (1585) ... in seiner furchtbaren Wirkung gegen die Scheldebrücke bei Antwerpen bekannt ist.« (p. 130)

[LEONARDO befasste sich mit Vorrichtungen, die dem Menschen bei seinen Bewegungen im Wasser von großem Nutzen sind. Es sind dies Schwimmgurte (*Cod. atl., Blatt 276 v a; B, Blatt 74 v; B, Blatt 81 v/p.* 130f), Schwimmhandschuhe/Flossen (*B, Blatt 81 v/p.* 132), Taucheranzüge (*Cod. atl., Blatt 333 v/p.* 134f) und Atmungshilfen/Schnorchel (*Cod. atl., Blatt 346 R a; Leicester, Blatt 22 v; B, Blatt 18 r* {Schneebrille}; *Cod. atl., Blatt 386 R b; Cod. atl., Blatt 7 R a/p.* 136 – 140)]

»Fast unzählbar und überaus reich an verschiedenartigen Gedanken sind die Skizzen und Notizen Leonardos, die er über Flugmaschinen hinterlassen hat.

In einem besonderen Heft „Über den Flug der Vögel“ beschäftigte sich Leonardo mit dem Fliegen der Vögel, der Fledermäuse, der Fische, der Insekten und mit dem instrumentalen Fliegen des Menschen.

Besonders viele Skizzen zu Flugapparaten findet man im Manuskript B und im *Cod. atl.* In starker Verkleinerung sei hier das Blatt 381 v a ... wiedergegeben: über und über mit Skizzen und Betrachtungen über den Flug des Menschen bedeckt. ...

„Ebenso große Kraft übt man mit einem Gegenstande auf die Luft aus, wie die Luft auf den Gegenstand. Du siehst, daß gegen die Luft geschwungene Flügel bewirken, daß der schwere Adler sich auf die dünne Luft stützt und ... [in die höchste Sphäre] emporsteigt. Auch siehst du, daß über das Meer bewegte und von den geschellten Segeln zurückgeworfene Luft das beladene schwere Schiff fortreibt. Also kannst du aus diesen erklärenden angeführten Gedanken ersehen, daß der Mensch mit seinen zusammengefügt großen Flügeln, indem er Kraft auf die

widerstehende Luft ausübt und sie besiegt, sie unterjochen und sich über sie erheben kann.“ (p. 140)

[LEONARDO beschäftigte sich eingehend mit Experimenten, um die beste Flügelform zu finden, um die Größe der Tragfläche von Flugmaschinenflügeln festzustellen und um den günstigsten Kraftaufwand herauszufinden. (p. 142) Es gibt zahlreiche Flügelmodelle von ihm, mit denen er experimentierte; heute bezeichnet man diese Experimente als Simulationen. Die Arbeit mit Modellen war ihm von der Bildhauerei bekannt: Man macht z.B. erst ein Gipsmodell, das dann danach in Marmor ausgeführt wird.]

Fallschirm (*Cod. atl. 381 v a*): „Wenn ein Mensch ein Zeltdach aus gedichteter Leinwand hat, das zwölf Ellen in der Breite ist und zwölf hoch, so wird er sich von jeder großen Höhe niederlassen können ohne Gefahr für ihn.“

»Es ist dies die älteste bekannte Nachricht von einem Fallschirm, der erst nach Einführung der Luftballone (1783) wieder aufkam, und um dessen Erfindung sich damals mehrere heftig stritten.« (p. 143)

Flügelfläche (*Über den Vogelflug, Blatt 16 r*): „Erinnere dich, daß dein (künstlicher) Vogel nichts anderes nachahmen darf als die Fledermaus, weil ihr Gewebe eine Armatur oder besser eine Verbindung der Armatur, das heißt das Hauptsegel der Flügel, ausmacht ... die Fledermaus hat die Hilfe des Gewebes, das alles verbindet und nicht durchlöchert ist.“

»Hier wird also ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die ebenen, undurchlöcherten Flugflächen zum instrumentalen Fliegen geeigneter sind, als die Flügel der gefiederten Vögel, denn diese seien „durchlöchert, weil ihre Federn unverbunden und von der Luft durchstrichen sind.“ (p. 144) [LEONARDO kannte also offenbar das Flügelprofil nicht, das zum Gleitflug notwendig ist. Er betrachtet nur das Obenbleiben bei Vorwärtsbewegung. Das zeigen auch seine Flugmaschinen (*B, Blatt 74 v*). Andererseits:]

»Leonardo erkannte ... richtig, daß eine große Drachenfläche in der Luft einen festen Halt findet.« (*B, Blatt 88 v/p*. 149)

Luftschraube/Hubschrauber (*B, Blatt 83 v*): »Auch die Luftschraube oder der Luftkreisel war Leonardo bekannt. Er stellte Betrachtungen darüber an, ob man mit dessen Hilfe in die Luft hinaufsteigen kann: ... „Ich finde, wenn dieses Instrument, wie eine Schraube geformt, gut

gemacht ist, das heißt aus leinenem Stoff, dessen Poren man mit Stärke gedichtet hat, und es mit Schnelligkeit gedreht wird, daß (dann) genannte Schraube sich in die Luft hineinbohrt und in die Höhe steigt.“ (p. 149)

Rettungsschraube (*Cod. atl. Blatt 112 R b*): »Diese Schraube ist gemacht, um schnell aus einer großen Höhe ohne Gefahr des Aufstoßens herabgelangen zu können. ... \150 ...

