

Dietrich Lohrmann

Neue Forschungen zu Leonardo da Vinci als Ingenieur

Abstract: Although the 500th anniversary of Leonardo's death in 2019 produced a wealth of new publications, including a four-volume monograph by Carmen Bambach, annotated new editions and the first monograph on Leonardo as an engineer, the myriad problems posed by his scientific and technological legacy have by no means been resolved. Much remains to be done on the reconstruction of the numerous writings he announced or intended to write later. As regards major projects such as the drainage of the Pontine Marshes we should consider the extent to which Leonardo could truly have conceived the plans associated with him without the help of other experts. Leonardo's claimed military ambitions when he left Florence for Milan in 1482 have been accepted in the newly published monographs, although a wealth of material from the following years indicates that he became familiar with military matters only much later. This is particularly true of the military qualifications Leonardo lists in his first letter to Ludovico Sforza. His famous letter dates to the year 1489 and not to Leonardo's move from Florence to Milan in 1482.

Für Jakob Burckhardt 1860 war Leonardo eine Persönlichkeit der Renaissance, deren „ungeheure Umrisse ... man ewig nur von ferne ahnen“ konnte.¹ Über diese Einschätzung ist die Forschung seit langem weit hinausgelangt. Insbesondere das Jubiläumsjahr 2019 – fünfhundert Jahre nach seinem Tod in Frankreich – hat eine Fülle von neuen Buchpublikationen zu seinem Wirken erbracht. Man erkennt sein Schaffen jetzt bis ins Einzelne wie unter einer Lupe. Die neuen Veröffentlichungen in ihrer Gesamtheit zu besprechen, soll nicht die Aufgabe dieses Beitrags sein. Es wäre auf mindestens fünf neue Biographien mit sehr unterschiedlichen Schwerpunkten einzugehen, die alle ein größeres Publikum ansprechen. Sie sind faktenreich und gut lesbar, ihre zumeist spärlichen, aber unerlässlichen Anmerkungen verbannen sie freilich, wie mittlerweile üblich, in den Anhang. Meine persönliche Vorliebe gehört dem Werk des Züricher Neuhistorikers Bernd Roeck; sein Untertitel „Der Mann, der alles wissen wollte“ trifft ins Schwarze.²

1 Jakob Burckhardt, *Die Cultur der Renaissance in Italien*, Basel ²1869, Stuttgart 1988, S. 106; zitiert von Harald Siebert, *Wie der Westen sich modern schrieb. Epoche machen im Zeichen der Wissenschaft*, Frankfurt a. M. 2009, S. 78.

2 Bernd Roeck, *Leonardo. Der Mann, der alles wissen wollte. Biographie*, München 2019; Walter Isaacson, *Leonardo da Vinci. The Biography*, New York 2018 (mehrfach übersetzt); Volker Reinhardt,

Kontakt: Dietrich Lohrmann, lohrmann@rwth-aachen.de

Mein Schwerpunkt liegt in der Erschließung der oft nur rasch angezeigten Ingenieurleistung Leonardos und der zugehörigen Handschriften. Die neuen Editionen einzelner Handschriften und ein italienisches Werk über den Ingenieur Leonardo werde ich behandeln und zugleich versuchen anzuzeigen, wie und wo die weitere Forschung noch weiterarbeiten kann. Insgesamt lässt sich feststellen, dass Leonardos wenig umfangreiches malerisches Werk immer noch weit mehr Aufmerksamkeit findet als die quantitativ viel umfangreichere Überlieferung zu Leonardos Naturforschung und seinen Bemühungen um verbesserte Maschinen wie um ein neues Verständnis der Mechanik.

1 Die vierbändige Monographie von Carmen Bambach 2019 und die Neuedition des Codex Madrid I von 2018

Die wichtigste neue Publikation sei hier hervorgehoben, es ist eine vierbändige, großformatige, alles umfassende Monographie der New Yorker Kunsthistorikerin Carmen Bambach unter dem Titel „Leonardo Reconsidered“, ein Ergebnis jahrzehntelanger Forschung, qualitativ voll illustriert und ausführlich dokumentiert. Die Anlage der drei ersten Bände folgt im Wesentlichen der geistigen und künstlerischen Entwicklung des großen Florentiners. Im vierten Band folgen die Anmerkungen, die umfangreiche Bibliografie und ein sehr ausführlicher, nicht leicht zu handhabender Index. Man muss den vierten Band stets zur Hand haben.³

Das wesentliche Verdienst dieses großen Werkes ist die Aufarbeitung des gesamten erhaltenen Materials aus Leonardos Nachlass und den Zeugnissen seiner frühen Biographen: Malerei, Zeichnungen zu den verschiedensten Themen, Pflanzen, Tiere, Menschen, Landschaften, Karten, Architektur, Wasserstudien, Mechanik, Maschinen, Kriegstechnik, Optik, Proportionen, solare Wärme, literarische und theoretische Schriften ... Viel Aufmerksamkeit widmet die Autorin den äußeren Merkmalen der erhaltenen Leonardo-Handschriften. Jedes einzelne Dokument wird in seiner Materialität beschrieben und inhaltlich analysiert. Dabei schenkt Bambach als Kunsthistorikerin den künstlerischen Werken naturgemäß größere Aufmerksamkeit als etwa den inhaltlichen Raffinessen von Leonardos technischen Zeichnungen. So wird sein Codex Madrid I mit viel ziviler Technik aus den 1490er Jahren, obwohl er anerkanntermaßen einen Höhepunkt der Überlieferung zur spätmittelalterlichen Maschinenbautradition darstellt, im Band 2, S. 123–125 inhaltlich relativ kurz abgehandelt, während den einzelnen Gemälden an den

Leonardo da Vinci, Das Auge der Welt, München 2018; Marc Van den Broeck, Leonardo da Vincis Erfindungsgeister. Eine Spurensuche, Hamburg 2018 (auch englisch); Matthias Eckoldt, Leonardos Erbe. Die Erfindungen da Vincis – und was aus ihnen wurde, München 2019.

³ Carmen Bambach, Leonardo Reconsidered, 4 Bde., New Haven-London 2019.

jeweiligen chronologischen Stellen eine weitaus größere Aufmerksamkeit zufällt.⁴ Eingehend verfolgt Bambach dagegen die Kriegstechnik (Band 2, S. 132–165) und die frühen anatomischen Zeichnungen, die mehrheitlich in die Sammlungen des Königspalastes von Windsor gelangt sind (Band 2, S. 184–224).

Die im Codex Madrid I großartig gezeichneten Maschinen und Maschinenelemente wie etwa die im Text ausführlich erläuterte Zwirnmaschine für 18 Frauenarbeitsplätze (Abb. 6.53 im Band 2) bleiben oft unkommentiert, ebenso das nur für Uhrenfachleute verständliche, minutiös dargestellte 24-Stunden-Schlagwerk (fol. 27v) und so manche andere Kostbarkeit. Bambachs Gesamteinschätzung von Leonardos Haupthandschrift zur Technik, die sie den Jahren 1492–1499 zuweist, trifft aber zweifellos zu: „The artist applied himself to the study of mechanics more assiduously perhaps than to most other subjects of ‚non-artistic‘ purpose during his Milanese years.“ Zurecht verweist sie auf Leonardos Wertung der Wissenschaft von den technischen Instrumenten als „nobilissima“ und „utilissima“ (S. 125, 131). Ihre kodikologischen Beobachtungen inklusive Wasserzeichen der benutzten Papiere sind von großem Nutzen, ebenso der Hinweis auf die häufigen Nachträge Leonardos in seinen Heften mit dem Schluss „that Leonardo as author could not resist adding and reworking text at different points in time“. Diese Nachträge sind paläografisch wie inhaltlich deutlich zu erkennen, oft aber schwer in ihren eigentlichen Zusammenhang einzuordnen.

Zur inhaltlichen Deutung der Maschinenzeichnungen des Codex Madrid I war auch der 1973 verstorbene Ersteditor der Handschrift, der Ingenieur und ehemalige Unternehmer Ladislao Reti, nicht mehr gekommen. Er hatte sich ebenso nicht mehr entschließen können, die beiden Teile des Codex, die er immerhin deutlich benannte, klar zu trennen. Das geschieht nun in der Aachener Ausgabe vom Ende des Jahres 2018. Band 1 behandelt die 95 ersten Blätter mit vornehmlich maschinenbaulichem Inhalt; Band 2 hat ebenfalls 95 Blätter nunmehr überwiegend theoretischen Inhalts, Leonardo beschrieb sie wie etliche andere Hefte in umgekehrter Reihenfolge von hinten nach vorn. Viele Seiten enthalten auf frei gebliebenen Stellen Nachträge Leonardos zu oft völlig anderen Themen. Deshalb war es nötig, jede Seite in ihrer Entstehung genau zu analysieren und auf ihnen eine Zählung sowohl der verschiedenen Zeichnungen wie der Texteinträge anzuzeigen. Der Kommentar zu jeder Seite kann so präzise auf sie verweisen. In der Aachener Edition rückt die technische Erklärung der Zeichnungen und Texte in den Mittelpunkt. Sie zeigt und erläutert, wie genau Leonardo die dargestellten Maschinen und Maschinenelemente beobachtet und verstanden hat. Im ersten Teil sind es keineswegs nur seine Erfindungen, sondern Maschinen, die er im Umfeld Mailands gesehen und häufig mit eigenen Vorschlägen zur besseren Gestaltung gezeichnet hat. Dieser erste Teil des Codex Madrid I zeigt den Stand des norditalienischen Maschinenbaues am Ende des Mittelalters und die enormen Fortschritte, die er im Laufe des 15. Jahrhunderts noch gemacht hat. Klarer

4 Ausführliche Rezension aus kunsthistorischer Sicht von Stephen J. Campbell in: *Renaissance Quarterly* 73,4 (2020), S. 1320–1326. Der Autor lobt das Werk als „Eckstein höchst zuverlässiger Information“ mit „judicious handling of material evidence and documentary sources“.

hervor tritt auch der Anteil des 1493 in Leonardos Dienst getretenen deutschen Mitarbeiters, des Schlossers Julius / Giulio (siehe Index Personen im vierten Band).⁵

Im zweiten Teil des Codex Madrid I bemüht sich Leonardo um ein neues Verständnis von theoretischer Physik. Immer neu setzt er sich auseinander mit Begriffen wie Gewicht, Gegengewicht, Kraft, Schwerkraft, Bewegung, Impetus bzw. Impakt. Dazu kommen zuvor kaum behandelte Phänomene wie Stoß, Rückprall, Drehmoment, verminderte Reibung, Abnutzung von Maschinenwellen, Gewölbeschub und vieles mehr. Etliches davon erscheint in den klassischen Geschichten der Physik erst wesentlich später, der Stoß als Phänomen der Mechanik z. B. erst im Kapitel über Descartes. Leonardo hat den Durchbruch zu einer neuen Physik und Mechanik noch nicht geschafft, doch ist es eindrucksvoll zu sehen, mit welcher Beharrlichkeit er zu all diesen Themen immer wieder zurückkehrt. Nirgendwo kann man das besser beobachten als im zweiten Teil des Codex Madrid I und an den Stellen des ersten Teils (fol. 71r–79r), wo er solche theoretische Studien teilweise auch schon eingefügt hat. Die ausführlichen Kommentare der neuen Edition sollen es erleichtern, Leonardo auf diesen Wegen zu begleiten.

Der Ingenieur Leonardo bleibt in dem großen Werk von Carmen Bambach am Rande. Trotzdem ergeben sich in ihren Bänden zu seinem zeichnerischen Werk viele wertvolle neue Erkenntnisse.⁶ Im dritten Band, S. 309–395 bei der Untersuchung der Aktivitäten Leonardos in seiner späten römischen Zeit erscheinen dank Beachtung der römischen Wasserzeichen des Papiers einige sehr sorgfältig ausgearbeitete Maschinenbilder, die man bisher wesentlich früher ansetzte, ohne einen präzisen Zeitansatz für sie zu finden. Generell ist zu begrüßen, dass die Autorin den zahlreichen erhaltenen Skizzenbüchern viel Aufmerksamkeit widmet und auch die verlorenen Hefte wie bspw. ein gut bezeugtes Waffenbüchlein für den mailändischen Waffenmeister Gentile dei Borri nicht vergisst. Auf diesem Gebiet bleibt weiter viel zu tun.

2 Verlorene und geplante Schriften

Leonardos verlorene und die nur geplanten Schriften bieten aus meiner Sicht noch ein weites Forschungs- und Editionsfield. Ihre Zahl ist bedeutend, wenn auch vielleicht

⁵ Dietrich Lohrmann/Thomas Kreft (Hg.), Leonardo da Vinci, Codex Madrid I. Kommentierte Edition, Bd. 1: Maschinenbau und Maschinenelemente, Bd. 2: Theorie der Mechanik, Außenblätter, Bd. 3: Einführung, Statistik, Zeichentechnik, Bibliographie, Register, Bd. 4: Bearbeitetes Faksimile, Wien-Köln-Weimar 2018. Es ist mir ein Anliegen zu betonen, dass die nähere technische Kommentierung dank seiner Ausbildung als Werkzeugmacher das Verdienst meines Koeditors Thomas Kreft ist. Thomas Kreft besorgte auch die Ende 2013 erschienene, inzwischen aktualisierte Internetedition <https://www.codex-madrid.rwth-aachen.de/>; 3.4.2023. Wertvolle Deutungen und eine erste Digitalisierung des Textes gehen auf Dr. Ulrich Alertz und Frank Hasters zurück.

