

Klaus Winkler

Der Ingenieur Salomon de Caus

400 Jahre „Les Raisons des Forces mouvantes“

Um Salomon de Caus, einen Mann mit vielen Talenten und Interessen, ranken sich zahlreiche Legenden. Einige Aspekte seines Schaffens wurden in den Rang von bedeutender Großartigkeit erhoben, andere fielen unter den Tisch. So entstanden schiefe Bilder, die es zurechtzurücken gilt. Beim aufmerksamen Quellenstudium und Lesen seiner hinterlassenen Schriften schiebt sich ein anderes und keineswegs unbedeutenderes Bild in den Vordergrund: das Bild des frühneuzeitlichen Ingenieurs.

In Heidelberg ist de Caus fast nur als Erbauer des legendären, aber nie vollendeten „Hortus Palatinus“ bekannt geblieben.¹ Wann der Franzose in der Pfalz ankam, mit den Arbeiten am Garten begann und was der genaue Umfang seiner Aufgaben war, ist aber nicht sicher überliefert. Aufgrund des Lobs und der Empfehlungen der wichtigsten Hofbeamten des verstorbenen Prince of Wales, dem de Caus zwei Jahre als Ingenieur diente, gab es bereits am 1. April 1613 in London eine Absprache mit dem pfälzischen Kurprinzen, 2,5 Monate nach der Hochzeit Friedrichs V. mit der englischen Prinzessin Elizabeth und wenige Tage vor der Abreise der Neuvermählten auf den Kontinent. Der Heidelberger Arbeitsvertrag wurde am 14. Juli 1614 ausgestellt und gesiegelt, den Diensteid leistete de Caus erst am 27. September 1616.² Das früheste derzeit bekannte Lebenszeichen aus Heidelberg ist jedoch ein Schreiben vom 22. Oktober 1613 an William Trumbull, den englischen Agenten in Brüssel, worin de Caus ihn ersucht, mitgeschickte Beilagen teilweise nach London und andere an seinen Schwiegervater (in Brüssel) weiterzuleiten.³

1615 erhellt sich das Bild: De Caus und seine Ehefrau sind inzwischen fest in der Heidelberger Hofgesellschaft integriert und erscheinen in Listen der persönlichen Ausgaben der Prinzessin aus diesem Jahr.⁴ Zahlungen an Madame de Caus betreffen teure Spitzen, Unterwäsche und Taschentücher in feiner Handarbeit, die sie der Kurfürstin liefert,⁵ und der Ehegatte wird mit einer kleinen Summe für Reinigungsarbeiten an Gemälden bedacht.⁶ Für den Abdruck eines Portraits der Prinzessin „en noir“, das de Caus weiterleiten muss, erhält ein Hofdiener ein Honorar,⁷ und ein für den Baumeister arbeitender Kupferstecher wird aus demselben Etat bezahlt.⁸ Erhebliche Beträge für seine Aufwendungen an einer Ballettaufführung in diesem Jahr belegen, dass de Caus auch für die Bühnentechnik der Heidelberger Hoffeste zuständig war.⁹ Und – scheinbar aus dem Stand – lässt er 1615 kurz nacheinander noch zwei reich illustrierte Werke im großen Folio-Format drucken.

Zuerst erschien das musiktheoretische Lehrbuch „Institution Harmonique“.¹⁰ Offen bekundetes Vorbild waren „Le Istitutioni harmoniche“ des großen italienischen Theoretikers Gioseffo Zarlino,¹¹ die de Caus erstmalig für ein französischsprachiges Publikum in verkürzter Form bearbeitete.¹² Vertraut mit den theoretischen Hilfsmitteln des Ingenieurs (Geometrie, Mathematik und Proportionen) räumt er im ersten



Abb. 1. [de Caus/1. Buch:] Les Raisons des Forces mouvantes (1615), Titelseite (UB Heidelberg)

Teil den Bildungsgesetzen der musikalischen Intervalle besonders breiten Raum ein und zeigt sich dabei als überzeugter Verfechter der reinen Stimmung. Für die knapp gefasste Kompositionslehre des zweiten Teils hat de Caus den englischen Musiker Peter Philips, den er aus seiner Brüsseler Zeit gut kannte, um Beispielkompositionen gebeten. Am 5. September 1614 drängte er William Trumbull in einem Brief aus Heidelberg, bei Philips in dieser Angelegenheit noch einmal nachzufragen, und versprach beiden Belegexemplare:¹³ Drei Instrumentaltrios von Philips wurden schließlich gedruckt. „Institution Harmonique“ ist mit Datum vom 25. September 1614 der englischen Königin Anne zugeeignet und erschien 1615 in Frankfurt bei Jan Norton im Druck. Am Ende der Widmung kündigt de Caus noch ein Traktat über den Bau hydraulischer Maschinen an, der noch im selben Jahr unter dem Titel „Les Raisons des Forces mouvantes“ ebenfalls bei Jan Norton herauskam (Abb 1).¹⁴

Ingenieur ohne Magische Maschinen

War „Institution Harmonique“ eine Amateurarbeit auf hohem Niveau, sind „Les Raisons“ der gedruckte Nachweis professioneller Kenntnisse und Fähigkeiten auf breiter Basis, erworben während einer langjährigen Berufstätigkeit. Nahezu gleichzeitig erschien eine deutsche Übersetzung,¹⁵ die französische Fassung kam später in einer erweiterten zweiten Auflage heraus.¹⁶

Das Buch ist de Caus' bedeutendstes Werk, und so muss es der Autor selbst empfunden haben. Hatte Giambattista della Porta im Titel seiner „Magiae naturalis libri viginti ...“ von 1591 das Wunderbare an den Naturerscheinungen noch in den Vordergrund gestellt, macht de Caus im Titel der Raisons klar, dass für ihn nur vernünftige Begründungen zur Erklärung der bewegenden Kräfte gelten.¹⁷ Bereits in der Widmung der „Institution“ stellte er fest: „Geometrie, Mathematik und Perspektive sind sichere Wissenschaften, gleichermaßen mit der Vernunft und den Sinnen so evident darstellbar, dass keine kontroversen Deutungen möglich sind“.¹⁸ In den Raisons präsentiert er sich als erfolgreicher Ingenieur der Wasserkünste, und in seinem gesamten hinterlassenen Werk finden sich keine Spuren, die ihn als Anhänger oder Interpreten okkult-mystischer Theorien ausweisen. Allerdings war er auch kein „Naturforscher von europäischem Format“.¹⁹ An den die wissenschaftliche Welt damals bewegenden

Diskussionen nahm er nicht wirklich teil. Er lehnte die Existenz des Vakuums ab und brauchte auch nichts von der Schwere der Luft (Luftdruck) zu wissen. Zur Erklärung der hydropneumatischen Phänomene genügte, gestützt auf antike Autoritäten, der „Horror vacui“.²⁰ Dass de Caus das heliozentrische Weltbild nicht akzeptierte, ist für die Raisons bedeutungslos und wird erst in dem 1624 gedruckten und dem Kardinal Richelieu gewidmeten Buch über Sonnenuhren kurz thematisiert. Für deren erfolgreiche Konstruktion ist es gleichgültig, ob sich die Erde um die Sonne dreht oder umgekehrt, doch zeigt sich der Autor konservativ und liefert die Begründung aus den Apokryphen der Bibel: „Groß ist die Erde / hoch ist der Himmel / schnelles Lauffs ist die Sonne / denn sie laufft im Umkreiß des Himmels / und kommt wieder an ihren Ort / in einem Tage“ (4. Buch Esra, 3. Kap., V. 34), und kommentiert: „Unsere Neugier muss doch vor den Grenzen haltmachen, die uns die Religion setzt.“²¹ Bei seiner Arbeit als Ingenieur spielten Glaubensfragen letztendlich keine Rolle. Ob in der reformierten Pfalz, im anglikanischen England oder am katholischen Brüsseler Hof: De Caus blieb immer der nüchtern denkende und auf sichere Erfahrung bauende Praktiker.