Cardano nennt dieses Instrument 1550 „instrumentum agrippae“, ohne den Grund dafür anzugeben. Im Jahre 1802 wurde genau die Vorrichtung, die Leonardo hier skizziert, als eine schlesische Erfindung in einer besonderen Schrift veröffentlicht, die im Verlag Gerhard Fleischer d. J. in Leipzig erschien. Heute ist die Vorrichtung als Rettungsapparat in Feuersgefahr käuflich.« (p. 151)

Münze (*G, Blatt 43 r*): »Schon mindestens im 5. Jahrhundert vor Christus wurden in Ägypten die Münzen mit dem Stempel geschlagen. Die größte deutsche Münzstempelsammlung, diejenige des Hauptmünzantes in Wien, kennt aber keinen älteren deutschen Münzstempel als vom Jahre 1479. Auch noch Leonardo, zum Beispiel im Weißkunig, sehen wir den Münzer immer nur mit dem Handstempel arbeiten.

Leonardo versucht es zum erstenmal, das Ausschlagen der Münzen durch einen verbesserten Apparat gleichmäßiger zu gestalten.« (p. 153)

[Auf *Cod. atl., Blatt 355 r b* beschreibt Leonardo Destillierapparate (p. 153) und auf *Cod. atl., Blatt 318 v a* ein Verfahren, wie man billig Nadeln herstellen kann. (p. 154)

Spinnapparate (*Cod. atl., Blatt 393 v a*): »Man kann es heute noch immer in jedem Konversationslexikon lesen, daß „Jürgen“ aus Wattenbüttel das Spinnrad im Jahre 1530 erfunden habe. Tatsächlich hat jener Jürg als \154 Spinnradmacher nur eine ganz lokale Bedeutung für den braunschweigischen Bezirk gehabt. Das Spinnrad mit Flügel und Spule ist in dem halben Jahrhundert vor Jürg in Deutschland schon verschiedentlich als etwas ganz Bekanntes nachweisbar ...

Eine geradezu vollendete Spinnmaschine finden wir lange vor Jürg ... [bei Leonardo].« (p. 154f)

»Um zu verhindern, daß der Faden auf der gleichen Stelle der Spule aufläuft, erfindet Leonardo den sogenannten Garnverteiler. Dieser Garnverteiler wurde erst 1794 in England wieder

erfunden und eingeführt. ... An den Nähmaschinen haben wir heute eine ähnliche Vorrichtung, die den Faden beim Spulen ganz gleichmäßig auf die Spule verteilt.« (p. 157)

[Auf beiden Seiten von *Cod. atl., Blatt 2* beschreibt LEONARDO mit großen und sorgfältig ausgetuschten Zeichnungen Seilmaschinen. (p. 157)]

»Dutzende von Zeichnungen behandeln die damals in Oberitalien als einträglicher Erwerb betriebene Tuchfabrikation. Die kleinsten Einzelheiten der Webstühle, der Schiffchen, der Rauhemaschinen und der Tuchschermaschinen werden von Leonardo beschrieben und skizziert.« (Beispiel: *Cod. atl., Blatt 397 R a/p*. 158)

»Erst im Jahre 1684 wurde von einem englischen Techniker ein Versuch gemacht, die bis dahin mit der Hand bewegten Scheren mechanisch zu betreiben. Als man 1758 in England Tuchschermaschinen ähnlich den Leonardoschen in Betrieb nahm, entstand ein Arbeiteraufbruch ... « (p. 159)

Quellen

FELDHÄUS, FRANZ M. (1922): *LEONARDO. Der Techniker und Erfinder*. Eugen Diederichs. Jena, 1922.

HERZFELD, MARIE (1907/1926): *Leonardo da Vinci. Denker, Forscher und Poet. Aus seinen veröffentlichten Schriften*. Eugen Diederichs. Jena, 1926.

NAVONI, MARCO [Hrsg.] (2012): *Leonardo da Vinci: Codex Atlanticus*. In Zusammenarbeit v. m. d. Veneranda Biblioteca Ambrosiana. Vorwort von Franco Buzzi. Bucher - Verlag. München, 2012.