⁶ Eine Auswahl der technischen Zeichnungen ohne die begleitenden Texte bieten Johannes Nathan/Frank Zöllner, Leonardo da Vinci, Das zeichnerische Werk, Köln 2014, S. 574–731 (Mechanik, Kriegstechnik, Flugmaschinen).

nicht genau zu bestimmen. Nach seinem Überblick über die erhaltenen Handschriften Leonardos in Italien, England, Frankreich, Spanien, fragmentarisch auch in München, New York und anderwärts, schrieb 1974 Augusto Marinoni, Italiens lange Zeit führender Leonardo-Philologe: „Im Laufe der Jahrhunderte sind leider viele andere Manuskripte spurlos verschwunden.“⁷ Marinoni zitiert einen Eintrag, wo der späte Leonardo selbst die Zahl seiner Manuskripte benennt: 25 kleine Bücher, 2 mittelgroße, 16 größere und 6 Bücher in Pergament sowie ein „Buch mit grünem Gemesendeckel“. Davon ist die erhaltene Überlieferung weit entfernt. Im Codex Arundel um 1508 spricht Leonardo von seiner ungeordneten Sammlung von Kopien, die er noch ordnen wolle, einstweilen werde er an mehrfacher Kopie derselben „Sachen“ aber nicht vorbeikommen.⁸ Anderwärts bedauert er, bei der systematischen Ausarbeitung nicht weit genug gekommen zu sein. Oft nennt er Titel von Büchern, die er plante und gern geschrieben hätte. Sobald ein Thema ihn reizt und er einiges an Erkenntnis dazu formuliert hat, kündigt er nähere Ausarbeitungen an, die er vielfach als Bücher („libri“) bezeichnet. Er entwirft Inhaltsverzeichnisse und redigiert einzelne Abschnitte. Vollendet hat er diese Werke oder Traktate nie. Hier folgen zumindest drei Hinweise zu wichtigen verlorenen oder nicht vollendeten Schriften Leonardos und den Möglichkeiten ihrer Rekonstruktion.

a „De moto“, „Teorica meccanica“ und „Elementi machinali“

Das Studium der Bewegung im physikalischen Sinn war schon von zahlreichen Naturphilosophen des späteren Mittelalters erörtert worden. Leonardo plante zu diesem Thema über 40 Teile bzw. Bücher; das 43. Buch sollte die Bewegung von Luft unter Wasser behandeln (Ms. F, fol. 37b). Mehr erfahren wir u. a. durch den Leonardo eng verbundenen Mathematiker Luca Pacioli in seiner 1498 Ludovico Sforza gewidmeten „Divina proporzione“ (Erstdruck Venedig 1509). Dort notiert er, Leonardo arbeite an einem unschätzbaren Werk über räumliche Bewegung, Stoß, Gewicht und alle Kräfte.⁹ Umfangreiche Entwürfe dazu sind in Leonardos Handschriften erhalten. Schon in einem seiner frühesten Skizzenbücher, dem Ms. Paris A (ca. 1490–1492), finden sich etliche Abschnitte.

⁷ Augusto Marinoni, *The Writer*, in: *The Unknown Leonardo*, hg. von Ladislao Reti, London 1974, S. 56–85. Dazu Carlo Vecce, *La biblioteca perduta. I libri di Leonardo*, Roma 2017.

⁸ Leonardo da Vinci, *Il codice Arundel 263 nella British Library*. Edizione in facsimile nel riordnamento cronologico dei suoi fascicoli, a cura di Carlo Pedretti. *Trascrizioni e note critiche* a cura di Carlo Vecce, Firenze 1998, S. 367 (altes fol. 1r). Deutsche Übersetzung des Abschnittes bei Theodor Lücke, *Leonardo da Vinci, Tagebücher und Aufzeichnungen*, Leipzig 1952, S. XXII–XXIII.

⁹ Luca Pacioli, *De divina proportione*. Die Lehre vom Goldenen Schnitt, nach der venezianischen Ausgabe vom Jahre 1509, hg., übers. und erläutert von Constantin Winterberg, Wien 1889 (Nachdruck Classic Reprint Series 2018), S. 33, 181. Zusammenhang und neuere Forschungen zu den Handschriften bei Carlo Vecce, *Leonardo*, Roma 1998, S. 171 f. und 403, Anm. 188. Pacioli liefert ein bedeutendes Zeugnis zum geistigen und künstlerischen Leben am Hof Ludovicos kurz vor dessen Untergang.

Danach folgte eine systematische Übersicht, die Leonardo „Teorica“ nannte, gemeint war „Teorica meccanica“. Diese streng in bezifferte Abschnitte gegliederte Ausarbeitung ist verloren, lässt sich aber aus 47 genauen Verweisen im Codex Madrid I und 30 weiteren Verweisen in anderen Handschriften rekonstruieren. Demnach war es eine Sammlung von Leitsätzen in neun Teilen oder Kapiteln, die ich unter Vorbehalt weiterer Verbesserung hier noch einmal knapp benenne: 1. Hebel, Kraft und Gewicht, 2. Verteilung von Zugkräften und Kippmomenten, Gegenhebel, 3. Druckverteilung, 4. Kraft und Widerstand, 5. Bewegung und Schwere, 6. Erschwerte Bewegung, Reibung, 7. Belastung von Trägern und Stützen, 8. Drehpunkt der Waage (?), 9. Schwerpunkt und Gleichgewicht.¹⁰ Datierung vor oder während der frühen Arbeit am Codex Madrid I, ca. 1490–1493.

Bekannter und ausgereifter war ein etwas späteres Werk, das Leonardo als „Elementi macchinali“ bezeichnete. Es wird häufig erwähnt, ist aber ebenfalls verloren. Ein Inhaltsentwurf findet sich im Codex Atlanticus, fol. 421v, eine Art Ankündigung steht im Codex Madrid I, fol. 82r. Spätere Zitate dieses Werkes folgen an 17 verschiedenen Stellen seiner Skizzenbücher. Dazu sind im Codex Madrid I Teil 2 (Theorie) zahlreiche Markierungen von Textstellen zu finden, die wohl für eine Übernahme in die „Elementi macchinali“ gedacht waren.¹¹ Für Ladislao Reti war dieses nur begonnene Werk Leonardos so wichtig, dass er es mit der Systematik des großen Maschinenbautheoretikers Franz Reuleaux (1829–1905) verglich. Ein moderner amerikanischer Maschinenbauer ist ihm darin gefolgt.¹²

b Leonardos Wasserbuch

Leonardos Pläne für ein großes Buch zur Hydrologie sind seit langem bekannt. Eine Menge Material dazu hat schon der Dominikaner Luigi Maria Arconati 1642 im Codex Vat. Barb. Lat. 4332 zusammengestellt, allerdings nach Kriterien der damals schon fortgeschrittenen Hydrologie. 1808 wurde der Inhalt dieser Handschrift erstmals gedruckt, 1923 erneut herausgebracht, nun in kritischer Weise. Marianne Schneider macht daraus einen schönen Kunstband mit den meisten Texten.¹³ Sie nennt u. a. zwei Inhaltsent-

¹⁰ Belege bei Dietrich Lohrmann, Die Verweise Leonardo da Vincis auf seine verlorenen Traktate zur Mechanik, in: *Technikgeschichte* 78 (2011), S. 285–323, bes. S. 312–320. Ders./Ulrich Alertz/Frank Hasters, *Teorica and Elementi Macchinali. Two Lost Treatises of Leonardo da Vinci on Mechanics*, in: *Archives internationales d'histoire des sciences* 62 (2012), S. 68, 73–84. Leonardos *Teorica* dürfte etwa 1490–1492 entstanden sein. Er hat auch im Ms. F (1508) noch auf sie verwiesen.

¹¹ Lohrmann/Alertz/Hasters, *Teorica* (wie Anm. 10), S. 59–65. Zu den *Elementi Macchinali* vgl. schon Paolo Galuzzi, *Gli ingegneri del Rinascimento da Brunelleschi a Leonardo da Vinci*, Firenze 1996, S. 73 f.; ausführlicher in: *Storia della Scienza* 4 (2001), S. 942–982, bes. S. 975.

¹² Ladislao Reti, *Elements of Machines*, in: ders., *The Unknown Leonardo* (wie Anm. 7), S. 264–287. Vgl. ähnlich Francis C. Moon, *The Machines of Leonardo da Vinci and Franz Reuleaux*, Dordrecht 2007.

¹³ Marianne Schneider, *Leonardo da Vinci, Das Wasserbuch. Schriften und Zeichnungen*, München 1996, ital. Palermo 2001. Viele weitere Texte für das Wasserbuch hat Edward McCurdy, *The Note-*

würfe, einen aus dem jetzt Bill Gates gehörenden Codex Leicester, fol. 5r, einen anderen, wohl früheren, aus dem Codex Arundel, fol. 45r (Pedretti P 30r). Während der frühere Plan (Arundel) noch eher unausgewogen mit Schiffskielen beginnt, anschließend zu den pneumatischen Bewegungen in Gefäßen oder Siphonen übergeht und dann erst zu Gewässern, Dämmen und Schleusen kommt, verfährt der spätere Plan im Codex Leicester, fol. 15v (ca. 1508) viel systematischer. Die geplanten Bücher heißen nun: Vom Wasser an sich, vom Meer, von den Wasseradern, den Flüssen, ihrem Untergrund, den Hindernissen, dem Kies, der Wasseroberfläche usw. Insgesamt sind es hier fünfzehn Bücher.

Der Codex Leicester als Ganzes kommt bekanntlich einem abgeschlossen redigierten Werk über das Wasser in allen seinen Aspekten am nächsten. Seit 2018 haben wir von ihm eine vierbändige Neuedition mit Faksimile, englischer Übersetzung, erklärenden Essays und – im vierten Band – einer ausführlichen Paraphrase des Inhalts samt ebenso ausführlichem Kommentar durch einen der bekanntesten Leonardoforscher, Martin Kemp.¹⁴ Der Eindruck entsteht, als liege hier eine vollständige Fassung von Leonardos Wasserbuch vor, doch der Eindruck täuscht. Auf fol. 3v bezieht sich Leonardo auf die „fünfte Abteilung des sechsten Buches“ in seinem Traktat über das Wasser. Auf fol. 5r ist andererseits die Rede vom neunten Buch und seinem geplanten Inhalt. An wieder anderen Stellen fordert er sich auf, bestimmte Sachverhalte „zuvorderst zu beweisen“. Wir erhalten im Codex Leicester also nur die Vorfassung eines geplanten vollständigeren Werkes und trotzdem schon ein umfassendes Werk, dessen Verständnis durch die neue Edition wesentlich erleichtert wird. Es ist charakteristisch für Leonardo, dass er offensichtlich mit dem erreichten Kenntnisstand noch nicht zufrieden war und weiter über Lösungen nachdachte. Seine vorbereitenden systematischen Auflistungen von

books of Leonardo da Vinci, Bd. 2, London 1938, S. 11–140. – S. 34: Order of the First Book on Water, aus Ms. E, fol. 12r; S. 36: Book Ten, Book Nine; S. 44: Books 9–13 of the Treatise on Water aus Ms. F, fol. 24v; S. 46: Book Thirty-two und Book Forty-two on Rain aus Ms. F, fol. 35r; S. 49: The Order of the Book; S. 52: Commencement of the Book; S. 58: Book Nine, of the Accidental Risings of Water aus Ms. F, fol. 88r, usw. bis S. 116. Ausformulierter Anfang aus Ms. I bei Lücke (wie Anm. 8), S. 496 f. Weiteres dort bis S. 604, allerdings nicht in der richtigen chronologischen Ordnung der Handschriften. – Zur Hydromechanik Leonardos gibt es Studien von Enzo Macagno seit 1967. Dazu gehören ausführliche Rekonstruktionsversuche für insgesamt sieben der Libri dell'acqua aus den Jahren 2000 bis 2006, die ich nach freundlichem Hinweis von Dottoressa Monica Taddei in der Biblioteca Leonardiana in Vinci einsehen konnte.

14 Leonardo da Vinci's Codex Leicester. A New Edition, hg. von Domenico Laurenza/Martin Kemp, 4 Bde., Oxford 2019–2020. Bd. 1 enthält ein Facsimile der Handschrift, Bd. 2 Essays und die Geschichte des Codex, Bd. 3 die Transkription des Textes mit englischer Übersetzung, Bd. 4 Paraphrasen und Kommentare von Martin Kemp. Vgl. auch die deutschen Übersetzungen bei Lücke (wie Anm. 8), S. 496–608 sowie die vollständige Übersetzung von Marianne Schneider in: Leonardo da Vinci, Der Codex Leicester. Ausstellungskatalog, München-Berlin 1999, S. 71–216. Zur Ergänzung des Codex Leicester besonders wichtig sind die Einträge im Ms. F von 1508 (McCurdy [wie Anm. 13], Bd. 2, S. 35–62; Lücke S. 519–544). Lückes deutsche Ausgabe (erste Auflage 1939) folgt über weite Strecken der Anordnung von McCurdy 1938. Die Arbeitsweise Leonardos im Codex Leicester analysiert Carlo Vecce, Sullo scrittoio del Codice Leicester, in: Paolo Galluzzi (Hg.), Water as a Microscope of Nature. Leonardo da Vinci's Codex Leicester, Firenze 2018, S. 184–200.

Grundsätzen zum Wasser und seinen Eigenschaften ähneln dem Verhältnis zwischen seinem Codex Madrid I und der vorbereitenden mechanischen „Teorica“.