Ein Kompendium der Ingenieurskunst²²

Les Raisons sind in drei Büchern abgeteilt. Das erste Buch, mit Datum vom 15. Februar 1615 dem französischen König Ludwig XIII. gewidmet, ist zweifellos der Hauptteil, in dem systematisch gegliedert die Technik dominiert.²³ Zunächst stellt de Caus in vier Definitionen die aristotelischen Elemente Feuer, Luft, Wasser und Erde vor. Die anschließenden 18 Theoreme behandeln hydropneumatische Grundlagen mit ausgewählten Beispielen sowie die Übersetzungsverhältnisse bezüglich Kraft und Weg einfacher Maschinen: Hebel, Flaschenzug, Zahnrad- und Schneckengetriebe, Schraubenpresse. Die Anwendungen beschreibt de Caus in 28 Problemen, zu denen er die praktischen Lösungen liefert. Dort präsentiert er zwar auch einige für die Allgemeinheit nützliche Maschinen (Feuerspritze, Gattersäge), doch liegt seine Stärke bei der Ausstattung herrschaftlicher Lustgärten mit Wasserspielen und Grotteninstallationen samt Zubehör. Antrieb und Steuerung mechanischer Orgeln und Automaten waren seine Spezialgebiete. Die frühneuzeitliche Industrie-Technik mit ihren Pulvermühlen und Stampfwerken zur Eisenverhüttung oder Papierherstellung kommt bei ihm nicht vor. In der Vorrede, wo er u. a. den Maschinenbegriff erläutert, entschuldigt sich de Caus, wenn er komplizierte Zusammenhänge gelegentlich ausführlicher behandelt. Doch weit häufiger nennt er Grundsätzliches nur einmal: So schlägt er bei einer einfachen Automatensteuerung vor, das antreibende Wasserrad aus Gründen von Stabilität und Feuchtigkeitsresistenz aus gehämmertem Kupfer zu fertigen. Ein Leser, der sich bei einem vergleichbaren Problem nicht daran erinnert und Holz verwendet, handelt sich unnötige Schwierigkeiten ein.

Das zweite Buch enthält fast nur dekorative Grotten- und Springbrunnenentwürfe und ist der englischen Prinzessin und Heidelberger Kurfürstin Elizabeth Stuart zugeeignet, in dankbarer Erinnerung an deren verstorbenen Bruder Henry.²⁴ Zu jeder ganzseitigen Kupfertafel gibt es einen kurzen Erläuterungstext von manchmal nur wenigen

Zeilen. Die Ingenieurtechnik spielt mit Ausnahme des letzten der zwanzig Probleme keine Rolle, wo er wieder ausführlicher die Wasserführung mit Rohrleitungen von der Quelle durch offenes Gelände und Täler bis zum Zielort diskutiert.

Im dritten Buch – ohne Widmungsträger oder gravierte Titelseite – kompilierte de Caus die Grundlagen des Orgelbaus, für den er selbst kein Fachmann war.²⁵ Doch weil bislang darüber noch nichts Brauchbares im Druck vorlag, sah er sich bemüßigt, etwas zu diesem Thema und zur Ergänzung des eigenen Buchs zusammenzustellen. Er weist noch auf die besonderen Anforderungen beim Einsatz der Instrumente in feuchten Grotten hin, wo hölzerne Pfeifen nicht zu brauchen sind. Illustriert ist das Orgelbuch fast nur mit Holzstichen. Doch die Technik zur Herstellung der Bleche für Metallpfeifen bildet er in zwei Kupferstichen ab.

Keine „Erfindungen für den Heidelberger Schlossgarten“

Bis heute blühen (nicht nur) in Heidelberg die liebgewonnenen Legenden um den „Hortus Palatinus“, die ihm ein faszinierendes Eigenleben mechanischer Orgeln und Automaten nachsagen. Wer immer vermeintliche Lücken in der Beschreibung (oder der Interpretation) des Gartens glaubte füllen zu müssen, bediente sich gern an Versatzstücken aus den Raisons. Klare Aussagen von de Caus wurden dabei oft übersehen, ignoriert oder nicht verstanden. So entpuppt sich ein höfisches „Roßballett der vier Elemente“ bei näherem Hinsehen als Wasserpumpe und besonders skurrile Fehlinterpretation.²⁶ Keine der Darstellungen der Raisons, sofern sie nicht zeittypischer Stand der Technik oder der Formensprache bei der Ausstattung herrschaftlicher Gärten waren, taucht später im (Stichwerk zum) Hortus Palatinus auf. Allein ein namenloser kolossaler Fluss-Gott, der in seinem Inneren selbst eine Grotteninstallation aufnehmen sollte, erinnert an die erheblich kleinere Figur des Rheins vor der Großen Grotte im Schlossgarten. Die zahlreich vorgestellten Methoden zur Wasserförderung waren für Anlagen in der Ebene interessant, wo das kostbare Nass zum Automatenantrieb und für die Springbrunnen erst in höher gelegene Behälter zu pumpen war. In Heidelberg floss das Wasser aus dem quellenreichen Schlossberg von selbst in die Reservoirs, dort gab es andere Probleme zu lösen, die in den Raisons nicht auftauchen. Das umfangreiche und komplexe Werk benötigte zweifellos erhebliche Zeit vom ersten Konzept bis zur letzten schriftlichen Fassung, und ebenso aufwendig war die Herstellung der Druckvorlagen für die Illustrationen. Die Holzstiche (Blockdruck) für die kleineren Erläuterungsfiguren im Text fügte üblicherweise die Werkstatt ein, die auch den Typendruck (mit Spindelpressen) besorgte, die ganzseitigen Kupferstiche ergänzten Spezialfirmen auf Roll-Pressen (Tiefdruck).²⁷ Ein Großteil des Materials für die endgültige Drucklegung im Jahr 1615 muss jedenfalls schon ungefähr Mitte 1614 zur Verfügung gestanden haben, war de Caus doch über den ganzen Sommer dieses Jahres mit der Arbeit an der Institution Harmonique gut ausgelastet.²⁸ In deren Widmung berichtet er, dass die Vorarbeiten an den Raisons tatsächlich bis in seine Dienstzeit (1610–1612) bei Prince Henry zurückreichen.²⁹ Auch die Entwürfe zu den Grotten

und Wasserspielen des zweiten Buchs der Raisons sind nicht für Heidelberg, sondern nach eigenem Bekunden für Prince Henry entstanden, was aber nicht heißt, dass sie an dessen Hof in Richmond tatsächlich realisiert wurden.³⁰

Die Brüsseler Ausbeute

In den drei Büchern der Raisons (von 1615) verrät de Caus nichts über sein Leben. Auf Titel- oder Widmungsseiten stellt er sich lediglich als kurfürstlich pfälzischer Ingenieur und Baumeister zu Heidelberg vor. Im Rückblick erwähnt er die kurze Zeit in England und noch weiter zurückblickend einen Besuch des berühmten Gartens von Pratolino bei Florenz. Doch verliert er kein Wort über seinen rund zwölfjährigen Dienst am Hof von Erzherzog Albert und dessen Gemahlin Isabella in Brüssel! Hatte er auf der (gelegentlich bezweifelten) Italienreise bereits richtungsweisende Eindrücke für seinen späteren Beruf erhalten, gehörte er ab ca. 1598 einer Arbeitsgruppe von kompetenten Architekten, Ingenieuren und z. T. hochspezialisierten Künstlern und Handwerkern an. Anfänglich dürfte seine Mitarbeit bei Errichtung, Umbau und fortwährender Erneuerung der Wasserspiele und Grottenanlagen des Coudenberg Palasts noch von untergeordneter Art gewesen sein. Doch bewährte er sich bald, wurde schließlich 1605 zum Ingenieur ernannt und war bis zum Wechsel nach England mit leitenden Aufgaben betraut. Was er in Brüssel lernte, beobachtete, im Auftrag errichtete oder selbst erfand, bildete zweifellos den Grundstock des Materials für die Raisons. Im Vorwort versichert er glaubhaft, die meisten der darin vorgestellten Maschinen selbst schon ins Werk gesetzt zu haben. Wo sonst als in Brüssel hätte das geschehen können? Und wo sonst als in Brüssel hätte er die verschiedenen von ihm beschriebenen Technologien kennenlernen sollen? Die Instrumente für die Musikautomaten baute er natürlich nicht selbst, sondern ein professioneller Orgelmacher. Den wasserresistenten Mörtel für die gemauerten Zisternen oder die Montage von Muscheln und dekorativen Steinen mischte er nicht selbst an, doch die dafür notwendigen Bestandteile und ihre Mengenverhältnisse waren ihm vertraut. Als Ingenieur und Baumeister kannte er die Eigenschaften der unterschiedlichsten Materialien und wusste, wie sie zu bearbeiten waren: Holz, Stein, Keramik, Eisen, Blei, Kupfer, Zinn und verschiedene Legierungen. Die handwerklich-technische oder künstlerische Ausführung war nicht seine Sache, sondern: Koordination, Organisation und umfassender Überblick. In diesem übergreifenden Sinn sah sich de Caus als Baumeister in der Tradition Vitruvs.³¹ Als Spezialist für Hydraulik stand er in der Nachfolge Herons, auf den er sich, neben Archimedes, schon auf der Titelseite der Raisons beruft.