Buch 9 des Buches über das Wasser behandelte nach Arconatis Zählung (die nicht mit der von Leonardos Inhaltsplänen übereinstimmt) die Wassermühlen und Wasserhebemaschinen. Nach der Ausgabe von Carusi und Favaro 1923 enthielt es 27 Kapitel. Die ersten fünf behandelten die Mühlen, Kap. 6–17 die Wasserhebung, Kap. 18–19 ein Verfahren zur Trockenlegung von Teichen nahe am Meer („giovamento di seccare li stagni vicino al mare“, siehe unten Abschnitt 5), Kap. 20–23 die Reinigung von Kanälen, Kap. 24 einen Hafenkran („Per caricare un gran peso sopra d'un naviglio“), Kap. 25–27 Bauten zum Schutz vor Wasserschäden.¹⁵ Zu einem abgerundeten Mühlenbuch Leonardos hätten selbstverständlich auch seine Beobachtungen gehört, die er 1494 auf dem herzoglichen Landgut von Vigevano notierte. Er strich dabei die Besonderheiten der lombardischen Wassermühlen heraus. Diese Bemerkungen sind erst 1967 in dem bis dahin verschollenen Codex Madrid I Teil 2, fol. 40r entdeckt worden.¹⁶ In den Codex Leicester haben diese Themen keinen Eingang gefunden.

c Das Waffenbuch

Wichtig ist ein Beitrag von Marco Versiero, der sich 2016 mit einem verlorenen Kriegsbuch Leonardos für den Waffenmeister Gentile dei Borri in Mailand befasst.¹⁷ Er geht aus von einer Angabe bei Giovan Paolo Lomazzo 1584:

„Leonardo da Vinci disegnò tutti gl'uomini a cavallo, in qual modo potevano l'uno dall'altro difendersi con uno a piedi, e ancora quelli ch'erano a piedi come si potevano l'uno e l'altro difendere e offendere per cagione delle diverse armi. La qual opera è stato veramente grandissimo danno che non sia stata data in luce per ornamento di questa stupendissima arte.“

„Leonardo da Vinci zeichnete sämtliche Reitersoldaten, wie sie sich gegenseitig vor einem Fußsoldaten schützen könnten, und auch die Fußsoldaten, wie sie sich gegenseitig mit verschiedenen Waffen verteidigen und angreifen konnten. Für dieses Werk ist es wahrlich ein sehr großer Schaden, dass es nicht veröffentlicht wurde zur Zierde dieser höchst erstaunlichen Kunst.“

¹⁵ Leonardo da Vinci, *Del moto e misura dell'acqua*. Libri nove ordinati da F. Luigi Maria Arconati, editi sul codice archetipo a cura di Enrico Carusi ed Antonio Favaro, Bologna 1923, S. 347–387. Hinzukommen 25 Abb. im Codex Vat. Barb. Lat. 4332.

¹⁶ Codex Madrid I Teil 2, fol. 40: „Wirkungsgrad der Mühlräder in der Lombardei“. Vgl. Teil 1, fol. 69r zum mittelschlägigen Rad und Teil 2, fol. 49v zum überschlägigen. Edition wie Anm. 5.

¹⁷ Marco Versiero, „Resistere a la furia de' cavagli e degli omini d'arme“. A Lost Book for a *condottiere* by Leonardo da Vinci, in: *Books for Captains and Captains in Books. Shaping the Perfect Military Commander in Early Modern Europe*, ed. Marco Faini/Maria Elena Severini, Wiesbaden 2016 (Wolfenbütteler Abhandlungen zur Renaissanceforschung 32), S. 103–115.

Versieri schlägt vor, ein Fragment des Werkes für Gentile dei Borri sei in Venedig erhalten.¹⁸ Zugehörig seien ähnliche, zum Teil wohl nicht autographe Skizzen im Louvre (Cabinet des dessins Inv. 2260), in Windsor Castle Nr. 12328r und am Ende des Pariser Ms. B die Seiten a001 und b002, die ebenfalls mit sorgfältigen Zeichnungen von Stich- und Wurfwaffen angefüllt sind. Dazu komme im frühen Ms. B, fol. 10v noch ein Text über die von alters her bekannten Kampfwagen, die mit rotierenden Sichel feindliche Heere niedermähen sollten. An diesem Punkt möchte ich einhalten.

Die dynamisch bewegten Zeichnungen von sogenannten Sichelwagen, einige gezogen von starken Kampfstieren, andere von Rossen, sind berühmt, aber nie im Zusammenhang dargestellt worden. Bambach 2, Abb. 6.83 bis 6.89 liefert eine aufschlussreiche Dokumentation, zu der man etwas ältere Darstellungen aus den handschriftlichen Widmungsexemplaren Valturios (ms. Vat. Lat. Urb. 281, fol. 143rv) noch hinzufügen könnte. Wie Leonardo zu dem Thema der antiken Sichelwagen kam und wie er ihren taktischen Einsatz beurteilte, ergibt sich, wenn man seine Quelle, die italienische Übersetzung von Valturios Kriegsbuch 1483 hinzunimmt. Er beginnt mit einer raschen, am Holzschnitt des Druckes orientierten Skizze und schreibt dazu im Pariser Ms. B, fol. 10r einen durchaus skeptischen Kommentar:

„Questi carri falcati furono di diverse maniere, e spesso non furono meno dannosi a li amici che a' nemici. E quest'è che li capitani de li eserciti, credendo con questi perturbare le squadre delli inimici, con questi creò la paura e danno infra li soi. Contra questi bisogna usare arceri, fondatori e lanciatori, e trarre ogni maniera di dardi, lance, sassi, fochi, romori di tambura, grida. E tali operatori stieno sparti, a ciò li dardi non li trovino, e per questo si spaventerà li cavalli, I quali isfrenati si volteranno infra' sua a dispetto de' governatori di loro, e fieno di grande impedimento e danno a' sua medesimi. I Romani usavano contra di questi li triboli seminati di ferro, i quali impediano li cavalli, e caduti in terra per la pena lasciavano I carri senza moto.“

„Diese Sichelwagen waren von verschiedener Art, oft waren sie für die Freunde nicht weniger schädlich als für die Feinde. Die Heerführer glaubten zwar, sie könnten mit ihnen die feindlichen Scharen verwirren, schufen aber nur Angst und Verlust unter den Ihren. Gegen sie muss man Bogenschützen, Schleuderer und Lanzenkämpfer nutzen, Steine, Feuer, Trommellärm und Schreie. Diese Kämpfer stellen sich verstreut auf, damit die Pfeile sie nicht treffen und die Pferde deshalb nicht scheuen. Außer Kontrolle drehen sie sich zum Nachteil ihrer Lenker und werden zum großen Hindernis und Schaden ihrer selbst. Die Römer verstreuten gegen sie gesäte Eisenspitzen, welche die Pferde verletzten. Zu Boden gestürzt ließen sie die Wagen ohne Antrieb.“

¹⁸ Abbildung des Doppelblattes Venedig Gallerie dell'Accademia GDS 235 bei Bambach (wie Anm. 3), Bd. 2, Abb. 6.72 und 6.81. Bambach unterstützt die Verbindung zwischen der Angabe Lomazzos und dem Fragment in Venedig. Die bei ihr genannten Hinweise auf andere verlorene Werke habe ich noch nicht zusammengestellt.



Abb. 1: Wagen mit sichelbewehrten Pferden aus Valturio/Ramusio.



Abb. 2: Leonardos Sichelwagen im Ms. B, fol. 10r.



Abb. 3: Leonardos Sichelwagen im Ms. London British Museum 1860.0616.99, Ausschnitt.

Die Quelle Leonardos war wie gesagt die italienische Übersetzung des gelehrten lateinischen Kriegsbuches „De re militari“ von Roberto Valturio (1472). Ramusios italienische Übersetzung erschien 1483. Leonardo, der für die direkte Lektüre von Valturios gelehrt Latein nicht genügend vorgebildet war, beschäftigte sich mit dieser Übersetzung offensichtlich erst in den nachfolgenden Jahren. Buch 10 des Valturio/Ramusio hat ihn besonders angeregt. Es enthält nicht nur taktische Empfehlungen, sondern auch einen langen Katalog mit den Namen von Defensiv- und Offensivwaffen, dazu 75 Holzschnitte von Einzelwaffen und Kriegsmaschinen, die in großer Zahl bei Leonardo wiederkehren.

Inwieweit die Holzschnitte seiner Vorlage von Leonardo systematisch für seinen angeblichen Borri-Traktat ausgewertet wurden, bleibt im Einzelnen zu überprüfen.¹⁹ Was fehlt, ist eine inhaltlich kommentierte Ausgabe seines Pariser Codex B, in der die Anregungen aus Ramusio im Einzelnen nachzuweisen wären. Woher hat Leonardo zum Beispiel seine auf fol. 50v sehr blass nachgetragene Liste der Namen von sechs antiken Ingenieuren? Sein kleiner vierrädriger Sichelwagen im Ms. B, fol. 10r ist deutlich von dem bei Ramusio inspiriert, wenn auch schon etwas dynamischer gezeichnet. Diese rasch hingezogene Wagenzeichnung bildete offenbar den Ausgangspunkt für seine wesentlich eindrucksvolleren Darstellungen von Pferden im höchsten Galopp mit mächtig rotierenden großen Sicheln.²⁰

Ich gebe hier zum Vergleich mit dem oben zitierten Text Leonardos über die Sichelwagen sowohl den lateinischen Text Valturios 1472 wie den der Übersetzung Ramusios

¹⁹ Zu dem Borri-Traktat vgl. ausführlich auch Bambach (wie Anm. 3), Bd. 2, S. 152–161.

²⁰ Zusätzlich sei auf die Sichelwagen in der Widmungshandschrift Valturios für Sigismundo Malatesta verwiesen (BAV ms. Urb. Lat. 281 fol. 143rv) und auf Bambach (wie Anm. 3), Bd. 2, Abb. 6.89 (Sichelwagen des Kriegsgottes Mars bei Francesco di Giorgio Martini).

1483 fol. 210r.²¹ Unmittelbar nachfolgend bringt Valturio seinen bekannten windgetriebenen Kampfwagen.

„His quadrigis ut semper duces hostium acies perturbaturos se credebant, in suas terrorem persaepe verterunt, ut Antiocho maxime contigit. Nam Eumenes ubi eas vidit haud ignarus pugnae et quia anceps esset auxilii genus si quis pavorem magis iniiceret, quia iuxta adoriretur pugna, sagittarios funditoresque et iaculatores equitum non conferctos, sed quam maxime posset dispersos excurrere iubet ex omnibus simul partibus tela ingerere.“

„Haec velut procella partim clamoribus dissonis ita consternavit equos, ut repente velut effrenati passim incerto cursu vagarent. Romani murices ferreos in terram fundebant, quia hostes emissuros quadrigas arbitrabantur. In quos cum incidissent paulo post saucii, pigri inutilesque redebant.“

„Cum queste carette così come sempre mai li Capitani credevano perturbar le squadre de li nimici, spesse volte hano voltato la paura contra li soi, come intravene a Re Antiocho. Per che quando Eumene vide tale carete, perito di tal bataglia et conoscendo quanto fosse dubiosa questa generatione di aiuto se qualcuno gli facesse paura, che a saltarli cum bataglia da presso commandò usir fuori sagitari, fonditori et homeni che trasevano a mano, non stretti ma dispersi quanto potesseno, e trarge di ogni fatta arme da ogni parte.“

„Questa come una tempesta cum cridori grandissimi così spaventò li cavalli che subitamente come disfrenati qua et là vagabondi andavano. Li Romani sparzevano per terra li murici ferrei dove pensavano che dovessero passar le carete. In li quali come herano caschadi, li pocho feridi pegri et mutili doveravano.“

Bambach behandelt den verlorenen Waffentraktat ebenso wie die Abhängigkeit von Valturio/Ramusio so: „Some of Leonardo's early drawings of covered bridges, ladders, and mounted canon (Codex Atlanticus, fol. 49r, 50r) particularly recall the dry, undetailed, and stylized manner of illustration in Valturio's treatise.“ Sie betont zurecht den großen Unterschied zwischen den eher statischen Holzschnitten im Druck und den dynamischen, zum Teil hochdramatischen Darstellungen Leonardos. Er zeigt auch das Grauen des Krieges, z. B. die Schwerverletzten neben den Sichelwagen, was andere Waffentraktate zu allen Zeiten tunlichst vermeiden, um künftige Krieger nicht zu verschrecken.²²

Wie man sieht, bleibt an den verlorenen und nicht vollendeten Traktaten Leonardos noch viel zu tun. Auch für den frühen, überaus aufschlussreichen Codex B mit seinen ineinander verschränkten Hauptthemen Waffen und Architektur fehlt nach wie

²¹ Für die Übersendung einer CD-Rom mit dem Text der besten Valturio-Handschrift und dem Ramusio-Druck von 1483 danke ich Prof. Andrea Bernardoni, Florenz. – Antiochos und Eumenes im Text des Valturio erinnern an die antike Schlacht von Magnesia in Kleinasien (190 vor Chr.). In dieser Schlacht vertrieben die pergemesischen Schützen des Eumenes auf Seiten der Römer die Sichelwagen des Seleukidenkönigs Antiochos III. Valturio bezog sich auf Livius, *Ab urbe condita* 37.40.12, die Aufstellung der Armee des Antiochos (*Ante hunc equitatum falcatae quadrigae*) und 37.41.5, das Scheitern in der Schlacht. Livius liefert eine genaue technische Beschreibung der Wagen und die Reaktion des Eumenes, die Valturio fast wörtlich übernommen hat. Den Hinweis Valturios auf die Eisenspitzen der Römer („*murices ferreos*“), der bei Livius fehlt, hat nach *Thesaurus linguae latinae* nur Valerius Maximus 3.7.2.

²² Bambach (wie Anm. 3), Bd. 2, S. 135. Sichelwagen ebd. S. 157–160.

vor eine kommentierte Ausgabe zum Nachweis seiner Quellen. Es wäre eine reizvolle, vielseitige und dringend benötigte Aufgabe.

3 Neudatierung des angeblichen Bewerbungsbriefes an Ludovico Sforza von 1482 auf 1489

Leonardos berühmter Brief an Ludovico Sforza über seine Fähigkeiten als Militärtechniker, Architekt und Stadtplaner nimmt in den Untersuchungen zu Leonardos Entwicklung als Ingenieur eine bedeutende Stellung ein. Der undatierte, nur kopia! überlieferte Brief (Codex Atlanticus, fol. 1082r) soll 1482–1483 sein „Bewerbungsschreiben“ für die Übernahme in den Dienst des neuen Herrschers sein. Er zeuge jedoch, so eine der neueren Biographien, sowohl von mangelnder Erfahrung in militärischen Dingen wie von „Dreistigkeit“ in Bezug auf das Projekt eines sehr großen Reiterstandbildes für Ludovicos Vater.²³ Waffen und Taktik in neun Punkten bilden den inhaltlichen Schwerpunkt. Nur ergänzend zu den militärischen Dingen und dem Anspruch, in Sachen Architektur niemandem nachzustehen, bemerkt Leonardo am Schluss kurz, er sei auch Maler und Kunstgießer und er sei bereit, für das Denkmal von Ludovicos Vater Francesco Sforza zu arbeiten.