Schweigt er sich selbst über Brüssel beharrlich aus, sprechen die erhaltenen Quellen – vornehmlich Rechnungslisten – aus dieser Zeit deutlicher. Viele hat Krista de Jonge zugänglich gemacht.³² Die Ausstattung und Automateninstallation einer Neptun-Grotte wurde von der einschlägigen Forschung schon lange de Caus zuerkannt. Diese Anlage ist im ersten Band der Raisons als eine Art Wasserkarussell abgebildet und beschrieben. Eine Detailzeichnung verdeutlicht Mechanik und Antrieb der Trägerkonstruktion sowie die Leitungsführung für das Wasser, das aus den Nasenlö-

chern zweier Delphine und den Spitzen von Neptuns Dreizack spritzt.³³ Luke Morgan hat diese Quellen und anderes Material noch einmal zusammengefasst und stellte fest: „'Les Raisons des forces mouvantes' should be regarded not only as a survey of his work in England but also as a codification and written presentation of his entire oeuvre as a grotto and fountain designer to that point“.³⁴ Für die kurze Periode in England fehlt der eigentliche Beweis. Berücksichtigt man aber noch seinen letzten Brüsseler Arbeitsvertrag vor dem Wechsel nach England, muss dieser Satz neu formuliert werden: „Les Raisons des forces mouvantes sind (ganz überwiegend) eine Zusammenfassung seiner Arbeiten in Brüssel und gleichzeitig die kodifizierte gedruckte Darstellung seiner Kenntnisse als Hydraulik-Ingenieur und seines gesamten bisherigen Schaffens im Entwurf von Grotten, Wasserspielen und Automaten“.

Salomon de Caus als Subunternehmer in Brüssel

1935 erschien die erste Dissertation über de Caus von Christina Sandrina Maks: eine Arbeit nach Originalquellen mit biographischen Angaben.³⁵ Davon angeregt entdeckte Marguerite Devigne in den Brüsseler Archives Générales du Royaume einen detaillierten Großauftrag für den Baumeister und publizierte ihn 1936 im vollen Wortlaut.³⁶ Danach schloß das Interesse an de Caus weitgehend ein und erwachte erst wieder nach dem 2. Weltkrieg: jetzt mit dem Schwerpunkt Hortus Palatinus. Der Brüsseler Arbeitsvertrag war inzwischen vergessen und taucht in der gesamten nachfolgenden Literatur nicht mehr auf. Er datiert vom 27. Oktober 1608 als minutiöse Dienstanweisung, nach der de Caus eine bereits neu gebaute, große Grotte fertigstellen und ausstatten sollte. Sie befand sich in dem „Feuillée“ genannten älteren Garten der Warande (dem erzherzoglichen Park) auf der oberen Terrasse (dem „hoogen hoff“).³⁷ Sämtliche Arbeiten musste er zu einem Festpreis von 8000 livres durchführen. Dazu gehörten nach der Reparatur schadhafter Wasserreservoirs zahlreiche Mauerdurchbrüche für neu zu verlegende Bleirohre, die entweder Wasser an Springbrunnen und Automatenantriebe oder die Spielluft zu den Musikinstrumenten (Orgeln) leiteten.³⁸ Die Ausgaben für alle Baumaterialien und die Zierrate – Muscheln, verschiedene Steine, Fliesen – waren ebenso vorzufinanzieren wie die Löhne der Handwerker. Bei Überschreitung des vereinbarten Termins der Fertigstellung drohten Regressforderungen, als legitime Entschuldigung galten eigener Tod oder Krankheit, aber auch Verzögerungen in den wöchentlich vereinbarten Auszahlungen der Finanzverwaltung. Die Kernstücke seines letzten Auftrags in Brüssel sind aber drei Grotteninstallationen, die de Caus 1615 im Druck vorstellt.

Der Parnass

In den Raisons ist der klassische Berg und sein bekanntes Personal abgebildet.³⁹ Die neun Musen mit ihren Musikinstrumenten sind dekorativ verteilt, angeführt von Apoll, der die Leier spielt. Auf dem Gipfel hebt das „Luftpferd“ Pegasus gerade zum Höhenflug ab, und aus zahlreichen Springbrunnen spritzt Wasser (Abb. 2). Neben einer Monumen-

talversion mit begehbarer innerer Grotte schlägt de Caus auch eine verkleinerte Ausgabe vor, genau wie sie in Brüssel auf dem Programm stand. Durch eine 60 Fuß lange Hauptleitung floss dort das Wasser zum höchsten Punkt der Grotte, Abzweigungen führten zum Gipfel des Bergs und weiter zur Galatea-Grotte.

Die Galatea-Grotte

Bei der aufwendigsten in den Raisons vorgestellten Installation wird Galatea, im Muschelboot sitzend, von zwei wasserspritzenden Delphinen durch ein Bassin hin- und hergezogen (Abb. 3). Im Hintergrund bläst der Zyklop Polyphem ein „flaiolet“ (die deutsche Fassung schreibt „Schalmei“, das Bild zeigt eine Panflöte). Der ausführlichen Beschreibung der Umschlagsteuerung des Getriebes folgt eine Abbildung der Grotte mit einsehbarem Maschinenraum. Ein wasserkraftbetriebener Orgelautomat, vorgestellt in Wort und Bild, liefert die Musik. Die ersten acht Takte der abgedruckten (einstimmigen) Melodie lassen sich an den Stiften der Orgelwalze verfolgen, die in die aufgesetzte Klaviatur einer Windlade greifen. Von dort gelangt der Wind über Röhren zu den hinter dem Zyklopen nicht sichtbaren Orgelpfeifen. Eine Grundriss-Zeichnung mit Begleittext verdeutlicht die gesamte Anordnung (die Probleme Nr. 24, 25 und 26).⁴⁰ Den Brüsseler Auftraggebern der Galatea-Grotte schien es noch wichtig, den Zyklopen zweimal als „gottlos“ (at[h]ée) zu kennzeichnen.

Die Timolus-Grotte

Ovid berichtete in den Metamorphosen vom musikalischen Wettstreit zwischen Apoll und Pan. Während König Midas dem Hirtengott für sein Pfeifenspiel den Preis zuerkennt, entscheidet der zum endgültigen Schiedsrichter aufgerufene Berg Timolus für Apoll und seine Leier. Dem ignoranten Midas wachsen darauf zur Strafe Eselsohren. Das Wasser ist in dieser



Abb. 2 [de Caus/2. Buch:] Der Parnass mit den Musen, Apoll und Pegasus (Ausschnitt) (UB Heidelberg)



Abb. 3 [de Caus/1. Buch:] Galatea im Muschelboot, auf der Antriebswelle montiert (Ausschnitt) (UB Heidelberg)

Grotte nicht als sichtbar agierendes Medium präsent, sondern wirkt im Hintergrund: zum Antrieb eines Orgelautomaten mit unterschiedlichen Registern und zur Steuerung der Armbewegungen der beiden Kontrahenten über Zugdrähte. Spielt Apoll, bewegt er den Bogen seiner Leier (*Lira da braccio*) im Takt einer sanften Musik auf und ab, pausiert Apoll, hebt Pan seine Pflöfe an die Lippen, und es erklingen die dazu passenden lauten Töne.⁴¹ Auf der Abbildung der *Raisons* ergänzen Staffagefiguren die Szene. Zwei Satyrn sekundieren dem Pan, zwei Musen begleiten Apoll. Das Brüsseler Dokument erwähnt sie nicht, dort fehlt aber auch der unverzichtbare Musengott. Gut möglich, dass es für ihn noch ein (wieder) verwendbares Exemplar gab. Alle sonstigen im Auftrag genannten Figuren sind ausdrücklich als Neuanfertigungen aus Eichenholz ausgewiesen, die – ausgenommen der Berg Timolus – noch mit Ölfarben zu bemalen und teilweise zu vergolden waren. Darüber hinaus wurden zur weiteren Ausschmückung der ganzen Anlage natürliche und künstliche Blumen vorgeschrieben sowie alle Arten von Vögeln, Fischen und anderen Tieren.

Tremulanten, Fontänensteuerung und Wasserscherze

Zum Lieferumfang des Brüsseler Auftrags gehörten auch drei kupferne Tremulanten.⁴² Im Windleiter zu den Orgeln zwischen Bälgen und der Windlade platziert lässt der Tremulant periodisch die Stärke des Luftstroms schwanken und bewirkt ein Beben des Tons (Tremolo). Im 3. Buch über den Orgelbau stellt de Caus den Tremulanten vor und beschreibt seine Funktion.⁴³ Das System der Ventilsteuerung mittels Stiftwalze, bewährt bei der Spielluft von Orgelautomaten, wandte de Caus in der neuen Grotte der Feuillée auch auf einen Springbrunnen an. Hier waren alle Teile aus Kupfer und anderen nichtrostenden Metallen gefertigt. Mit acht Ventilen in den Wasserleitungen ließen sich acht Strahlen einer Fontäne in einer programmierbaren Sequenz ein- und ausschalten. Der Auftrag spricht ausdrücklich von zwei im Viereck gruppierten Fontänen, angeordnet zwischen Pilastern. Unklar bleibt, ob tatsächlich nur eine oder beide Seiten (abwechselnd?) ihr Wasser auf diese Weise erhielten.⁴⁴ Jedenfalls bildet der zweite Band der *Raisons* die Fassade zu einer Grotte ab, die sich auf einer erhöhten Terrasse befindet. Links und rechts des Eingangs steigen je acht Strahlen aus zwei viereckigen Bassins empor. Beim Blick ins Innere fällt ein von Delphinen gezogenes Muschelboot auf. Statt Galatea sitzt aber ein nackter Mann mit Bart und Dreizack darin, was ihn als Neptun ausweist.⁴⁵ De Caus musste in der Brüsseler Grotte auch die unter dem Bodenbelag geführten Leitungen installieren, wo unvorsichtige Besucher aus versteckten Düsen nassgespritzt wurden.⁴⁶ Weil technisch eher trivial, verzichtete er wohl, diese damals beliebten Wasserscherze in den *Raisons* vorzustellen.

Das Medium ist die Botschaft

Zweifellos sind Les *Raisons* ein Spiegel der Schaffenszeit in Brüssel, allerdings ohne den Anspruch, die dortigen Projekte mit dokumentarischer Genauigkeit wiederzugeben. Grottenausstattung, Figuren, Requisiten und Maschinen waren austauschbar und

nach den Vorgaben der Auftraggeber kombinierbar. Der geradezu pingelig formulierte Kontrakt für die Grotte der Feuillée bot keinen Raum zur Selbstverwirklichung oder künstlerischen Freiheit und lässt auch keine Anzeichen für ein vom Baumeister eventuell konzipiertes Programm erkennen. De Caus bestätigte zwar die Nützlichkeit mythologischer Themen bei der Grottengestaltung, doch sind es nicht die Inhalte der immer wiederholten, altbekannten Sagen, die Aufmerksamkeit erregen: Das Medium ist die Botschaft!⁴⁷ Egal ob Neptun oder Galatea im Muschelboot sitzt oder welchen (austauschbaren) Namen die rund 20 Meter hohe begehbare

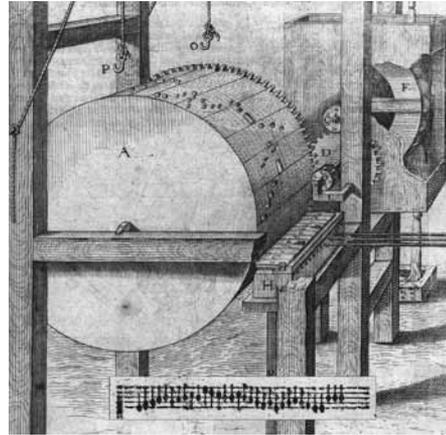


Abb. 4. [de Caus/1. Buch:] Der Orgelautomat für die Galatea-Grotte mit eingblendeter Melodie (Ausschnitt) (UB Heidelberg)

Monumentalfigur eines Berg-Gottes trägt: Was zählt, ist die spektakuläre Technik, das Medium. In seinen Schriften zeigt sich de Caus von einer betont sachlichen Nüchternheit. Wer ihn nicht beim Wort nimmt, läuft Gefahr, ihn nicht zu verstehen. Ein Versuch, die Galatea-Grotte mit mythologisch basierten Theorien als „Gesamtkunstwerk“ interpretieren zu wollen, konnte darum nicht gelingen.⁴⁸ In ihrer Beweisführung übersieht die Autorin (oder will nicht wahrhaben?), dass de Caus eindeutig für den Zyklopen eine einstimmige Melodie vorsah und die Orgelwalze genau damit „programmierte“ (Abb. 4). Statt dessen behauptet sie: „Im ersten Teil seines Buches [...] verband Salomon de Caus die vorgeschlagene Orgelbearbeitung des Madrigals ‚Chi fara fed'al cielo‘ von Striggio in Text und Bild mit dem von Ovid überlieferten Sujet von Acis und Galatea“.⁴⁹ Die ganze nachfolgende Argumentationskette, die noch die Verse der Madrigalvorlage mit einbezieht, gerät dadurch zur haltlosen Spekulation, selbst wenn de Caus diesen Text gekannt hätte, der ohnehin nicht zum mythologischen Thema passt.

Lob, Nach- und Raubdrucke der Raisons. Eine Auswahl

Basierend auf der zweiten erweiterten Ausgabe von 1624 brachte Isaac de Caus, der (mutmaßlich) jüngere Bruder, 1644 in England eine veränderte Version heraus.⁵⁰ Die Einleitung mit der Lehre von den klassischen Elementen ist verschwunden, der Grundlagenteil zur Hydrostatik und Mechanik gestrafft und neu formuliert. Die ganzseitigen Tafeln (spiegelverkehrte Neustiche) sind mit einer Ausnahme alle dem ersten Buch der Raisons entnommen, ebenso die meist wortwörtlich wieder abgedruckten Erläuterungstexte. Am Ende noch eine eigene Zugabe: zwei Tafeln, die eine Schiffsschleuse und eine Wasserpumpe mit vier Zylindern vorstellen.⁵¹ 1659 erschien eine posthume englische Übersetzung von John Leak, die Kupferplatten von Isaac de Caus konnte er wiederverwenden.⁵² Salomon de Caus wird in beiden Ausgaben nicht mehr erwähnt. Diese übersetzte Fassung war danach in England lange Zeit alles, was man dort von

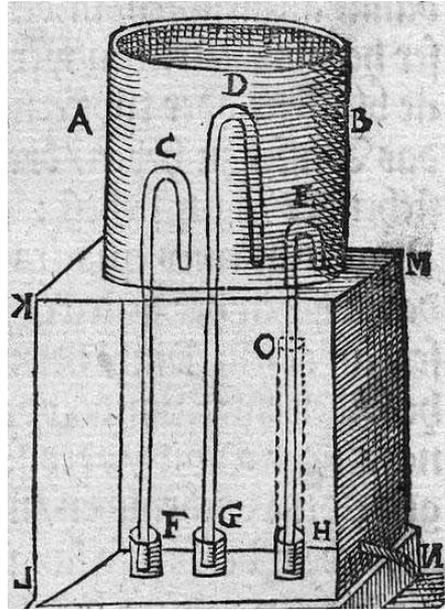
einem „de Caus“ überhaupt wusste. Stephen Switzer erinnert noch an ihn (ohne Vornamen) in der 1729 in vier Büchern gedruckten Erstausgabe von „An Introduction To a General System of Hydrostaticks and Hydraulicks“. Bei der Theorie beruft sich Switzer auf die inzwischen anerkannten Arbeiten von Torricelli, Boyle, Mariotte und anderen neueren Forschern. Was die Praxis betrifft, zählt er (Isaac) de Caus zu den Klassikern.⁵³ Doch hält er auch seine kurze „Theorie, wie das Wasser zu leiten sei“ für ein unübertroffenes Kompendium dessen, was andere Autoren in ihren weit voluminöseren Werken niedergelegt hatten, und druckt sie noch einmal vollständig ab:⁵⁴ großes Lob also für (Isaac) de Caus! Im dritten Buch stellt Switzer eine Auswahl hydropneumatischer Maschinen vor, die er samt Tafeln der von Leak übersetzten Ausgabe entnahm: damit (unbekannterweise) großes Lob für (Salomon) de Caus! Denn alles stammt ursprünglich aus den Raisons von 1624, wobei die Spiegelumkehr der Tafeln durch den doppelten Neustich wieder aufgehoben wurde.⁵⁵

Die Herausgeber illustrierter Architektur- und Maschinenbücher des 17. Jahrhunderts druckten gern Entwürfe aus den Raisons wieder ab. Zwei Abbildungen samt Beschreibungen, entnommen dem ersten Buch der deutschen Ausgabe, fügte Georg Andreas Böckler in sein „Theatrum machinarum novum“ ein, das er dem Heidelberger Kurfürsten Karl Ludwig widmete, in dessen Dienst er eine zeitlang stand.⁵⁶ Für den dritten Teil von „Architectura nova“ übernahm Böckler mehrere Tafeln des zweiten Buchs (ohne Text) und einen Stich aus dem Hortus Palatinus.⁵⁷ Salomon de Caus wird überhaupt nicht erwähnt. Dagegen nennt ihn Tobias Nislen in der unter Pseudonym erschienenen deutschen Übersetzung von Herons Pneumatik ausdrücklich mit Namen und präsentiert in einem Anhang noch einmal eine Auswahl von Abbildungen und Erläuterungstexten aus der deutschen Ausgabe des ersten und zweiten Buchs.⁵⁸