Dieser Brief dient fast überall in der Leonardo-Literatur zur Erklärung seines Überganges von Florenz nach Mailand 1482, so in allen neueren Biographien und zuvor auch in dem ansonsten sehr anregenden Katalog zur Ausstellung des Deutschen Museums „Leonardo da Vinci Vorbild und Natur“.²⁴ Im Extremfall erscheint der Brief als „erstes erhaltenes Bewerbungsschreiben der Neuzeit“. Nur wenige Stimmen äußern sich skeptisch und schlagen eine etwas spätere Datierung vor: 1483–1485 oder 1483–1487, so letztlich Carmen Bambach.²⁵

Die Sache hat grundsätzliche Bedeutung: Die Vertreter der Frühdatering gehen im besten Fall von Leonardos Genialität und Vielseitigkeit aus; schon in Florenz habe er auch militärische Kenntnisse erworben. Die angeblichen Zeugnisse dafür sind sämtlich undatiert und wenig beweiskräftig wie beispielsweise die mehrfach genannten sechs lateinischen Verse über den Einsatz eines schweren Geschützes 1479 bei der Belagerung

²³ Näheres in meiner Untersuchung Von der Malerei zur Kriegswissenschaft. Leonardo da Vincis Brief an Ludovico Sforza, in: Historische Zeitschrift (= HZ) 304 (2022), S. 606–632. Unkritisch in der Datierung sind die Deutungen von Isaacson (wie Anm. 2), S. 17, 139 (Bewerbung als Dreißigjähriger, „bildete sich ein, ein versierter Waffenbauer zu sein und prahlte sogar damit“), und Reinhardt (wie Anm. 2), S. 62–66 (1482 plausibelstes Abfassungsdatum des Bewerbungsschreibens, Wunderinstrumente, „Nähe zum Militär nirgendwo erkennbar“, Zutrauen in „Großaufgabe des Reiterstandbildes ... zeugt von Dreistigkeit“).

²⁴ Leonardo da Vinci. Vorbild Natur – Zeichnungen und Modelle, hg. von Patrick Boucheron/Claudio Giorgione, München 2013, S. 11.

²⁵ Bambach (wie Anm. 3), Bd. 4, S. 8.

der Burg Colle di Val d'Elsa, von denen sich eine Kopie von anderer Hand im Codex Atlanticus, fol. 80r gefunden hat.²⁶ Die wenigen Skeptiker, die der traditionellen Datierung nicht folgen, lassen Leonardo mehr Zeit, sich in Mailand mit der neuen Materie auseinanderzusetzen.²⁷ Wie mir scheint, gibt es genügend Anhaltspunkte, um zu einer guten Lösung für die Datierung des Briefes zu kommen. Sie liegt deutlich später als 1482–1483 und kurz vor dem Sommer 1489.

Schauen wir in den Text, so ergibt sich schon einleitend der Hinweis, Leonardo habe hinreichend die Ausführungen („prove“) derer gesehen und überdenken können („visto et considerato“), die sich als Meister im Bau von Kriegswaffen betrachteten. Es folgt sein detailliertes Angebot in neun Punkten an Ludovico, ihm seine geheimen Vorschläge zur Kriegstechnik zu eröffnen. Er hat schon viele Arten von Geschützen gesammelt und will viele neue noch bauen können, auch für den Seekrieg (Nr. 4, 6, 7, 9). Das setzt eine längere Beschäftigung mit der Materie voraus. Aus den Zeichnungen, die man den Jahren 1478–1481 zuweist, lässt sich das nicht ableiten, obwohl man es immer neu versucht hat. Die Indizien bleiben dünn. Sämtliche für diesen Zweck genannten Zeichnungen gehören eher in die Jahre nach 1482 und haben auch wenig mit den im Brief genannten Spezialitäten gemein.²⁸ Feststellbar für die letzte Zeit Leonardos in Florenz ist dagegen sein Bemühen um erweiterte Bildung und um erste gelehrte Kontakte. Sie ergeben sich aus einer Liste von acht Namen am unteren Rand von Codex Atlanticus, fol. 42v. Hervorgehoben seien der Ingenieur und Mathematiker Carlo Marmocchi, der bekannte Geograph und Arzt Toscanelli (*Pagolo medico*) und der berühmte Aristoteles-übersetzer Giovanni Argiropulo.²⁹

Was im Hauptteil des Briefes an Ludovico auf den einleitenden Hinweis längerer Beschäftigung folgt, sind neun sehr detaillierte Punkte zur Taktik und zum Einsatz verbesserter Waffen im Land- wie im Seekrieg. Erst der zehnte Punkt nennt kurz die schon angedeuteten zivilen Fähigkeiten, die Leonardo seinem Herrn in Erinnerung ruft: Malerei, Architektur, Hydraulik, Arbeit an dem Reiterdenkmal. Ein letzter Hinweis richtet sich an die Personen, die Zweifel an seinen Angeboten erheben könnten und wohl auch schon erhoben hatten. Sehr gern sei er bereit, schreibt er dazu, seine zuvor

²⁶ Das Ereignis gehört in die Toskana; wann und in welcher Weise Leonardo es zur Kenntnis nahm, bleibt offen, er kann sich dafür auch erst in Mailand interessiert haben.

²⁷ Vgl. u. a. Patrick Boucheron, Vorbereitungen für den Krieg, in: Leonardo da Vinci. Vorbild Natur (wie Anm. 24), S. 59, und ders., Le pouvoir de bâtir. Urbanisme et politique éditiltaire à Milan (XIV^e–XV^e siècles), Roma 1998, S. 315 f.

²⁸ Vgl. dazu meine ausführlichere Untersuchung in der HZ (wie Anm. 23). Unter den dort näher behandelten Autoren fehlt die anregende Arbeit von Richard Schofield, Leonardo's Milanese Architecture. Career, Sources and Graphic Techniques, in: Achademia Leonardo da Vinci. A Journal of Leonardo Studies and Bibliography, hg. von Carlo Pedretti, Bd. 4, Milano 1991, S. 111–157, auf die ich zurückkomme. Die Bezeichnung „prove“ deutet Schofield als „small-scale models, since (1) Leonardo uses the word ‚instrumenti‘ as a synonym for them and (2) appears to say that he will demonstrate his own ‚prove“ in Bezug auf den herzoglichen Park, wo der Terminus aber nicht erscheint.

²⁹ Vecce (wie Anm. 9), S. 60 f.

genannten Fähigkeiten im Park Ludovicos (in Mailand) experimentell unter Beweis zu stellen („ad farne experimento in el parco vostro“). Diesem Angebot entspricht im Codex Madrid I (Teil 1, fol. 61r) aus den 1490er Jahren der Hinweis auf frühere Schießexperimente Leonardos mit schweren Kugeln im Park des Herzogs von Mailand. Wie sollen solche Experimente schon 1482–1483 möglich gewesen sein?

Schon der Text des Briefes an sich setzt einen längeren Aufenthalt in Mailand voraus. Dafür gibt es weiteres Beweismaterial. Mit ihm lässt sich sowohl ein *Terminus post* wie ein *Terminus ante* für die Datierung des Briefes gewinnen. Als *Terminus post* für die kriegstechnischen Studien ist zunächst seine wichtigste Informationsquelle zu nennen, die 1483 erschienene italienische Übersetzung des Kriegsbuches von Valturio. Von ihr hat sich Leonardo während der nachfolgenden Jahre in vielfacher Hinsicht inspirieren lassen. Seine Liste der Hieb- und Stichwaffen stammt aus dieser Vorlage, ebenso das Vokabular zu verschiedenen anderen Waffen und Waffentaten (Belagerungen, Sprengungen, Seekrieg etc.). Ein konkretes Beispiel, wie er mit den Anregungen umging, den Sichelwagen, nannten wir. Vor allem das Pariser Skizzenbuch B, datiert 1487–1489, aber auch Seiten des etwa gleichzeitigen oder etwas früheren Codex Trivulzianus, zeigen die Bemühungen Leonardos, sich mithilfe von Valturio/Ramusio in die Terminologie der Kriegswaffen und ihres taktischen Einsatzes einzuarbeiten. Dies ging bis hin zur Belagerungstechnik, zum Bau neuer Kriegsschiffe und Kanonen.³⁰

Hinzugekommen ist seine Beschäftigung mit aktuellen Aufgaben der Architektur und Stadtplanung in Mailand. Auch dafür bieten das Skizzenbuch B und der Trivulzianus, vermehrt durch Seiten im Codex Atlanticus, ein reiches Anschauungsmaterial, und auch da kommen wir in die späteren 1480er Jahre. Dokumente des Mailänder Domarchivs bestätigen es in Bezug auf Leonardos Modell für die Tiburio genannte Kuppel.³¹ Ältere Hinweise in dieser Richtung wie die von Richard Schofield sind in den neueren großen Synthesen zur Lebensleistung Leonardos leider nicht zur Geltung gekommen.³²

³⁰ Zum Ms. B vgl. meinen Beitrag in der HZ (wie Anm. 23), den ich hier nur ergänze. Rasche Information zum Trivulzianus in Simona Cremante, Leonardo da Vinci, Firenze-Milano 2005, S. 486–497 (dort fol. 16v zur Herstellung eines Kanonenrohres). Vollständige Wiedergabe der beiden Handschriften in e-leo. Bambach (wie Anm. 3), Bd. 2, S. 152 erkennt einen Zusammenhang zwischen Nr. 3 des Briefes und dem explodierenden Turm im Ms. B, fol. 63v. Ausgangspunkt der Forschung ist Gerolami Calvi, I manoscritti di Leonardo da Vinci, Bologna 1925, Kap. 2: Note sui codici B e Trivulziano e su altri fogli sincroni. Neuedition von Augusto Marinoni, Busto Arsizio 1982, S. 76–78. Seine vorsichtig angesprochene Anteriorität des Codex B vor dem Brief an Ludovico ist nicht beachtet worden.

³¹ Edoardo Villata, Leonardo da Vinci. I documenti e le testimonianze contemporanee, Milano 1999, S. 35, Nr. 25. Zu dem 1487 fertigen, 1490 bezahlten Modell des Tiburio siehe Näheres bei Carlo Pedretti, Leonardo architetto, Milano 1978, S. 34 f. Der dort besprochene Brief an die *fabbricieri* des Mailänder Doms zeigt sein Selbstbewusstsein als planender Architekt wie im Brief an Ludovico, wo er erklärt, in Sachen Architektur stehe er niemandem nach.

³² Schofield (wie Anm. 28), S. 113 betrachtet den Entwurf (draft) als „perfect mirror of what Leonardo could have intended to say to the Duke (sic) at some early stage of his Milanese period“. Es sei „not a draft for a plea for work“, also kein Bewerbungsschreiben. Die bisherige Datierung ca. 1182–1183 „unnecessary and incorrect“.

Nur Bambach warnt derzeit noch vor zu früher Datierung des Briefes und nennt wie bemerkt die Jahre 1483–1487.³³

Als *Terminus post* für die Datierung des Briefes haben wir nun die Arbeit Leonardos als Architekt und Waffenplaner im Ms. B und die im Codex Trivulzianus. Als *Terminus ante* für die Entstehung des Briefes ist entscheidend ein seit langem bekanntes Dokument vom 22. Juli 1489. Der damalige florentinische Botschafter in Mailand meldet, Ludovico wolle endlich ein würdiges Denkmal für seinen Vater schaffen; er habe Leonardo mit der Herstellung eines Modells beauftragt, jedoch zweifle er an Leonardos Fähigkeit, den Guss durchzuführen („la sappi condurre“). Aus Florenz wird deshalb die Entsendung eines oder zweier Gießereispezialisten erbeten.

Von einem Auftrag ist in Leonardos Brief noch nicht die Rede, nur von Bereitschaft, sein Brief dürfte deshalb eher zu seiner am 22. Juli 1489 genannten Beauftragung beigetragen haben, um das Verhältnis zwischen Ludovico und Leonardo zu entspannen. Da der Brief des florentinischen Botschafters somit aus meiner Sicht als *Terminus ante* für die Datierung des berühmten Briefes Leonardos an Ludovico Sforza zu gelten hat, sei er hier eingefügt.³⁴

„Magnifico Laurentio de Medici, maggiori Fiorentie. ... El signor Lodovico è in animo di fare una degna sepultura al padre, e di già ha ordinato che Leonardo da Vinci ne facci il modello, cioè uno grandissimo cavallo di bronzo, suvi il duca Francesco armato: et perché Sua Excellentia vorrebbe fare una cosa in superlativo grado, m'a detto che per sua parte vi scriva che desiderebbe voi gli mandassi uno maestro o dua, apti a tale opera: et perché gli habbi commesso questa cosa in Leonardo da Vinci, non mi pare si consoli molto la sappi condurre. ... Raccomandandomivi. Papie XXII Julii 1489. Petrus Alamannus eques et orator.“

„An den Magnificus Lorenzo di Medici, den Obersten von Florenz. ... Der Herr Ludovico beabsichtigt, seinem Vater ein würdiges Denkmal zu schaffen. Den Auftrag für ein Modell hat er schon an Leonardo da Vinci vergeben; es geht um ein sehr großes Bronzepferd, darauf der Herzog in Rüstung. Und weil seine Exzellenz etwas besonders Großartiges wünscht, sagte er mir, ich möchte seinerseits Euch schreiben, er wünsche, Ihr möget einen oder zwei geeignete Meister für ein solches Werk senden. Da er aber diese Sache dem Leonardo da Vinci übertragen hat, scheint es mir nicht, als tröste er sich damit, dass der es auszuführen versteht. ... Mit meiner Empfehlung Pavia 22. Juli 1489. Petrus Alamannus, Ritter und Botschafter.“

Ein neutrales Dokument kommt hinzu. Leonardo sind die angedeuteten Zweifel nicht entgangen. Die Zweifel an seinen technischen Fähigkeiten waren auch am Mailändischen Hof bekannt, wie der zeitlich nahe Schlusssatz des Briefes an Ludovico zeigt: sein Angebot

³³ Bambach (wie Anm. 3), Bd. 4, S. 8. Vgl. Vecce (wie Anm. 9), S. 97: „È possibile in questo modo isolare un gruppo cospicuo di fogli sparsi, testimonianza degli interessi molteplici coltivati nel periodo 1487–1490: studi per artiglierie e nuovi modelli di bombarde, appunti di meccanica e architettura.“