„Der verdienstvolle Salomon [de] Caus beschämt Heron“

Das Wissen der Gelehrten des 16. und 17. Jahrhunderts über Herons Pneumatik basierte hauptsächlich auf der lateinischen Übersetzung von Federigo Commandino.⁵⁹ Unbekannt ist, ob de Caus dieses Werk (und andere lateinische Bücher) lesen konnte, und welche sonstigen Sprachkenntnisse er besaß. Zumindest Italienisch muss er noch beherrscht haben, denn die für seine Institution Harmonique wichtigen Arbeiten von Zarlino gab es damals nur in der Originalsprache. Heron hatte er vielleicht aus einer von Commandino abhängigen italienischen Fassung gekannt, die 1589 im Druck erschien:⁶⁰ Und de Caus kannte Heron gut! Schon auf der Titelseite der Raisons bildet er einen sog. Heronsbrunnen ab und weist nach, dass die Anlage überhaupt erst nach einer von ihm beschriebenen konstruktiven Änderung richtig funktionieren konnte.⁶¹ Doch nicht dem Autor, sondern den Übersetzern gibt er die Schuld, weil diese nichts von den Ursachen der bewegenden Kräfte verstanden und sogar fehlerhafte Abbildungen beigefügt hätten. Im 55. Problem geht es bei Heron um das scheinbar widernatürliche Ausfließverhalten eines Wasserbehälters. Beim Einfüllen von oben läuft das Wasser durch eine untere Öffnung gleich wieder ab, so lange der Zufluss anhält. Wird nach einer Unterbrechung wieder Wasser nachgegossen, muss der Behälter jetzt bis

zur Hälfte seines Fassungsvermögens aufgefüllt werden, bevor unten wieder etwas herauskommt. Nach einer erneuten Unterbrechung fließt unten nichts mehr ab, und alles weiter hinzu geschüttete Wasser läuft schließlich über die Einfüllöffnung hinweg. Die Lösung der hydropneumatischen Denksportaufgabe besteht aus drei im Behälter verborgenen, verschieden langen Hebern (Syphons), deren längere Schenkel jeweils in drei darunter angeordnete – angeblich beliebig niedrige – becherförmige Gefäße ragen. De Caus erkannte, dass alles nur dann richtig arbeitet, wenn diese Becher eine Mindesthöhe aufweisen. Sie hängt vom Abstand zwischen Wasseroberfläche im Behälter bis zum Knick des jeweiligen Hebers ab.⁶²



Eine beigegefügte Skizze verdeutlicht den Sachverhalt (Abb. 5). Der gelehrte Jesuit Caspar Schott, der selbst keine Zurückhaltung bei der Kritik an Heron kannte, preist de Caus, dem dieser Irrtum als Erstem auffiel, mit den Worten: „Salomon Caus meritò sugillat Heronem“ (Der verdienstvolle Salomon [de] Caus beschämt Heron).⁶³ Noch bis ins 20. Jahrhundert beschäftigten sich Heron-Forscher mit diesem speziellen Problem. Albert de Rochas kam später unabhängig zum selben Ergebnis wie de Caus und Schott.⁶⁴ Wilhelm Schmidt, der Herausgeber und Übersetzer der großen griechisch/deutschen Heron-Gesamtausgabe, widersprach seltsamerweise Rochas aufgrund von „wiederholten praktischen Versuchen“, die er aber nicht erläuterte.⁶⁵ Eine theoretische und experimentelle Nachprüfung durch A. G. Drachmann bestätigte Rochas und damit letztendlich de Caus.⁶⁶

Abb. 5 [de Caus/1. Buch:] De Caus korrigiert den Irrtum im 55. Problem bei Heron. Die notwendige Länge des Bechers ist gestrichelt eingezeichnet (UB Heidelberg)

Eine Legende von der Entdeckung der Dampfkraft

Die Dampfmaschine ersetzte im Lauf des 19. Jahrhundert immer schneller die bisher gewohnten Antriebskräfte von Wind und Wasser, von Menschen und Tieren. Von den ersten praktisch verwertbaren Prototypen an war die Erfolgsgeschichte über fast ein- einhalb Jahrhunderte mit den Namen englischer Erfinder verbunden: Marquis of Worcester, Thomas Savary, Thomas Newcomen, der große James Watt. Im Jahr 1813 reklamierte der Mineningenieur Baillel die Entdeckung des zugrundeliegenden Prinzips zum erstenmal für Salomon de Caus und damit für die französische Nation.⁶⁷ In einem umfangreichen Aufsatz ging François Arago dieser Frage noch einmal nach und brachte es auf den Punkt: Die in den *Raisons* vorgestellte Apparatur sei schon eine



Abb. 6 Salomon de Caus, geboren 1576, entdeckt 1615 die Dampfkraft, gestorben 1630. Das richtige Todesjahr (1626) war noch nicht bekannt. Carte réclame, Paris ca. 1890.

echte Dampfmaschine!⁶⁸ Tatsächlich beschreibt de Caus lediglich eine Fontäne, die aus einer Metallkugel durch den Druck von verdampftem Wasser empor steigt: eine Variante mit technischen Verbesserungen des sog. Heronsballs, einer „Spritzflasche“.⁶⁹ Doch war jetzt eine Legende geboren, die vor allem in Frankreich bis zum Ende des 19. Jahrhunderts das Bild von de Caus als Nationalhelden prägte. Eine carte réclame (Sammelbild), wie sie noch um 1890 gedruckt wurde, fasste das Wenige zusammen, was die Öffentlichkeit von ihm wusste: „Salomon de Caus, né en 1576, découvre la Vapeur en 1615, meurt en 1630“ (Abb. 6). Der Meister sitzt in einem Lehnstuhl neben dekorativ drapierten Gegenständen, die von seinen Kenntnissen sprechen: ein Pumpengehäuse, ein Zahnrad, das Modell von Herons Aeolipile (Rückstoßturbine) und ein Plan mit dem Grundriss einer Grotte; ein Foliant bezeugt seine Belesenheit. Ein Knabe zu seinen Füßen (der kleine Bruder Isaac?) zeigt auf den Dampf, der unter dem Deckel eines kochenden Wasserkessels ausströmt. Während de Caus die Szene beobachtet, überkommt ihn die Vision einer wunderbaren Zukunft, die der Zeichner dem Betrachter im Hintergrund des Bilds offenbart: Eine Dampflokomotive zieht ihre Waggons über eine Flussbrücke, darunter fährt ein Raddampfer, und am Ufer steht eine Fabrik mit rauchenden Schloten und der Aufschrift *Usine à Vapeur*.

Die von Arago ausgelöste Legende zeugte Unter- und Nebenlegenden. Weil in Frankreich angeblich seine Prophezeiungen – insbesondere von Kardinal Richelieu – nicht anerkannt wurden, sei de Caus darüber wahnsinnig geworden und als Märtyrer



Abb. 7. Salomon de Caus hinter Gittern in Bicêtre. Edward, Marquis of Worcester lauscht aufmerksam, was der Gefangene ihm aus einem Manuskript mit dem Titel „Des Effets de la Vapeur“ mitteilt. Stahlstich, Verlag Gottlieb Haase Söhne (Prag), ca. 1850 (Ausschnitt).

der Wissenschaft im Irrenhaus von Bicêtre gestorben. Eine Variante berichtet, jener Marquis of Worcester, den die Engländer zum Urvater der ersten funktionierenden Dampfmaschine erklärten, hätte bei einem Besuch von Bicêtre dem verzweifelten Gefangenen das Geheimnis entrissen und dann selbst veröffentlicht (Abb. 7). Frei erfundene dramatische Gedichte und Theaterstücke entstanden nach diesem Grundstoff. Ein Trauerspiel des Norwegers Andreas Munch erschien sogar in einer englischen und einer deutschen Übersetzung. Am 19. Mai 1857 stand im Pariser Théâtre de la Gaîté das Drama in vier Akten „Salomon de Caus ou la Découverte de la vapeur“ (Salomon de Caus oder die Entdeckung der Dampfkraft) von Louis Thomas Bignon auf dem Programm; im Publikum befand sich auch die mit dem Autor befreundete George Sand. Im Feuilleton der Zeitung „La Presse“ erschien am 24. Mai ein Bericht über die Aufführung mit ironischen Seitenhieben auf die Inszenierung und Bignon, der selbst die Titelrolle spielte. Dabei zeigte der Rezensent eine erstaunliche Sachkenntnis der Hintergründe und bezweifelte (zu Recht) den Wahrheitsgehalt der ganzen Geschichte. Dagegen glaubte Andreas von Baumgartner, ordentlicher Professor an der Wiener Universität, dass de Caus wirklich als Erster die Dampfkraft entdeckte, wollte aber beweisen, dass er ein Deutscher war: Schließlich stünde doch im Titel der deutschen Fassung der Raisons ausdrücklich „jetzundt aber ‚in unsre deutsche Sprach‘ an Tag gegeben. Wie könnte der Verfasser sagen: in unsere deutsche Sprache, wenn er sich nicht zu den Deutschen rechnete.“⁷⁰ Hatte diese Legende zwar keine lange Lebensdauer, verwundert es, dass bisher noch niemand das Potenzial nutzte, das in dem französischen Sammelbild steckt. Wo anders könnte de Caus 1615, vor genau 400 Jahren, die Dampfkraft entdeckt haben als in Heidelberg!?

Eine periodisch arbeitende Wärmekraftmaschine

Die Kraft spielt in allen Maschinenentwürfen de Caus' eine zentrale Rolle. Den physikalischen Begriff der Energie gab es noch nicht, und noch länger sollte es dauern, bis auch die Wärme als äquivalente Form mechanischer Energie verstanden wurde. Maschinen werden von Kräften angetrieben, und ein Automat ist eine Maschine, die ihre Bewegung aus sich selbst bezieht (*Machine laquelle aura mouvement de soy-mesme*), d. h. aus dem Zusammenwirken der vier Elemente, aus denen sie auch gemacht ist. Ihre Bewegung hat, wie der Mensch und alle seine Werke, Anfang und Ende. Immerwährend ewig ist allein die göttliche Majestät. Damit widersprach de Caus jenen Zeitgenossen, die sich anmaßten, ein Perpetuum mobile bauen zu wollen.⁷¹ Vielleicht wäre er auch aufgrund seiner beruflichen Erfahrung zu diesem Schluss gekommen, den die moderne Physik ebenfalls nur als Erfahrungssatz kennt. Die Kraft, die im Wasserdampf steckt, war seit der Antike bekannt. Mit der aristotelischen Lehre von den vier Elementen war der Dampf aber nicht als anderer (gasförmiger) Aggregatzustand des Wassers zu begreifen. Immerhin stellte der praktische Ingenieur de Caus ein quantitatives Experiment zur Kondensation des Dampfes an und bewies, dass sich evaporiertes Wasser (Dampf) beim Abkühlen nach Maß und Gewicht wieder in dieselbe Flüssigkeitsmenge zurückbildet.⁷²

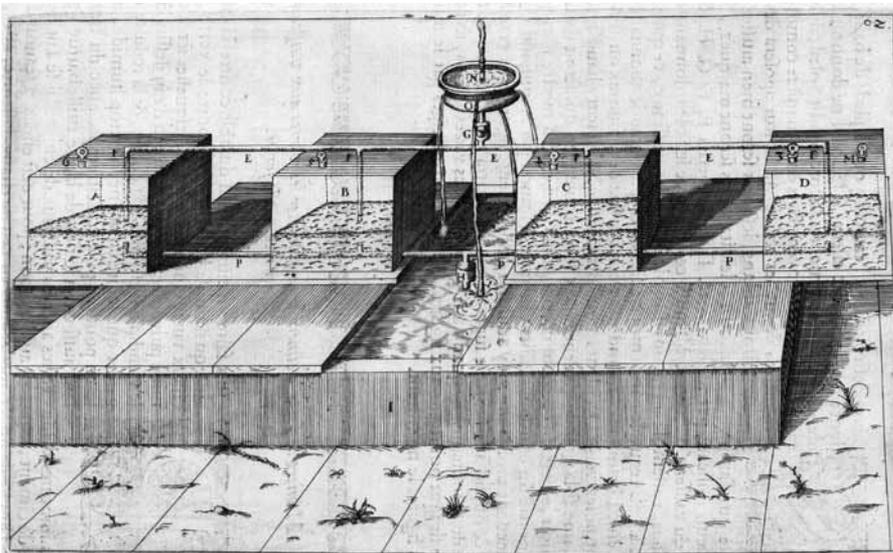


Abb. 8. [de Caus/1. Buch:] Der stetige und sich selbst treibende Brunnen, eine mit Sonnenenergie betriebene, periodisch arbeitende Wärmekraftmaschine (UB Heidelberg)

Doch nicht den Dampf, sondern das Elementarfeuer der Sonne nutzt er zur automatischen Wasserförderung eines Springbrunnens.⁷³ Die Luft in einem zu einem Drittel mit Wasser gefüllten Kupferbehälter expandiert beim Erhitzen und presst das Wasser durch ein Steigrohr mit Rückschlagventil in die Höhe. Bei Sonnenuntergang kühlt die Luft ab und zieht sich wieder zusammen, wobei der Druck im Behälter sinkt. Das Ventil im Steigrohr schließt automatisch, dafür öffnet sich (infolge der Druckdifferenz

zur Außenluft) ein Ventil am Boden des Behälters. Aus einem tieferliegenden Bassin wird so lange wieder Wasser in den Behälter gesaugt, bis die niedrigste Temperatur erreicht ist. Nach Sonnenaufgang schließt das untere Ventil und das Spiel beginnt von vorne (Abb. 8). De Caus beschreibt hier eine periodische Wärmekraftmaschine mit bescheidenem Wirkungsgrad.⁷⁴ Zwar sah er u. a. statt eines großen mehrere kleine Behälter vor, die bei gleichem Fassungsvermögen wegen der größeren Oberfläche Vorteile brachten, doch blieben als Schwachpunkte der langsame Wärmeaustausch durch natürliche Abkühlung und die Zykluszeit eines ganzen Tags. Ohnehin nur für heiße südliche Länder als nützlich befunden, griff 1869 Augustin Mouchot die Idee wieder auf. Er schlug vor, das geförderte Wasser zur schnelleren Abkühlung der Luft periodisch über die Oberfläche des Wärmetauschers fließen zu lassen. Die Zykluszeit regelt eine Überlaufsteuerung mit einem Heronischen Heber.⁷⁵

Kann uns de Caus heute noch etwas sagen?

Um Salomon de Caus ranken sich zahlreiche Legenden. Die Dampfmaschine hat er nicht (mit-) erfunden, doch beschrieb er, ohne es zu wissen (ohne es überhaupt wissen zu können!), das Prinzip jeder Wärmekraftmaschine. Schon vor vierhundert Jahren wollte er keine Magie betreiben, sondern die mit der Vernunft zu begreifenden Ursachen der bewegenden Kräfte verständlich darstellen: Les Raisons des Forces mouvantes. Mit dieser Grundeinstellung bleibt er zeitlos modern.

Anmerkungen

- 1 Auch eine Ausstellung im Kurpfälzischen Museum konnte dieses Bild nicht nachhaltig verändern. Vergl.: Frieder Hepp, Richard Leiner, Rüdiger Mach, Marcus Popplow (Hgg.): *Magische Maschinen, Salomon de Caus's Erfindungen für den Heidelberger Schlossgarten 1614–1619*, Neustadt a. d. Weinstraße, 2008.
- 2 Wie Salomon de Caux zue Churfl' Pfaltz Ingenieur angenommen worden. General-Landesarchiv Karlsruhe, Kopialbuch n. 573, fol. 199^v, in: *Heidelberger Schloßverein (Hg.), Mittheilungen zur Geschichte des Heidelberger Schlosses*, Band I., 1885–86, Ansichten des Heidelberger Schlosses bis 1764, verzeichnet und beschrieben von Karl Zangemeister, Beilage 1, S. 144f.
- 3 A. B. Hinds (Hg.): *Report on The Manuscripts of The Marquess of Downshire, Volume Four, Papers of William Trumbull The Elder*, London 1940, S. 232.
- 4 *Recue de la part de Madame la Princesse Elect. Palatine, à la foire de francfort passée. Aδ 1615 / Recue de Mons^r Maxvel que le Roy à envoye Madame la Princesse*, The National Archives, Kew, SP 81/14, fol. 69^r -72^v.
- 5 Ebd., fol. 69^r, 72^r.
- 6 Ebd., fol. 71^r.
- 7 Ebd., fol 72^v.
- 8 Ebd., fol. 71^r.
- 9 Ebd., fol. 69^r: A Mons. de Caus pour despens fait au ballet et par le commandement de Madame, fol. 72^v: *Donné a Mons. de Caus 12. [livres en or], [am Rand ergänzt]: Le reste luy a donné le Colonel Schonberg cest p^r les despens du ballet. Am 23. März 1615 vermählte sich der kurpfälzische Haushofmeister Hans Meinhard von Schönberg mit Anne Dudley, erste Hofdame und Vertraute („dame of honour“) der englischen Prinzessin, die dem Paar zu Ehren ein Ballett aufführen ließ.*
- 10 *Salomon de Caus: Institution / Harmonique / Divisée en deux parties / En la premiere sont monstrées / les proportions des intervalles / harmoniques. / Et en la deuxiesme les / compositions diceilles. / Par Salomon de Caus / Ingenieur et Architecte de son / Altesse Palatine Electoralle / A Francfort en la boutique de Jan Norton / 1615.*
- 11 Gioseffo Zarlino: *Le Istitutioni harmonique [...]*, Venedig 1558.