³⁴ Villata (wie Anm. 31), S. 44, Nr. 44. Zuerst angezeigt aus dem Staatsarchiv Florenz durch Paul Müller-Walde, Beiträge zur Kenntnis des Leonardo da Vinci, in: Jahrbuch der kgl. Preussischen Kunstsammlungen 18 (1897), S. 92–135 (eine materialreiche Studie besonders zu den Studien für das Reiterstandbild und dem Verhältnis zu Ludovico).

von Experimenten im Park des Herzogs für diejenigen, die seinen Angaben nicht vertrauten. Leonardo hat somit auf die Kritik reagiert. Er schreibt zu seiner Verteidigung nicht nur an Ludovico, sondern bittet Freunde um Unterstützung in der öffentlichen Debatte, wie ein Brief des ihm befreundeten Piattino Piatti vom 1. September 1489 zeigt.³⁵ Das Ergebnis war eine ganze Reihe von veröffentlichten Epigrammen zu seinen Gunsten.³⁶

Zwei italienische Forscher der letzten 15 Jahre haben sich in besonders ausführlicher Weise mit den hier anstehenden Fragen beschäftigt. Betreffend das Reiterstandbild ist vor allem auf die sehr gründlichen Untersuchungen von Andrea Bernardoni 2007 und öfter zu verweisen, auf die wir zurückkommen. Von Marco Versiero stammt die Untersuchung des weitgehend verlorenen Waffenbuches für Gentile dei Borri 2016. Dort kommt er zu folgender Aussage:

„Such circumstances introduce us to another fascinating theme, that is Leonardo's effort to acquire a suitable scholarly background in these military matters, in order to candidate himself to the status of an erudite expert and consultant, to be introduced and credited in the Milanese intellectual milieu, far beyond the mere qualification of practical master of warfare.“³⁷

Versiero erkennt zunächst ein vornehmlich literarisches Bemühen Leonardos um Erwerb militärischer Expertise, das bis etwa 1490 anhalte und dann umschlage in eine tiefere anthropologische Meditation, verbunden mit moralischen Erwägungen zur Kriegführung allgemein. Den angenommenen ‚turning point‘ um 1490 in Leonardos Verhältnis zum Krieg will ich gerne anerkennen, späteres Interesse für Waffen und Taktik wird dadurch nicht ausgeschlossen. Weniger einsichtig ist Folgendes: Auch Versiero referiert die weit verbreitete Hypothese, Leonardo habe sein Bemühen um militärische Kenntnisse bereits aus Florenz mitgebracht und es schon 1482 bei seiner Bewerbung in Mailand zur Geltung gebracht. Diese Auffassung stützt sich auch bei ihm vornehmlich auf den angeblichen Bewerbungsbrief, dessen Datierung nach Carmen Bambach deutlich später liegt; ich hatte sie meinerseits bereits aufgrund von Indizien im Codex Madrid I in Frage gestellt.³⁸ Die meisten Biographien, auch die eingangs genannten von

35 Villata (wie Anm. 31), S. 45, Nr. 46: „Tetrastichon meum his litteris inclusum velim pro tua humanitate, mi Patruē, per unum ex famulis tuis Leonardo Florentino nobili statuario quamprimum meo nomine reddendum cures. Quod a me iam pridem ipse petierat, et ego receperam me facturum in statuam equestrem loricatam.“ Englische Übersetzung dieses Briefes und Diskussion bei Carlo Pedretti, *Bibliography and Documents*, in: *Achademia Leonardo da Vinci*, hg. von d. e. s., Bd. 4 (wie Anm. 28), S. 253 f.

36 Villata (wie Anm. 31), S. 46, Nr. 47, S. 57, Nr. 50.

37 Versiero, „Resistere a la furia“ (wie Anm. 17), S. 110. Vgl. d. e. s., 1482: Leonardo in transito, da Milano a Firenze, in: *Rinascimenti in transito a Milano*, hg. von Gabriele Baldassari u. a., Milano 2021, S. 94–121. Ich gehe auf die umfangreichen, sehr kenntnisreichen Beiträge Versieros nur kurz ein, obwohl er in meiner in Anm. 23 genannten Untersuchung noch nicht erscheint. Alle früheren Angaben zur Datierung des Briefes an Ludovico Sforza, darunter auch die von Bambach und Roeck, lese man in der HZ (wie Anm. 23).

38 Bambach (wie Anm. 3), Bd. 2, S. 134 f.; vgl. meine Einleitung zur Edition des Codex Madrid I, Bd. 3; S. 728 und Anm. 6–8.

Isaacson, Reinhardt, Roeck und Eckoldt, gehen jedoch problemlos von einem „Bewerbungsschreiben“ aus, das sie entweder vor 1482 ansetzen oder bald nach der Ankunft in Mailand 1482–1483. Beides ist entschieden zu früh. Man muss Leonardo die Zeit geben, seine genannten Kenntnisse in der Waffentechnik, in der Architektur und in den städtebaulichen Aspekten zu entwickeln. Die verbreiteten Vorstellungen von früheren Waffenstudien schon in Florenz nötigen zu schwierigen Hypothesen und immer neuen Formulierungen im Konditionalis. Es sind unsichere Stützen im Vergleich zu den sicheren Belegen für Leonardos umfangreiche Einarbeitung in Fragen der Gewölbetechnik und der militärischen Bewaffnung, wie sie vor allem aus dem Ms. B hervorgeht.

Hier noch einige ergänzende Hinweise. Erstens: Bambach plädiert wie zuvor der englische Kunsthistoriker Richard Schofield und Patrick Boucheron, Autor eines großen Buches über das Bauwesen in Mailand, für die Jahre 1483–1485–1487. Lange vor ihnen, schon 1795, hatte der italienische Physiker Giovanni Battista Venturi, der damals als erster über die Skizzenbücher Leonardos vor der Pariser Akademie der Wissenschaften referierte, als Datum „c. 1490“ angenommen. Er kam, wie mir scheint, der Wahrheit am nächsten, lieferte aber keine Begründung für seinen Ansatz. Wer nach Venturi zuerst von seinem Vorschlag Abstand nahm und die Idee des Bewerbungsschreibens in die Welt setzte, lasse ich offen.

Zweitens: Auch bei Leonardos Biographen des 16. Jahrhunderts findet sich für das frühe Datum 1482 keine Stütze. Die gewöhnliche Annahme, der Künstler habe sich schon in Florenz mit militärischen Dingen befasst, kann sich nicht auf frühere technische Zeichnungen berufen, die sicher datiert wären.³⁹ Viel besser sind deshalb die von Pietro Marani vorgetragenen Beobachtungen, die ein wachsendes Interesse für Kriegstechnik und Kriegsarchitektur erst in Mailand feststellen.⁴⁰ Leonardos frühester Biograph, der Anonimo Gaddiano um 1540, bemerkt zu Leonardos Übergang von Florenz nach Mailand lediglich:

„et haveva 30 anni che da ditto Magnifico Lorenzo fu mandato al Duca (sic) di Milano insieme con Atalante Migliorotti a presentarli una lira, che in quelli tempi unico era in sonare tale extrumento.“

„Er war 30 Jahre alt, als er von besagtem Magnifico Lorenzo zum Herzog (Regenten) von Mailand gesandt wurde, um ihm, zusammen mit Atalante Migliorotti, eine Leier zu präsentieren, da er zu dieser Zeit der einzige war, auf einem solchen Instrument zu spielen.“⁴¹

³⁹ Von Technik ist auch in dem Inventar der von Florenz nach Mailand mitgenommenen Zeichnungen (Villata [wie Anm. 31], S. 14–16; Nr. 18) nicht die Rede, mit Ausnahme von „certi strumenti per navili und certi strumenti d’acqua“.

⁴⁰ Pietro C. Marani, *L’architettura fortificata negli studi di Leonardo da Vinci, con il catalogo completo dei disegni*, Firenze 1984; ders., *Leonardiana. Studi e saggi su Leonardo da Vinci*, Milano-Ginevra 2010, S. 49–69 (architettura fortificata) und S. 287–301 (Verhältnis zu Francesco di Giorgio Martini).

⁴¹ Gemeint ist wohl die von Leonardo geschaffene Eigenkonstruktion, auf der nur er spielen konnte. Zitiert von Versieri, *Leonardo in transit* (wie Anm. 37), S. 111. Vollständiger Text bei Vecce (wie Anm. 9), S. 360–363. Vgl. Pietro C. Marani, *Lo sguardo e la musica. Il Musico nell’opera di Leonardo a Milano*, in: ders. (Hg.), *Leonardo da Vinci. Il Musico*, Milano 2010, S. 15–45.

Während im Februar 1482 den Biographen zufolge in Mailand Karnevalsstimmung herrschte, die der noch nicht fest installierte Regent Ludovico offensichtlich zur Steigerung seiner Beliebtheit nutzte, indem er mit dem begabten Lautenspieler Leonardo (auf einem von diesem selbst konstruierten Instrument) einen in Mailand noch unbekannten Künstler auftreten ließ (so im Kern Vasari in seiner *Vita Leonardos*), ergaben sich kriegerische Spannungen mit Venedig und Neapel erst im Laufe der nächsten Jahre.

Drittens: Leonardo bewarb sich also nicht als militärischer Berater. Er erhielt zunächst nur als Maler (1483–1484) einen großen Auftrag, zu dem eine reiche archivalische Überlieferung vorliegt.⁴² Erst danach beschäftigte er sich zunehmend mit architektonischen und stadtplanerischen Fragen in Mailand, auf die er in seinem Brief anspielt, nicht zuletzt unter Bezug auf seine noch laufende Bewerbung für den Kuppelbau (*tiburio*) des Mailänder Doms 1487–1489. Als Schüler des Florentiner Kunstgießers Verrocchio wird er sich mit der seit längerem anstehenden Frage eines großen Denkmals für Francesco Sforza ebenfalls beschäftigt haben. Einen Auftrag zu seinem Modell erhielt er aber erst 1489 vor dem 22. Juli. Seine brieflichen Angebote beruhen 1489 nicht auf „Dreistigkeit“, sondern auf ernsthaften Studien zur Waffentechnik und Architektur; 1482 hängen sie frei in der Luft.⁴³

4 Andrea Bernardoni, Leonardo ingegnere 2020

Andrea Bernardoni beschäftigt sich mit Leonardo als Ingenieur seit über zwei Jahrzehnten. Bei einer großen Ausstellung 2007 in Florenz fand seine dreidimensionale Darstellung der Gusstechnik für Leonardos Reiterstandbild (im Codex Madrid II, fol. 141–157 genau geschildert) viel Beachtung; im gleichen Jahr erschien sein einschlägiges Buch.⁴⁴ 2012 folgte ein Beitrag in der Zeitschrift „Nuncius“ des Istituto Galilei in Florenz über „Leonardo and the Chemical Arts“, 2013 ein Buch über seine Aufzüge im Baugewerbe („*Tirari e alzari*“), 2019 ein anregender Ausstellungskatalog unter dem Motto „Leonardo

⁴² Villata (wie Anm. 31), S. 19–34.

⁴³ Bambach (wie Anm. 3), Bd. 2, S. 134–135, ist schon auf einer ganz ähnlichen Spur: „I am inclined to concur with Gerolamo Calvi in dating it to about 1483–87, rather than the favored dating of about 1482–83 ..., given the similarity of contents to the Paris MS B and Codex Trivulzianus“. „In 1487, the annexation of Liguria to the duchy of Milan also brought to prominence the subject of naval warfare and defense ... It prompts me to speculate that Leonardo's ambitions were probably not about seeking employment as a military engineer, as is usually assumed.“

⁴⁴ Andrea Bernardoni, *Leonardo e il monumento equestre a Francesco Sforza. Storia di un'opera mai realizzata*, Firenze 2007. Hinzu kommen Bernardonis experimentelle Untersuchungen zur Gusstechnik: *Artisanal Processes and Epistemological Debate in the Works of Leonardo da Vinci and Vannoccio Biringuccio*, in: Sven Dupré (Hg.), *Laboratories of Art. Alchemy and Art Technology from Antiquity to the 18th Century*, Cham 2014, S. 53–78.

da Vinci e il moto perpetuo“ und schließlich, bald danach 2020, sein hier anzuzeigendes Buch über Leonardo als Ingenieur, eine Zusammenfassung der zahlreichen Vorstudien, die sich als ein erster umfassender Überblick von höchster Qualität erweist.⁴⁵

Das Buch, ausgestattet mit 85 Abbildungen und einer Bibliographie auf dem neuesten Stand, gliedert sich in vier Hauptabschnitte, zunächst Leonardo als Lehrling („*apprendista*“) in Florenz 1469–1482 (S. 23–48), dann Leonardo als werdender Ingenieur in Mailand 1482–1499 (S. 49–82), drittens Leonardo als gereifter, vor allem planender und beratender Ingenieur in stark wechselnden Beschäftigungsverhältnissen 1500–1519 (S. 83–112), viertens Leonardo als Technikwissenschaftler („*tecnologo*“), eine abschließende Würdigung aus wissenschaftsgeschichtlicher Sicht unter Einbeziehung der naturwissenschaftlichen Interessen Leonardos. Die am Ende angefügten Anmerkungen sind auf wenige Seiten beschränkt, die Quellen und wichtigsten Untersuchungen stattdessen regelmäßig in Klammern im Haupttext angezeigt. Die Gesamtleistung ist so bedeutend, dass eine Übersetzung ins Deutsche dringend zu wünschen ist.

Der vollständige Inhalt des Buches kann hier wohlgemerkt nicht näher kommentiert werden. Ich beschränke mich auf die zuvor besprochene Frage des Verhältnisses zu Ludovico Sforza und die Frage der Datierung des an ihn gerichteten Briefes, der angeblichen „*lettera di presentazione*“, aus der im Deutschen das „Bewerbungsschreiben“ von 1482 wurde. Bernardoni referiert am Ende des ersten Teils die vor allem in der italienischen Literatur dominierenden Hinweise auf ein wachsendes Interesse des kaum dreißigjährigen Kunstmalers Leonardo an technischen und technikwissenschaftlichen Fragen: Metallurgie und Gusstechnik seines Lehrers Verrocchio, Hebmascchinen des Filippo Brunelleschi, Hydraulik und Pneumatik, Mechanik astronomischer Uhren durch Kontakt mit Lorenzo della Volpaia und Carlo Marnocchi. Das alles auf fester dokumentarischer Grundlage. Hinzu kommt in den gängigen Darstellungen und so auch bei Bernardoni ein erstes Interesse des jungen Künstlers schon in Florenz für Kriegskunst und taktische Fragen von Belagerungstechnik und Verteidigung. In diesem Abschnitt häufen sich sprachlich die Aussagen im Konditionalis, die Verweise zielen auf undatierte Zeichnungen vor allem im Codex Atlanticus. Nicht berücksichtigt ist der Umstand, dass die Liste der Anfang 1482 von Florenz nach Mailand mitgenommenen Zeichnungen (Villata Nr. 19) von den militärischen Dingen nichts weiß, und auch die Beschäftigung mit Leonardos wichtigster Informationsquelle für die militärischen Dinge, der Übersetzung des Valturio durch Ramusio, erst seit 1483 in Mailand möglich war. Anders steht es in einem anderen Verzeichnis, einer sehr aufschlussreichen „To do-Liste“ von etwa 1490, die auch als Promemoria milanese-pavese bezeichnet wird (Villata Nr. 60; Vecce 1998, S. 92–96). Hier sieht man, wie Leonardos Wissensdrang sich nun ganz analog zum Ms. B auf die Architektur, die Stadtplanung und die Kontakte zu erfahrenen Geschützmeistern („*bombardieri*“) konzentriert. Marani verweist zusätzlich darauf, dass 1484 in

⁴⁵ Andrea Bernardoni, *Leonardo ingegnere*, Roma 2020. Vgl. auch Pascal Briost, *Léonard de Vinci. Arts, sciences et techniques*, Paris 2011; ders., *Léonard de Vinci, homme de guerre*, Paris 2013.

Mailand der bis dahin für das Festungswesen maßgebliche Ingenieur Bartolomeo Gadio starb und sich erst danach für Leonardo ein Freiraum öffnete, auch auf diesem Gebiet tätig zu werden.⁴⁶

Das oben schon besprochene Bemühen um Nachweise früher technischer Interessen schon am Ende von Leonardos Zeit in Florenz hat auch bei Bernardoni Auswirkungen auf die Bewertung von Leonardos Brief an Ludovico Sforza. Bernardoni distanziert sich nicht ausdrücklich von der älteren Einordnung, betont aber im Kapitel über die Mailänder Zeit durchaus die große Bedeutung der Studien im Codex B, die architektonischen wie die militärischen. Damit wird immer deutlicher, was schon Calvi 1925 andeutete, dass diese Handschrift früher entstanden sein muss als der Brief. Im Rahmen dieses Beitrags mag das genügen. Wer künftig zu Leonardo als Ingenieur forschen will, benötigt das Buch von Andrea Bernardoni und, wie gesagt, es sollte übersetzt werden.

5 Leonardos Anteil an Papst Leos X. Entwässerungsprojekt für die Pontinischen Sümpfe (1515)

Ein Hinweis auf Leonardos Anteil an einem Entwässerungsprojekt für die Pontinischen Sümpfe im Süden Roms fehlt in den zahlreichen Biographien fast nie. Wie kaum ein anderes weist dieses Projekt weit in die Zukunft, denn erfolgreich abgeschlossen wurde es bekanntlich erst in den 1930er Jahren: ein gutes Argument für den so beliebten legendären Visionär Leonardo. Doch wie groß war sein Anteil an diesem Projekt im Jahre 1514–1515 wirklich? Wie mir scheint, hängt die Antwort an vier relativ dünnen Fäden: a) der Überlieferung eines Plans der Sümpfe in Leonardos Nachlass, b) den Nachrichten über das Entwässerungsprojekt Papst Leos X., c) Leonardos Überlegungen zum Abfluss stehender Gewässer allgemein und d) der Einordnung in die zahlreichen anderen Aufgaben Leonardos während seines relativ kurzen und mehrfach unterbrochenen Aufenthaltes in Rom (Ende 1513 – Anfang 1516).

Zunächst der Plan: Die farbige Zeichnung aus der Vogelschau ist konzipiert wie ein Ausblick von der Höhe der östlichen Bergketten, aus denen zahlreiche Wasserläufe sich in die Ebene ergießen und nur schwer Abfluss ins Meer finden. Der Plan ist erhalten unter anderen Plänen Leonardos, die in die Sammlungen des Schlosses Windsor gelangt sind (Nr. 12684; Abb. in Farbe bei Bambach 3, S. 350). Die Schrift der eingetragenen Orts- und Flussnamen ist nicht autograph. Man nimmt an, dass sie von Francesco Melzi stammt, Leonardos wichtigstem Helfer in der späten römischen und französischen Zeit, der anschließend auch die Nachlassverwaltung übernahm. Da ähnliche Landschaftsdarstellungen aus der Toskana und Lombardei in Leonardos Nachlass erhalten sind und auch sie für die Orts- und Flussnamen nicht die charakteristische Linkshänderschrift

⁴⁶ Marani, *Leonardiana* (wie Anm. 40), S. 51 f.

Leonardos zeigen, handelt es sich nach bisheriger Ansicht um Arbeiten, die Leonardo nicht wie gewohnt nur für sich selbst, sondern für seine Auftraggeber verständlich gestalten wollte, eine gute Erklärung, die aber nicht sagt, wie hoch sein inhaltlicher Anteil anzusetzen ist.⁴⁷

Die urkundlichen Nachrichten über das Entwässerungsprojekt Papst Leos X. hat zuerst Nicola Maria Nicolai 1800 aus dem Vatikanischen Archiv veröffentlicht.⁴⁸ Danach schilderte 1911 der bekannte Leonardoforscher Edoardo Solmi den Ablauf des Unternehmens, den ich hier scharf zusammenfasse: Zunächst im Dezember 1513 (Ankunftszeit Leonardos in Rom) eine Zusage des Papstes an Guglielmo Caetani betreffend Entschädigung für dessen Fischereirechte, wenn es gelingen sollte, mit Hilfe der Vermessungsfachleute („geometrarum arte et industria“) die Sümpfe und Teiche trockenzulegen. Das Projekt bestand zu diesem Zeitpunkt schon. Ein halbes Jahr später überträgt der Papst, aufgeschreckt durch die Entwicklung der Kosten, das Unternehmen seinem Bruder Giuliano de' Medici. Er betraut ihn mit großen Vollmachten, um die absehbar großen Widerstände der Bevölkerung gegen die Einschränkung ihrer Nutzungsrechte in den Sümpfen überwinden zu können.⁴⁹

Leonardo steht in Giulianos Diensten. Der wird es nicht ungern gesehen haben, wenn neben den anderen Fachleuten und Feldmessern auch Leonardo als Hydrauliker seine Meinung zur Machbarkeit des Projektes darlegte. In diesem Zusammenhang dürfte der Plan entstanden sein. Leonardo hat, wie Solmi zeigt, vorausgehend schon in der Lombardei (Vigevano) und vor allem in der Toskana viel Erfahrung mit der Konzeption hydraulischer Großprojekte sammeln können, sich schriftlich jeweils aber nur zur Planung im Grundsätzlichen geäußert. Seine Darstellung der toskanischen Küste mit gebirgigem Hinterland, von der Mündung des Serchio bei Lucca bis zur Mündung des von Volterra herkommenden Flusses Santerno, darf zum Vergleich herangezogen werden. Das Format des Papiers ist dasselbe wie das der Pontinischen Sümpfe. Auch

⁴⁷ Karten mit autographischen Einträgen des Linkshänders Leonardo sind abgebildet bei Bambach (wie Anm. 3), Bd. 2, S. 330–332, Abb. 8,1–3 und 8,7. Auf der Abb. 8,5 (Codex Madrid II, fol. 23r–22v) ist der Text oben mit der linken Hand geschrieben, die Ortsnamen der Karte mit der rechten Hand.

⁴⁸ Nicola Maria Nicolai, *De' bonificamenti delle terre pontine libri IV*. Opera storica, critica, legale, economica, idrostatica, Roma 1800. Dort S. 128–134 die Versuche zur Trockenlegung von Leo X. bis Pius VI. (Der Band ist im Rahmen der True World Books in Indien nachgedruckt worden). Die neuere Studie von Antonio Linoli, *Twenty-six Centuries of Reclamation and Agricultural Improvement on the Pontine Marshes*, in: Christof Ohleg (Hg.), *Integrated Land and Water Resources Management in History*, Siegburg 2005 (Schriften DWHG, Sonderbd. 2), S. 27–56, geht auf die Zeit Leos X. nur kurz ein. Der Artikel „Pontinische Ebene“ bei Wikipedia übergeht sie ganz, nennt aber Goethes Reiseeindrücke und seine berühmten Verse: „Ein Sumpf zieht am Gebirge hin ...“.

⁴⁹ Edmondo Solmi, *Leonardo da Vinci e i lavori di prosciugamento delle Palude Pontine ai tempi di Leone X (1514–1516)*, in: *Archivio Storico Lombardo* 38 (1911), S. 65–101. Reprint in: ders., *Scritti vinciani*, Firenze 1924, S. 301–336 = ders., *Scritti vinciani. Le fonti dei manoscritti di Leonardo da Vinci e altri studi*, Firenze 1976, S. 573–608, bes. S. 596.

beim Santerno geht es um eine Begradigung des Flusses im Mündungsbereich.⁵⁰ Der Anteil von anderen Feldmessern, von Leonardos Schülern und Mitarbeitern ist erheblich, im Einzelnen aber schwer zu bestimmen.

Wir erinnern uns: Für sein Wasserbuch sah Leonardo auch ein Kapitel über die Trockenlegung von Teichen in Küstennähe vor. Ob er die nachfolgend zitierten Beobachtungen in seinem Skizzenbuch E, fol. 5r schon früher allgemein oder erst später speziell zu den Pontinischen Sümpfen notiert hat, bleibt deshalb offen:

„De atterramento de' padoli.

Lo atterramento de' paduli saran fatti, quando in essi paduli fien condotti li fiumi torbidi. Questo si prova, perché dove il fiume corre, di lì leva il terreno, e dove si ritarda, qui lascia la sua turbolenza; e questo è, perché ne' fiumi mai l'acqua si ritarda come ne' paduli, ne li quali l'acque son di moto insensibile.

Ma in essi paduli il fiume debbe entrare per istretto loco, basso e stretto, e uscire per ispazio largo e di poca profondità; e questo è necessario, perché l'acqua corrente del fiume è più grossa e terrestre di sotto che di sopra, e l'acqua tarda de' paduli ancora è simile, ma molto è differente la levità superiore delli paludi alla gravità inferiore.

Adunque è concluso che il palude s'atterrerà, perché di sotto riceve acqua turba e di sopra sgombra acqua chiara dall'opposita parte d'esso padule. E per questo tal palude per necessità alzerà il suo fondo mediante il terren, che sopra di lui al continuo si scarica, ecc.“

„Vom Verlanden der Sümpfe.

Sümpfe verlanden, wenn man Ableitungen für ihre trüben Gewässer hindurchführt. Hier der Beweis: Da wo der Fluss läuft, spült er Erdreich mit, und da wo er langsamer wird, verliert er seine Turbulenz. Das ist so, weil das Wasser in den Flüssen nie stillsteht wie in den Sümpfen, wo man seine Bewegung kaum spürt.

Der Fluss muss jedoch in den Sumpf an einer niedrigen und engen Stelle einfließen und an einer breiten, flachen Stelle ausfließen. Das muss so sein, weil das Fließwasser unten schwerer und erdhaltiger ist als oben und weil das langsame Sumpfwasser zwar ähnlich ist, die obere Leichtigkeit sich aber stark unterscheidet von der unteren Schwere.

Daraus lässt sich schließen, dass der Sumpf verlandet, weil er unten trübes Wasser erhält und oben klares Wasser aus dem entgegengesetzten Teil des Sumpfes auslässt. Deshalb steigt der Sumpfboden zwangsläufig an durch das Erdreich, das sich oberhalb ständig absetzt, etc.“⁵¹

⁵⁰ Solmi, Scritti vinciani 1976 (wie Anm. 49), S. 586 zitiert einen Text aus dem Codex Atlanticus alt fol. 139r (neu 384r?). Es gehe um den „modo di seccare il padule di Piombino“. Vgl. Ludwig Heydenreich, *Der Militäringenieur*, in: Leonardo der Erfinder, Stuttgart-Zürich 1981, S. 26 und Pedretti, Leonardo architetto (wie Anm. 31), S. 247–249 (mit Abb. des Plans der Pontinischen Sümpfe in s/w). Pedretti verweist zusätzlich auf allgemein gehaltene Sätze im Codex Atlanticus, fol. 457r und 762r (alt 167v–a und 281r–a), die man in seiner dreibändigen Volksausgabe des Codex Atlanticus von 2000 transkribiert findet (Bd. 2, S. 855 f., Bd. 3, S. 1471–1473). Nur die erste Seite ist einschlägig (*De' fiumi che versan in mare*, siehe unten Anm. 51). Die zweite Seite handelt vom Einfluss der Gezeiten bei Antwerpen, von dem er nur gehört haben kann. Vgl. die Angaben in dem neuen Forschungsinstrument LeonardoThek@ fol. 384r.

⁵¹ Leonardo, Skizzenbuch E, fol. 5 (hier nach der Internetausgabe e-leo, Sfogliata, Mss. Paris Institut de France. Ich verzichte auf weitere einschlägige Ausführungen im Codex Atlanticus, fol. 474 (alt 167v–a): von Flüssen, die ihr Wasser ins Meer schütten, sowie: Von geraden Flüssen, und Codex Atlanticus, fol. 762r (alt 281r–a): Vom Ein- und Rückstrom des Meeres und seinen Veränderungen mit drei Skizzen. Da Leonardo seine Beobachtungen in allgemeiner Form mitteilt, ist es schwer, sie auf eine bestimmte Stelle seiner Interventionen zu beziehen.