- 12 Für eine Zusammenfassung der „Institution“ siehe Herbert Schneider: Die französische Kompositionslehre in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts, Tutzing 1972, S. 39-47.
- 13 G. Dyfnallt Owen (Hg.): Report on The Manuscripts of The Most Honourable The Marquess of Downshire, Volume V, Papers of William Trumbull The Elder, London 1988, S. 6: I am writing again to Peter Philips, especially since for the past five or six months I have been demonstrating the theory of music, including composition [...] If he makes any difficulty please intervene without delay, for I should like to have all the fantasias printed within a week of receiving them. I shall not fail to send copies to you both. [Original in Französisch, die englische Übersetzung vom Herausgeber]
- 14 Salomon de Caus: Les Raisons / Des Forces Mouvantes / Avec diverses Machines / Tant utiles que plaisantes / Aus quelles sont adjoints / plusieurs deBeings de grotes / et fontaines. / Par Salomon de Caus / Ingenieur et architecte de son / Altesse Palatine Electorale / A Francfort en la boutique de Jan Norton / 1615.
- 15 Salomon de Caus: Von / Gewalttsamen bewegungen / Beschreibung etlicher, so wol / nützlichen aiß lustigen Machiner / beneben / Unterschiedlichen abriessen etlicher / Höllen od' Grotten und lust Brunne / Durch / Salomon de Caus / Churfürstlicher Pfaltzischer Ingenier / und Bauwmeister Erstlich in Frans- / zösischer Jetzundt aber in unsrer / Deutsche Sprach an tag / geben / Zu Franckfurt bey Abraham Pacquart / Frantzösischer Buch führer [1615]. Gut möglich, dass der unbekannte Übersetzer zu den engsten Heidelberger Mitarbeitern de Caus' gehörte, musste er doch nicht nur das notwendige technische Verständnis besitzen sondern auch das Fachvokabular in beiden Sprachen beherrschen.
- 16 Salomon de Caus: Les / Raisons / des Forces / Mouvantes / Avec diverses Machines Tant utiles que plaisantes: / Ausquelles sont adjoints / plusieurs desseins / de Grottes & Fontaines. / Augmentées de plusieurs figures, avec le discours de chacune / Par / Salomon de Caus, / Ingenieur et Architecte du Roy, / A Paris / Chez Hierosme Drouart, ruë S. lac- / ques à l'Escu au Soleil. / M. DC. XXIII. [1624] / Avec Privilege du Roy.
- 17 Zwischen der französischen Vorlage und der deutschen Übersetzung gibt es grundsätzlich keine inhaltlich-sachlichen Unterschiede. Die Doppelbedeutung von raison = Ursache/Vernunft spiegelt sich allerdings nicht im deutschen Titel.
- 18 de Caus/Institution, wie Anm. 10: [Widmung] A la Tres-Illustre et / Vertueuse Dame, / Anne / Royne de la Grande Bretagne. [...] la Geometrie, Arithmetique & perspective, sont sciences certaines, ou les demonstrations sont tant evidentes, par la raison, comme aussi par le sens qu'il ny peut avoir aucunes controverses aux demonstrations [...]
- 19 Vgl. Hepp et al., wie Anm. 1: Einbandtext
- 20 De Caus erwähnt nicht die ihm sicher bekannte maximale Förderhöhe des Saughebers von ca. 10 Metern (für Wasser) und gerät so nicht in Erklärungszwang. Von Autoren des 16. Jahrhunderts – darunter sogar Leonardo da Vinci – war damit, allerdings ohne praktische Nachprüfung, der Wassertransport selbst über hohe Berge für möglich gehalten worden.
- 21 Salomon de Caus: La / Pratique / et / Demonstration / des Horloges / Solaires. [...] Paris 1624, Avec un Discours sur les Proportions [...] De la grandeur, mouvement et vitesse du Soleil: [...] La terre est grande & le ciel haut, & le Soleil leger en sa course: car en un jour il tourne tout à l'entour du Ciel. Nous devons doncques arrester nostre curiosité dans les bornes de nostre Religion.
- 22 Eine späte Würdigung als Ingenieur erfuhr de Caus in einem Aufsatz von Theodor Beck, der ihm damit einen ehrenvollen Platz in der Geschichte des Maschinenbaus zuweist. Beck liefert (unter diesem Gesichtspunkt) eine sachkundige Zusammenfassung des ersten Buchs der Raisons. Während er das zweite Buch nur erwähnt, findet aus dem dritten Buch noch eine Walzenpresse zum Glätten von Blei- und Zinnplatten sein Interesse. Siehe Theodor Beck: Beiträge zur Geschichte des Maschinenbaus, Berlin 1899, S. 502–512
- 23 Livre premier, Des forces mouvantes – Das erste Buch / Von gewaltsamen Bewegungen – nachfolgend: de Caus/1. Buch
- 24 Livre / Second / Ou sont desseignées / plusieurs Grottes et Fontaines / propres pour l'ornement des / palais maisons de plaisances / et Jardins. /par / Salomon de Caus / Ingenieur et Architecte de son / Altesse Palatine Electorale / A / Francfort / En la boutique de Jan Norton / Libraire Anglois. / 1615. – Daß Ander Buch, / Darinnen mancherley Grotten und / Springende Brunnen, zur zier der / Fürstlichen Heusser und Gärten / verzeichnet / Durch / Salomon de Caus, / Ingenier und Bauwmeister / Ihrer Churfürstlichen Genaden / Phaltzgraven bey. / Rehin. [!] / Zu Francfurt bey Abraham Pacquart. / Französ: buchfürer. [1615] – nachfolgend: de Caus/2. Buch.
- 25 Livre / Troisième Trai- / tant de la Fabrique / des Orgues. / Par / Salomon de Caus Ingenieur et / Architecte de son Altesse Palatine Electorale. / A Francfort en la boutique de Jean Norton 1615. – Das Dritte Buch / Darinn / Clärlicher unnd nothwendiger Bericht, / wie Orgeln recht zu machen, und zu