Am ausführlichsten und konkretesten sind die Überlegungen zum selben Thema im Codex Leicester, fol. 2v. Wegen ihrer Länge gebe ich sie hier nur in einer verkürzten Übersetzung:⁵²

„Will man ein stehendes Gewässer ins Meer leeren, muss es höher liegen als das Meer, denn das Wasser würde nicht dorthin abfließen ... Also riegelt man den Ausfluss des Gewässers ins Meer ab, und der Fluss, der trüb in dieses Gewässer kommt, da er es mit geringer Bewegung erreicht, wird seine Sinkstoffe auf dem Grund des Gewässers ablagern und so dessen Tiefe in kurzer Zeit größtenteils aufgefüllt haben, so dass dann, wenn die Schleuse an der Grenze zum Meer geöffnet wird, das Wasser abfließen und den Grund der Luft aussetzen wird. Wird dieser dann genügend ausgetrocknet sein, können wir dort dem Fluss, der zuerst dieses Gewässer bildete, einen Kanal anlegen und den Grund für den Ackerbau nützen ...“

Die Empfehlungen im Codex Leicester gehen noch weiter. Ein zu niedriger Fluss in der Nähe des stehenden Gewässers sollte aufgestaut werden, um an Höhe zu gewinnen, oder verengt werden, um dasselbe zu erreichen. Flutwasser des Meeres würde durch die Schleuse abgeriegelt. Ähnlich ist man tatsächlich im Fall der Pontinischen Sümpfe bei Terracina verfahren. Auf der Karte der pontinischen Sümpfe liegt das Augenmerk insbesondere im Mündungsbereich des sogenannten Portatore, des Hauptvorfluters in der Nähe dieser Stadt. Der Portatore entspricht nahezu dem Mündungsbereich des heutigen Flusses Sisto westlich der Stadt. Die Karte setzt den Namen Badino. Der gewundene Fluss sollte dort begradigt werden, was in den nächsten Jahren auch gelungen ist. Es geschah allerdings nicht unter der Leitung Leonardos, sondern unter der eines Praktikers aus dem norditalienischen Como, des Franziskaners Frate Giovanni Scotti.⁵³

Mehr ist zu Zeiten Leos X. nicht gelungen. Die notorisch leeren Kassen dieses Papstes hatten schon dazu geführt, dass er Ende 1514 das ganze Projekt seinem Bruder Giuliano übertragen hatte.⁵⁴ Dessen früher Tod im März 1516 bedeutete praktisch das Ende des Projekts. Unausgeführt bzw. unberührt blieb vor allem der lange gewundene Wassergraben, der sich auf dem Plan hinter dem ersten Dünenband fast bis zum Monte Circeo hinzieht.

Solmi bemerkte 1911, die Manuskripte Leonardos blieben stumm bezüglich des ersten Erfolges der Trockenlegung bei Terracina. Das trifft zu, aber zumindest allgemeine Prinzipien zur Methode der Trockenlegung eines Teils der Sümpfe in Meeresnähe finden sich bei Leonardo durchaus. Sein Plan aus der Vogelschau, wenn er denn von

⁵² Vgl. Schneider (wie Anm. 14), Blatt 2 B.

⁵³ Solmi, Scritti vinciani 1976 (wie Anm. 49), S. 603 f., 606 f.

⁵⁴ Zu den Finanzen Leos X. vgl. u. a. Geschichte der Päpste seit dem Ausgang des Mittelalters. Mit Benutzung des päpstlichen Geheim-Archives und vieler anderer Archive, Bd. 4: Geschichte der Päpste im Zeitalter der Renaissance und der Glaubenspaltung, von der Wahl Leos X. bis zum Tode Klemens' VII. (1513–1534). Abt. 1: Leo X., bearb. von Ludwig von Pastor, Freiburg i. Br. 1906, S. 362–371, beginnend mit dem schönen Satz: „Verhängnisvoll für die mit so viel Klugheit, Verstellung und Scharfsinn verfolgten politischen Ziele des Papstes wurde seine grenzenlose Freigebigkeit, ohne welche auch der geschickteste Staatsmann im entscheidenden Augenblick nichts erreichen kann.“

ihm entworfen wurde, dürfte sich allerdings auf bereits vorliegende Aufzeichnungen der von Leo X. genannten Landvermesser gestützt haben. Es ist m. E. unwahrscheinlich, dass Leonardo im fortgeschrittenen Alter die Landschaft von den verschiedenen Bergketten aus selbst inspiziert hat. Nur das Entwässerungsprojekt an sich und die Frage des Ausflusses ins Meer bei schwierigen Niveaueverhältnissen haben ihn interessiert. Dafür zeugt vor allem ein Eintrag unter den Papieren des Codex Atlanticus, fol. 457r:⁵⁵

„De' fiumi che versan l'acqua in mare.

Delle acque rette, d'equal corso e larghezza, sopra pian fondo, e distanza dal mare, quell si farà più declinante superfizie, alla qual fia aggiunto più abbondante quantità d'acqua.

De' fiumi diritti.

Quell'acqua è di più tardo corso che è più presso al fondo, essendo il fondo piano e di larghezza uniforme.

De' fiumi che hanno il fondo più basso che la superfizie dell'acqua marina, non ne corre se non quell'acqua ch'è sopra essa marina. E questo ci è manifesto per la nona che dice: „l'acqua d'equale altezza non ha per sé moto“, e per la conversa, arà moto quella che è d'altezza ineguale, con tanta maggiore o minore velocità, quanto la inegualità fia di maggiore o minore differenza.“

„Über Flüsse, die ihr Wasser ins Meer gießen.

Von geraden Gewässern gleichen Laufes und gleicher Breite. Auf ebenem Grund gleich weit vom Meer schaffe man eine abfallendere Oberfläche vermehrt durch eine reichlichere Wassermenge.

Von geraden Flüssen.

Langsamer fließendes Wasser liegt näher am Boden, wenn der Grund eben und gleich breit ist.

Von Flüssen mit Grund, der tiefer liegt als die Oberfläche des Meerwassers, fließt nur das Wasser ab, das über dem Meeresspiegel liegt. Das wird deutlich durch den neunten Satz, der lautet: ‚Wasser gleicher Höhe bewegt sich nicht‘ und umgekehrt bewegt sich Wasser auf ungleicher Höhe mit umso größerer oder geringerer Geschwindigkeit, wie sich die Ungleichheit aus dem größeren oder kleineren Unterschied ergibt.“

Erneut finden wir mit dem „neunten Satz“ einen Verweis auf Leonardos verlorene theoretische Vorarbeit. Er vertieft seine Beobachtungen zum Abfluss des stagnierenden Wassers. Solmis Darstellung entfaltet demgegenüber ein reiches Angebot von Zitaten aus den kunstvoll in langen Satzperioden gestalteten Erlassen des Papstes. Die Geschichte der schädlichen Sümpfe erscheint dort in gepflegtem Latein.⁵⁶ Solmi wie vor ihm schon Nicola Nicolai in seiner Gesamtdarstellung der Pontinischen Sümpfe von

⁵⁵ Text nach Leonardo da Vinci. Il Codice Atlantico della Biblioteca Ambrosiana di Milano, trascrizione critica di Augusto Marinoni, presentazione di Carlo Pedretti, Firenze 2000, 3 Bde., Bd. 2, S. 855 f.

⁵⁶ Solmi, Scritti vinciani 1976 (wie Anm. 49), S. 596: „Et cum mente inter ardua agentes recolimus, pigram paludem Pomptinam late campos, uberemque tellurem iamdiu subter atras et putres aquas ingementem occuluisse, ut Appiam straturam celeberrumque forum Romani Censoris, operaque necnisi visu credibili et pagos vigintiquatuor diverserit, victumque ac vitam colonis finitimis denegaverit, urbi-que huic, quod memoratur, iuvamen abstulerit, aeremque infecerit ...“. Wie man sieht, betrachtete auch Leo X. die Pontinischen Sümpfe als verantwortlich für die sommerlichen Fieberepidemien in Rom, dies trotz der relativ großen Entfernung. Den näher bei Rom liegenden Teil der Via Appia von Albano bis Cisterna di Latina untersucht Arnold Esch, Römische Straßen in ihrer Landschaft, Mainz 1997, S. 3–25. Zur Versumpfung und Verlagerung der Verkehrsachse ebd. S. 4–6.

1800 betont außerdem den energischen Widerstand der örtlichen Bevölkerungen, der letztlich weitere Erfolge verhinderte.

Die einschränkenden Schlussfolgerungen bezüglich der unmittelbaren Beteiligung Leonardos an der Ausführung des Projekts lassen sich insofern noch abstützen, als Leonardo sich seitens seines mächtigen Protektors in Rom zahlreichen anderen Aufträgen und Ablenkungen ausgesetzt sah. Ihm blieb im Rahmen der beiden Jahre 1514–1515 für ein längeres Studium der Pontinischen Sümpfe vor Ort kaum Zeit. Wesentlich hierfür sind seine weite Reise bis ins norditalienische Parma, in Begleitung seines Dienstherrn, und ein längerer Aufenthalt in Florenz Mitte 1515 mit einem Abstecher nach Bologna, dazu ein Besuch der Ruinen des römischen Hafens von Civitavecchia mit Planung eines neuen Hafens ebendort (Codex Atlanticus, fol. 180v, 267v). Carlo Vecce nennt für die relativ kurze römische Zeit außerdem Leonardos Aufzeichnungen zu geometrischen Spielen (Codex Atlanticus, fol. 244r, 455r), einen Besuch der –Antiquitätensammlung Papst Innocenz' VIII. im Vatikan, Experimente zur Akustik in der Engelsburg (Codex Atlanticus, fol. 253v), und allerlei seltsame Zerstreuungen, auf die Vasari mit der Bewertung Verrücktheiten („pazzie“) anspielt. Auch die in Rom deutlich hervortretende Rivalität zu Raphael sei nicht vergessen.⁵⁷ Soweit man die Dinge kennt, kommen noch hinzu Arztbesuche sowie anatomische Arbeiten in einem römischen Spital, die ihm Häresievorwürfe einbrachten.⁵⁸ Ob seine ausführliche „Descrizione del diluvio“ auch in die römische Zeit fällt und mit einer Reise nach Piombino zusammenfällt, wie man vermutet hat, sei dahingestellt.⁵⁹ Ein weiteres wichtiges Gebiet, das er im Auftrag seines Dienstherrn Giuliano de' Medici in Rom bearbeiten sollte, ist schließlich noch nicht berücksichtigt.

6 Die Studien zur Nutzung der Sonnenenergie

Wie stark Leonardo von seinem römischen Dienstherrn, dem Bruder Papst Leos X. Giuliano de' Medici, während der Jahre 1514–1515 in Anspruch genommen wurde, zeigt sich besonders deutlich auf einem Gebiet, dessen Studium er bereits seit 1508 aufgenommen hatte und wo er nun offenbar zur praktischen Anwendung kommen wollte oder sollte. Es ist das Gebiet der Brennspiegel, das die Gelehrten seit der Antike beschäftigte, in arabischer Zeit intensiv gepflegt worden war und seit dem 13. Jahrhundert auch in West-

⁵⁷ Carmen Bambach, Leonardo and Raphael in Rome in 1513–16, in: Late Raphael. Proceedings of the International Symposium/Actas del congreso internacional, hg. von Miguel Falomir, Madrid 2013, S. 26–37.

⁵⁸ Domenico Laurenza, Leonardo. L'anatomia, Milano 2009, dt. Stuttgart 2009, S. 158–171.

⁵⁹ Vecce (wie Anm. 9), S. 305–330. Zur römischen Zeit siehe ausführlich Bambach (wie Anm. 3), Bd. 3, S. 309–396 und kürzer Roeck (wie Anm. 2), S. 297–314. – Bekannt ist, dass eine vollständige Sanierung der Pontinischen Sümpfe erst in den 1930er Jahren gelungen ist.

europa wieder viel Aufmerksamkeit auf sich gezogen hatte.⁶⁰ Wie es scheint, legte Giuliano auf diese Studien besonderen Wert, seit er im Sommer 1515 als Oberbefehlshaber die Leitung der päpstlichen Streitkräfte übernommen hatte. Jedenfalls entschuldigt sich Leonardo bei ihm in mehreren Briefentwürfen der Monate Juli – August 1515, dass es zu Verzögerungen gekommen sei und er den Wünschen seiner Exzellenz nicht vollständig genügen konnte. Begründung: Der ihm von Giuliano bereitgestellte Helfer, ein deutscher Schlosser namens Georg (Giorgio), arbeite nicht so, wie er sollte. Ein weiterer Deutscher, der Spiegelmacher Johannes, spähte die geheimen Forschungen Leonardos aus und verklagte ihn darüber hinaus beim Papst wegen seiner Anatomie.⁶¹

Worum es ging, zeigt sich deutlich in Leonardos Skizzenbuch G. Ab fol. 70v geht es dort um die Herstellung großer Brennspiegel, das Ziehen von Kupferstreifen auf einer Ziehbank, das Biegen und Zusammenlöten der Streifen, die Versteifung des Kupferbleches, das Glätten und Beschichten der Spiegelfläche.⁶² Die Herstellung großer Brennspiegel blieb noch lange eine schwierige und teure Aufgabe. Eine längere Rechnung prognostiziert fol. 85 eine sehr hohe Wärmekonzentration. Im Text benutzt Leonardo Geheimschrift: „Alifart = trafilä“ (Zieheisen), „aingi“ meint den Brennspiegel „ignia“. Hinzu kommen die gängigen Bezeichnungen der Alchemisten für die Metalle. Geheimhaltung in dieser Sache war Leonardo wichtig, denn mit den Brennspiegeln verband sich immer noch die Hoffnung, sie auch im Seekrieg einsetzen zu können. Die Legende von Archimedes, der mittels Brennspiegeln die römische Flotte vor Syrakus in Brand gesetzt habe, blieb noch lange im Umlauf. Sie mag das besondere Interesse des zum Kapitän des Heeres der Kirche ernannten Giuliano erklären. Auch an Einsatz im zivilen Handwerk war zu denken, Leonardo nennt die Kalkbrennerei. Wir nehmen an, dass er in dieser Sache einen besonders dringlichen Auftrag erhalten hatte und sich deshalb für die Verzögerung entschuldigen musste.