- stimmen. / Durch / Salomonem de Caus / Churfl: Pfälzischen Ingeniern und Bauweistern / Auß / Französischer Sprach verdeutschet. / Anno 1515 [Druckfehler: = 1615] / Zu Franckfurt in Johann Nortons Buchladen zu finden. – nachfolgend: de Caus/3. Buch.
- 26 Lili Fehrle-Burger: Die Welt der Oper in den Schlossgärten von Heidelberg und Schwetzingen. Karlsruhe, 1977, S. 45: „ein kleines Karussell mit vier im Kreise tanzenden Pferden, die sich im Takt zur Musik einer Wasserorgel bewegten.“ – De Caus beschreibt eine Wasserpumpe mit Doppelzylinder, vier Pferde im Göpel liefern die notwendigen Antriebskräfte. Neben einer ganzseitigen perspektivischen Abbildung der Maschine verdeutlicht eine weitere Tafel das Getriebe für eine gleichmäßig pulsationsarme Förderung. Vgl. de Caus/1. Buch, fol. 11^v – fol. 13^r, Tafeln 12 und 13.
- 27 Vgl. die Produktion des ersten gedruckten Buchs von Salomon de Caus: Alexander Marr: 'A Duche graver sent for': Cornelis Boel, Salomon de Caus, and the Production of „La perspective avec la raison des ombres et miroirs“, in: Timothy Wilks (Hg.): Prince Henry Revived, Image and Exemplarity in Early Modern England, Southampton 2007, S. 212–238.
- 28 Vgl. Anm. 13.
- 29 de Caus/Institution, wie Anm. 10:[Widmung] A la Tres-Illustre et / Vertueuse Dame, / Anne / Royne de la Grande Bretagne.. [...] Et si Vostre Majesté a agreable ce mien petit labeur, cela me donnera courage de poursuivre, & mettre en lumiere un traité (de la fabrique des Machines Hidrauliques) commencé soubz mon bon Maistre d'heureuse memoire, le Serenissime Prince de Galles [...].
- 30 de Caus/2. Buch: Widmung an Prinzessin Elizabeth (Datum 1. Januar 1615): [...] quelques desseings, que j'ay autrefois faits, estant à son service, aucuns pour servir d'Ornement en sa maison de Richemont, et les autres pour satisfaire a sa gentille curiosité, qui desiroit toujours voir et cognoistre quelque chose de nouveau. [...] – [...] ettlliche Abriß zusammen verfasst / welche ich hiebevör / da ich in desselbigen Diensten gewesen / zur Zier seines Hauses Richemont, beneben andern so ich auch zur Vergnügung seiner Hochlöblichen Begierde / et was newes zu sehen und zu erfahren / gemacht: [...].
- 31 Vgl. Vitruv, zehn Bücher über Architektur, übersetzt von Curt Fensterbusch, Darmstadt 1964, Erstes Kapitel, Die Ausbildung des Baumeisters, S. 35–37: „Da [...] der Architekt von Beruf aber in allen Wissenschaftszweigen geschult sein muss, und da die Fassungskraft mit Rücksicht auf den Umfang des Stoffes es nur gestattet, daß er über das notwendige Maß hinaus nicht die höchsten, sondern nur mittelmäßige Kenntnisse in den Wissenschaften besitzt, bitte ich [...] die Leser um Nachsicht. [...] nur als ein Architekt, der mit diesen Wissenschaften (ein bißchen) vertraut ist, habe ich mich daran gemacht, dies zu schreiben“.
- 32 Krista de Jonge: Ein Netz von Grotten und Springbrunnen – Die ‚Warande‘ zu Brüssel um 1600, in: Ursula Härting (Hg.): Gärten und Höfe der Rubenszeit im Spiegel der Malerfamilie Breughel und der Künstler um Peter Paul Rubens (Katalog zur Ausstellung), München 2000, S. 89–105.
- 33 de Caus/1. Buch, fol. 34^v-35^r, Tafel 35.
- 34 Luke Morgan: Nature as Model, Salomon de Caus and Early Seventeenth-Century Landscape Design, Philadelphia 2007, S. 79.
- 35 Christina Sandrina Maks: Salomon de Caus, 1576–1626, Paris 1935.
- 36 Marguerite Devigne: Salomon de Caus. Revue belge de philologie et d'histoire, Tome 15, fasc. 2, 1936, S. 652–658.
- 37 Devigne, wie Anm. 36, S. 653f.: Articles et conditions sur lesquelles Salomon de Caulx Ingenieure de leurs Altesses entreprend dachever la grande grotte nouvelle qu'celles font faire au hault jardin de la feuillée de tout ce que y pourroit defaillant de pierres sauvaiges, rochiers, cocquilles, buses, cranes que aultres minutez comme sensuit.
- 38 Für die Orgeln selbst und die Mechanik der Automatensteuerungen gab es einen separaten Vertrag, der hier aber nur erwähnt wird: [...] le tout accompagné des mouvemens et Instrumens sonnans que par aultre contract fait avecq ceulx des finances ledit de Caulx at emprins faire a ladite grotte. Vgl. Devigne, wie Anm. 36, S. 656.
- 39 de Caus/2. Buch, fol. 12^v-13^r, Tafel 13.
- 40 de Caus/1. Buch, fol. 31^r-fol. 34^r, Tafeln 32, 33 und 34.
- 41 de Caus/2. Buch, fol. 14^v-15^r, Tafel 15.
- 42 Devigne, wie Anm. 36, S. 655: Comme aussy il sera tenu de livrer le trois tremblans de cuivre et trois soupapes à ladite buse [...].
- 43 de Caus/3. Buch, fol. 7^v (französisch), S. 16. (deutsch).
- 44 Devigne, wie Anm. 36, S. 655: [...] ung sommier de cuivre avecq huict soupapes, ung tambourin de cuivre et une roue a eaue et huict tuiaux de plomb pour faire jierter l'eaue a l'une des fontaines carées dentre les pilastres [...].
- 45 de Caus/2. Buch, Tafel 12.

- 46 Devigne, wie Anm. 36, S. 655: Item sera encores tenu livrer toutes les buses [...] qui défaileront soubz le pavement servans à mouillir les regardans [...].
- 47 Zur Medientheorie vergl. Marshall McLuhan: *Understanding Media, the extensions of man*, Chapter 1: *The medium is the Message*, New York 1964 (und zahlreiche Nachdrucke).
- 48 Ute Omonsky: Eine „Musikmaschine“ von Salomon de Caus: Kontext – Musik – Funktion, in: Hepp et al., wie Anm. 1, S. 127–137.
- 49 Ebd., S. 135. Die textlose (!) Intavolierung des fünfstimmigen Madrigals von Alessandro Striggio mit Detailzeichnung der zugehörigen Orgelwalze stammt aus einem anderen Beispiel der *Raisons: de Caus*/1. Buch, fol. 37^v-fol [39]^r; Tafeln 38 und [39], = *Probleme / Problema XXX*. Dieses 30. Problem dient zum besseren Verständnis eines großen Orgelautomaten, der als 28. Problem auf fol. 35^v – fol. 36^r / Tafel 36 vorgestellt wurde. Der (deutlich kleine) Orgelautomat mit der zugehörigen Musik für die Galatea-Grotte ist auf fol. 32^v-33^r / Tafel 33 beschrieben.
- 50 Isaac de Caus: *Nouvelle / Invention / de / lever l'eau plus / haut que sa source / [...] par / Isaac de Caus / Ingenieur, & Architecte*. [1644].
- 51 Ebd., Tafeln XXV / XXVI.
- 52 Isaac de Caus: *New and Rare Inventions / of / Water-Works / Shewing the easiest waies / to raise Water higher / then the Spring*. / [...] London 1659.
- 53 Stephen Switzer: *An / Introduction / to a General / System / of / Hydrostaticks and Hydraulicks [...] Deduc'd from the Theory of [...] Torricelli, Boyle, [...] Mariotte [...] and others. / Reduc'd to Practice by [...] de Caus, and other Architects [...]*. In *Two Volumes [...]* London 1729.
- 54 Ebd., Volume II, *Notes upon Book IV*. (Anhang am Ende, 4 Seiten, nicht paginiert).
- 55 Ebd., Volume II, Book III, S. 345–350, Plates 27–30.
- 56 Georg Andreas Böckler: *Theatrum machinarum novum, Schauplatz Der Mechanischen Künsten, Nürnberg 1661 / Neu=vermehrter Schauplatz der Mechanischen Künsten, Nürnberg 1673*.
- 57 Georg Andreas Böckler: *Architectura curiosa nova*, Nürnberg 1664.
- 58 [Tobias Nislen]: *Heronis Alexandrini Buch Von Lufft= und Wasser=Künsten [...]* Durch Agathum Carionem. Und mit einem Anhang [...] aus Salomon De Cous gewesenen Churfürstl. Pfaltzgrfl. Ingenieur und Baumeistern [...], Bamberg 1688.
- 59 Federico Commandino (Übersetzer): *Heronis Alexandrini Spiritium Liber*. [Paris] 1583.
- 60 Giovanni Battista Aleotti (Übersetzer): *Gli Artificiose et Curiosi Moti Spirituali di Herrone*. Ferrara 1589.
- 61 de Caus/1. Buch, *Theoresme/Theorema VI.*, fol. 4^v.
- 62 Ebd., *Theoresme/Theorema IX.*, fol. 5^v.
- 63 Caspar Schott: *Mechanica Hydraulico-Pneumatica*, Frankfurt 1657, S. 55f.
- 64 Eugène Albert de Rochas d'Aiglun: *La science des philosophes et l'art des thaumaturges dans l'antiquité*, 2e éd. Paris, [1911 oder 1912], S. 144-45, Planche XVII, Fig. 3/3bis (die erste Ausgabe erschien 1882).
- 65 Wilhelm Schmidt, Heron von Alexandria im 17. Jahrhundert, in: *Abhandlungen zur Geschichte der Mathematik*, Heft 8, 1898, S. 213.
- 66 Aage Gerhardt Drachmann: *Ktesibos, Philon and Heron, A Study in Ancient Pneumatics*, Kopenhagen 1948, S. 147-149 und S. 184–186.
- 67 Arsène Nicolas Baillet du Belloy, *Notice Historique sur les Machines à Vapeur; (Machines dont les Français peuvent être regardés comme les premiers inventeurs)*. *Journal des Mines*, Mai 1813, S. 321–326.
- 68 *L'appareil [...] est une véritable machine à vapeur: François Arago, Notices Scientifiques sur les Machines à Vapeur, Annuaire pour l'an 1829 par le bureau des Longitudes, Paris 1828, S. 158.*
- 69 Überdies hatte della Porta schon vorher ein Beispiel für die dampfbetriebene Spritzflasche publiziert, vergl. Beck: wie Anmerkung 22, S. 257, „Kenntnis der Dampfkraft im Alterthum, Spritzflasche“. Weder de Caus noch della Porta haben diese embryonale Technik weiter verfolgt.
- 70 *Zeitschrift für Physik und verwandte Wissenschaften, Zweiter Band, Wien 1833, „Die Dampfmaschine, die Erfindung eines Deutschen.“, S. 190–192.*
- 71 de Caus/1. Buch, fol. 18^v.
- 72 Ebd., fol. 2^v-fol. 3^r.
- 73 Ebd., fol. 19^v-20^r, Tafel 20.
- 74 Heute als Carnot'scher Kreisprozess darstellbar. Ein Ähnlichkeit zum Stirling-Motor besteht (nur) in der abgeschlossenen Luftmenge als Arbeitsgas.
- 75 Augustin Mouchot: *La Chaleur Solaire et ses Applications Industrielles*, Paris 1869, S. 183–186.