Wann Leonardo seine Studien zum Bau leistungsstarker Solarspiegel aufnahm, ergibt sich am besten aus dem Anfang seines Skizzenbuches Paris F, das er nach eigener Angabe 1508 begonnen hat. Dort stehen die „specchi concavi“, die Hohlspiegel, an der Spitze einer langen Liste von Themen und Autoren, mit denen er sich noch beschäftigten

⁶⁰ Dietrich Lohrmann, Brennspiegel. Von Alhazen zu Leonardo da Vinci, in: *Micrologus. Nature, Sciences and Medieval Societies*, Bd. 29: Arabic and Latin Perspective, Firenze 2021, S. 35–80; ders., Europas Hoffnung auf den Brennspiegel im 13. Jahrhundert, in: *HZ* 304 (2017), S. 601–630.

⁶¹ Ders., Leonardo da Vinci, zwei deutsche Handwerker und ein Beschwerdebrief an Giuliano de' Medici (1515), in: *QFIAB* 92 (2012), S. 270–307, bes. S. 292–296. Weiteres bei Sara Tagliagamla, Leonardo e la scienza a Roma. Il sogno dell'unità tra pratica e teoria, in: *Illuminating Leonardo. A Festschrift for Carlo Pedretti Celebrating his 70 Years of Scholarship (1944–2014)*, hg. von ders./Constance Moffart, Leiden-Boston, 2014, S. 155–191, bes. S. 183–186.

⁶² Abbildungen von Ms. G, fol. 72r–71v, 75r–74v, 81v, 84r–83v, 88r–87v bei Bambach (wie Anm. 3), Bd. 3, S. 358–360. Transkription und Deutung von fol. 74v bei Thomas Kreft/Dietrich Lohrmann, Anhang. Leonardos Brennspiegel im Pariser Manuskript G, in: *QFIAB* 92 (2012), S. 301–306. Bambach datiert die berühmte Darstellung von Leonardos Brennspiegel im Codex Arundel, fol. 84vr–88r „closer to about 1513–14“.

will. In demselben Skizzenbuch sieht man, von welcher allgemeinen Basis aus er sich an das Thema heranarbeitete. Zunächst die Sonne selbst. In F, fol. 5r und 4v formuliert er Sätze, die er als „Lob der Sonne“ („laude del sole“) bezeichnet. Er könne nicht umhin, viele Denker des Altertums zu tadeln, darunter auch den von ihm offenbar hochgeschätzten Epikur, weil sie behaupteten, die Sonne sei nicht größer, als sie erscheine.⁶³ Auch wundert er sich, dass Sokrates von ihr geringschätzig gesprochen habe. Dann fügt er an:

„Ma io vorrei avere vocaboli che mi servissino a biasimare quelli che vollon laldare più lo adorare li omini che tal sole ... Tutte l'anime discendan da lui, perché il caldo ch'è in nelli animali vivi, vien dall'anime e nessuno altro caldo né lume è nell'universo, come mostrerò nel quarto libro.“

„Ich wünschte, ich fände Worte zur Zurechtweisung derer, die die Anbetung von Menschen mehr loben möchten als die Anbetung der Sonne ... Alles Belebte rührt von ihr, denn die Wärme, die in den Lebewesen ist, kommt von dieser Lebenskraft. Auch gibt es keine andere Wärme- oder Lichtquelle im Weltall, wie ich im vierten Buch zeigen werde.“

Im Ms. G, fol. 34 kommt er in eiliger Rötelschrift auf die Spiegel zu sprechen. Es geht um den Beweis, dass die Sonne von Natur warm ist, nicht nur virtuell. Am Rand notiert er außerdem eine praktische Schlussfolgerung, die sich gegen eine falsche Annahme richtet:

„Che 'l sol sia in sé caldo per natura e non per virtù, si dimostra manifestamente per lo splendore del corpo solare, nel qual non si può fermare l'occhio umano. E oltre a di questo manifestissimamente lo dimostrano li suoi raggi riflessi dalli specchi concave, li quali quando la loro percussione sarà di tanto splendore che l'occhio nol possa sopportare, allora essa percussione avrà splendore simile al sole nel suo proprio sito. E che sie vero prova che se tale specchio ha la sua concavità tal qual si richiede alla generazione di tale razzo, allora nessuna cosa creata reggerà alla caldezza di tale percussione di razzo riflesso dal detto specchio. Il razzo dello specchio concavo passato attraverso delle finestre delle fornace, dove son fonduti i metalli, non acquista caldezza, né ancor n'acquisterà passando per la spera del foco.“

„Dass die Sonne an sich von Natur her warm ist und nicht nur virtuell, zeigt sich deutlich am Glanz des Sonnenkörpers, in den das menschliche Auge nicht anhaltend blicken kann. Darüber hinaus beweisen das sehr deutlich auch die durch Hohlspiegel zurückgeworfenen Strahlen. Hat ihr Rückprall einen solchen Glanz, dass das Auge ihn nicht aushalten kann, so erlangt dieser Rückprall eine ähnliche Strahlkraft wie die Sonne an ihrem Standort. Die Wahrheit dessen beweist, dass wenn ein solcher Spiegel eine konkave Oberfläche hat, wie sie zur Erzeugung eines solchen Strahls erforderlich ist, nichts Erschaffenes die Wärme des beim Anprall von dem Spiegel reflektierten Strahls ertragen kann. Der Strahl des Hohlspiegels, der durch die Öffnungen von Gießereiofen fährt, gewinnt dort nicht an Wärme hinzu und tut es auch nicht in der Sphäre des Feuers.“⁶⁴

⁶³ Englische Fassung der Praise of the Sun bei McCurdy, (wie Anm. 13), Bd. 1, S. 295 f. Dort weitere Stellen aus Ms. F über die Größe der Sonne bei Epikur. Die Herkunft dieser Epikurkenntnis scheint ungeklärt zu sein. Vgl. Bambach (wie Anm. 3), Bd. 3, S. 3, 265.

⁶⁴ Ich benutze mit einigen Anpassungen die Übersetzung von Lücke (wie Anm. 8), S. 196. Der italienische Text stammt aus dem Internet unter e-leo, Sfogliala, Ms. G. Englische Fassung bei McCurdy (wie Anm. 13), Bd. 1, S. 306.

Ein zentrales optisches Problem hat Leonardo besonders beschäftigt, die Abschattung der Sonnenstrahlen, die sich ergab, wenn die Strahlen zuerst den Rezeptor der Wärme trafen, dann erst den konzentrierenden Hohlspiegel. Die Rückseite des Rezeptors drohte dann die einfallenden Strahlen abzufangen, bevor sie den Hohlspiegel erreichten und durch ihn konzentriert wurden. Mit diesem Problem bei Leonardo hat sich jüngst Thomas Kreft auseinandergesetzt.⁶⁵ Er drückt das Problem so aus: „Ein Parabolspiegel bündelt die Strahlung nur dann im Brennpunkt, wenn sie parallel zur Mittelachse einfällt. Unerquicklich ist dabei, dass ein zu erwärmender Gegenstand seinen eigenen Schatten auf den Spiegel wirft.“

Um den Spiegel frei vom Schatten des zu erhitzenden Objekts zu halten, bedarf es, so Kreft, klarer theoretischer Vorstellung. Leonardo scheine der erste zu sein, der einen Parabelzirkel zeichnete (Codex Atlanticus, fol. 1093r). In etwa fünfjähriger Vorarbeit seit 1508 habe er sich solche Vorstellungen erworben. Er konstruierte Parabeln geometrisch und legte dabei die Winkelhalbierung fest (ebd., fol. 240v). Eine seiner Hauptskizzen ebd., fol. 750r zeigt die Konstruktion einer exzentrischen Parabel mit ausführlichem Text (erstmalig vollständig mit deutscher Übersetzung bei Kreft S. 332–335), wobei ausdrücklich vom „punto del concorso“ bzw. „concorso di razzi“ (Zusammenlauf der Strahlen) die Rede ist, der Terminus *parabola* im Sinne von Parabolspiegel allerdings noch nicht fällt. Schließlich geht es 1514–1515 um den praktischen Einsatz. Auf demselben fol. 750r des Codex Atlanticus beschreibt Leonardo eine Feuerschale („vaso ignio“), mit der er, wenn man verschiedene Stellen zusammenfasst, löten, Kalk brennen und diverse Metalle im Dienst des erwähnten Magnificus Giuliano de’ Medici schmelzen will.

Zur Redaktion seines angekündigten Buches über die Sonnenwärme ist Leonardo nicht mehr gekommen. Leonardos Dienstherr Giuliano starb im März 1516 nach längerer Krankheit, womit auch die von ihm geförderten und in Auftrag gegebenen Projekte endeten.⁶⁶

Zusammenfassung

Dank seinem weit verstreuten, jetzt besser zugänglichen Nachlass erkennt man die einzelnen Aktivitäten eines Leonardo da Vinci heute wie unter einer Lupe, und doch ist die Auseinandersetzung mit seinem wissenschaftlichen Erbe keineswegs abgeschlossen. Das fünfhundertjährige Jubiläum von Leonardos Todesjahr erbrachte zwar eine reiche

⁶⁵ Thomas Kreft, Leonardo da Vincis Berechnung und Verwendung exzentrischer Parabolspiegel zur Nutzung der Sonnenenergie, in: Archiv für Kulturgeschichte 103 (2021), S. 323–339.

⁶⁶ Insgesamt beschäftigte sich Leonardo mit den Solarspiegeln und ihren optischen Grundlagen auf über 200 Seiten. Ihre dringend benötigte, derzeit hochaktuelle Sammlung und Deutung durch Dr. Thomas Kreft konnte leider 2020–2021 nach doppelter Ablehnung durch die DFG nicht fortgesetzt werden. Dr. Kreft musste seine erfolgreiche wissenschaftliche Tätigkeit abbrechen.

Ernte neuer Veröffentlichungen, darunter als Summe die vierbändige Monographie von Carmen Bambach sowie kommentierte Neueditionen seines Codex Madrid I und des Codex Leicester, doch sind sämtliche Probleme, die uns der Nachlass Leonardos stellt, dadurch keineswegs gelöst. Zu arbeiten ist insbesondere noch an der Rekonstruktion zahlreicher begonnener und geplanter Schriften, abzuwägen aber auch, wie weit konkrete Planungen, die mit Leonardo in Zusammenhang gebracht werden, wirklich von ihm allein geleistet werden konnten, ohne Hilfe seiner Mitarbeiter oder anderer Fachleute. Diese Mitarbeiter stehen zu sehr im Schatten. Zudem haben sich Vorstellungen wie die zu seinem Übergang von Florenz nach Mailand 1482 viel zu lange ungeprüft erhalten. Dies, obwohl reiches Material aus den nachfolgenden Jahren vorliegt: Material, das seine Einarbeitung in die Kriegstechnik erst wesentlich später anzeigt. Die Qualifikationen, die Leonardo in seinem Brief an Ludovico Sforza aufführt, hat er sich erst während der 1480er Jahre in Mailand erarbeitet. Somit zeugt dieser Brief nicht von „Dreistigkeit“, sondern gehört aufgrund der genannten Zeugnisse zum Jahr 1489 und nicht zum Übergang nach Mailand 1482. Die Arbeitsweise Leonardos und der Umgang mit seinen Quellen bleiben ein spannendes Forschungsfeld.

Abbildungsnachweise

Abb. 1: Bambach, Bd. 2, Abb. 6.86.

Abb. 2: Bambach, Bd. 2, Abb. 6.89.

Abb. 3: Bambach, Bd. 2, Abb. 6.87.

Anhang

Leonardos Sichelkampfwagen

Leonardos flüchtige Zeichnung im frühen Ms. B, fol. 10r (Abb. 2) dürfte abgeleitet sein von dem vierrädrigen Wagen des Holzschnittes bei Valturio/Ramusio (Abb. 1), doch herrscht auf seinem Kriegswagen schon deutlich mehr Bewegung. Bekannt und stürmischer sind seine zweirädrigen „Kampfsulkis“ in London (Abb. 3) und Turin (Bambach 2, Abb. 6.84). Sie bringen technische Details wie Umlenkgetriebe und rotierende Stangen zum Antrieb der großen rotierenden Sicheln vor den galoppierenden Pferden. Leonardo prüft auf diese Weise die Realisierbarkeit solcher Kriegswagen. Im Gegensatz zu der bekannteren Zeichnung in Turin ist der gesenkte Kopf des hinteren Pferdes in der Londoner Fassung nicht ausgezeichnet. In beiden Zeichnungen fehlt für die weit nach vorn verlagerten Sicheln und ihre Stangen eine ausreichende Halterung; die Riemen an den Pferden dürften nicht ausreichen. Zudem macht die Frontstellung der Sicheln nur Sinn, wenn die Pferde nicht ihretwegen scheuen, eine Gefahr, die schon Livius in seiner Beschreibung der Schlacht von Magnesia 190 v. Chr. angezeigt hatte und die auch Leonardo nach Valturio/Ramusio in seinem Text vermerkte.

Weitere zeitgenössische Darstellungen von Sichelwagen finden sich in der Luxushandschrift Valturios für Sigismundo Pandolfo Malatesta (Vat. Lat. Urb. 281, fol. 143rv) und in einer Handschrift des Francesco di Giorgio Martini, dort mit aufgesetzter nackter Gestalt des Kriegsgottes Mars, sein Schwert hoch durch die Luft schwingend (insgesamt 10 Sicheln; Bambach 2, Abb. 6.89). Die Handschrift Vat. Lat. Urb. 281 zeigt zwei farbige Darstellungen von vierrädrigen Sichelwagen mit Kriegerern im Rahmen schöner italienischer Landschaften. Diese Darstellungen sind bisher unveröffentlicht, aber im Internetangebot der Biblioteca Vaticana zugänglich. Ein vierrädriger Wagen wird gezogen von starken Stieren, der andere Wagen von kraftvollen Pferden wie bei Valturio. Beide erscheinen viel dynamischer als auf den Holzschnitten des Erstdruckes von 1472, wirken jedoch weniger furchterregend als Leonardos Ausführungen in London und Turin, da die weit vorgeschobenen Sicheln fehlen. Insgesamt erstaunt im Verhältnis zu Leonardos reservierter Einschätzung des militärischen Nutzens in seinem oben zitierten Text, wieviel zeichnerische Inspiration und technische Details er auf seine mindestens vier Zeichnungen von Sichelwagen aufgewandt hat.