

# Von Paderborner Saugpumpen, Wasserkünsten und dem absoluten Nichts

## Naturphilosophische Experimente des 17. Jahrhunderts im europäischen Jesuitennetzwerk

Michael Ströhmer

Unser Leitbegriff »Kommunale Wasserregime« rückt das komplexe Wechselspiel zwischen Wasser und Macht in Alteuropa in den Fokus umwelthistorischer Stadtgeschichtsforschung. Dabei impliziert das *Regime* zuallererst herrschaftliche und politische Assoziationen, die auf administrative Problemfelder urbaner Trinkwasserver- und -entsorgung abzielen: Hierbei stehen Fragen der Verteilungsgerechtigkeit, der Seuchenprävention oder des Krisenmanagements bei Hochwasserkatastrophen oder Dürren auf der Agenda. Neben diesen klassischen Forschungsansätzen, welche die bunte Vielfalt historischer Lösungsstrategien im Umgang mit knappen Wasserressourcen thematisieren, verfolgt die Technikgeschichte mit ihrer Formel »Wissen ist Macht« eine weitere Facette des Begriffs Wasserregime. Denn technischer Fortschritt und Modernisierung der urbanen Wasserversorgung sicherten den Eliten nicht allein im interkommunalen Wettbewerb sozioökonomische Standortvorteile. Auch innerhalb der eigenen Stadtgesellschaft stützten Zugänge zum europäischen Wissenstransfer, der die Etablierung und Aufrechterhaltung kritischer Infrastruktur begleitete, das »gute Regiment« kommunaler Herrschaftsträger.

Für diese Wechselwirkung zwischen europäischem Wissenstransfer und kommunaler Machtausübung steht auch unser recht frühes Paderborner Fallbeispiel, das sich einem fehlgeschlagenen Pumpenexperiment widmet. Dessen historische Folgewirkungen lassen sich in drei Phasen unterteilen. Dank der Errichtung eines wasserradgetriebenen Pumpwerks im westlichen Paderquellgebiet (Börnepader) gelang es dem Jesuitenorden bereits in den 1620er Jahren, sich von der Wasserversorgung der protestantischen Bürgerstadt zu emanzipieren (Phase I). Zuvor hatte das Paderborner Kolleg im Vorfeld mit Hebemechaniken, hölzernen Brunnenpumpen und einer kuriosen pneumatischen Wasserkunst experimentiert. Erfahrungen mit diesen Wassermaschinen fanden eine Generation später Eingang in einen gesamteuropäischen Diskurs zur Vakuum-Problematik (Phase II), die theologisch aufgeladen interkonfessionell diskutiert wurde. Eng verbunden mit der weltanschaulichen Frage, ob Gottes Schöpfungsordnung die Existenz eines

luftleeren Raums innerhalb der Atmosphäre zulasse, war Mitte der 1650er Jahre die experimentelle Auslotung der natürlichen Grenzen moderner Pumptechnik. Getragen wurde dieser (aristotelische) Skeptizismus, der die Existenz eines Vakuums verneinte, unter anderem von drei deutschen Jesuitenprofessoren, die über die Achse Würzburg–Rom aus den Paderborner Pumpversuchen ihre Schlüsse zogen. Anhand dieser jesuitischen Ablehnung entspann sich bis in die 1680er Jahre hinein eine gesamteuropäische Kontroverse in der Gelehrtenrepublik (Phase III), an der sich führende Köpfe der Experimentalphysik wie Robert Boyle und Christian Huygens beteiligten. An deren Ende stand nicht allein der empirische Nachweis eines mit Saugpumpen hergestellten Vakuums, sondern ebenso die technische Verbesserung hydraulischer Pumpwerke, die fortan in der kommunalen Wasserversorgung eingesetzt werden konnten.

### Phase I (1620–25): Paderborner Experimente – Einsatz moderner Hydraulik und Pneumatik in der kommunalen Trinkwasserversorgung

Im Jahr 1657 beschreibt der ehemalige Novize und Philosophiestudent Pater Melchior Cornaeus (\*1598 †1665) in seinem Lehrbuch »Curriculum philosophiae«<sup>1</sup> (Abb. 1) ein Paderborner Experiment mit einer geborstenen Ansaugpumpe. Um die mühevollen Arbeit des Wassers schöpfens zu erleichtern, hätten Paderborner Jesuiten vor 37 Jahren, also um das Jahr 1620, mehrere mechanische Hebevorrichtungen über einem Brunnenschacht ihres Kollegs errichtet. Dieser im 17. Jahrhundert noch unter freiem Himmel stehende Hausbrunnen ist bis heute als runder Schacht erhalten und stand seinerzeit an der Südwestecke des alten Kolleggebäudes. Er kann im Keller des »Neuen Südflügels« der Theologischen Fakultät am Kamp besichtigt werden (Abb. 2).<sup>2</sup>

Cornaeus beschreibt diesen Schacht als »äußerst tief« (»puterum ingentis prorsus profunditatis«),<sup>3</sup> weshalb das manuelle Wassers schöpfen mit Seil und Holzzeimer eine ebenso zeitaufwendige wie körperlich anstrengende Tätigkeit gewesen sei. Und in der Tat gehört der ehemalige Jesuitenbrunnen mit seinen rund 15 Metern zu den tiefsten Wassers chächten in der Paderborner Altstadt. Um sich die Arbeit zu erleichtern, hatten die Jesuiten gleich mehrere Hebevorrichtungen erdacht, um das Grundwasser »durch viele Maschinen und Räder« (»per machinas multasque rotas«) heraufziehen zu können. Doch hätten diese »Maschinen« nicht den gewünschten Effekt gehabt, sodass das Wassers schöpfen mit der Brunnenwinde oder anderen Gerätschaften »sehr mühevoll« (»arduo molimine«) geblieben sei.

1 Originaltitel: CORNAEUS, Melchior: Curriculum Philosophiae Peripatetici. Ut hoc tempore in scholis decurri solit multis figuris et curiositatibus e Mathesi Petitius, et ad physin reductis, illustratum, Herbipoli 1657.

2 Zur prekären Versorgungslage vgl. STRÖHMER, Michael: Die Wassernot des Paderborner Jesuitenkollegs. Brunnen und Wasserkünste im konfessionspolitischen Ressourcenkonflikt (1596–1629), in: Theologie und Glaube 8 (2021), H. 4, S. 362–391, hier S. 368–373.

3 CORNAEUS, Curriculum, q. 4, sect. 2, dub. 4, prob. 8, S. 402.

Abbildung 1: Titelpupfer des Lehrbuchs mit metaphorischer Darstellung der Curricula als »Wettlauf« unter Philosophiestudenten, Würzburg 1657.



Um ihr Versorgungsproblem zu lösen, wechselten die Jesuiten deshalb von den Kräften der Mechanik zu den subtileren Methoden der Hydraulik und Pneumatik. Man baute eine »antlia«,<sup>4</sup> eine Hubkolbenpumpe mit langem hölzernem Saugrohr. Da uns Pater Cornaeus deren Konstruktion weder bildlich noch textlich im Detail beschreibt, können wir uns ihrem Aufbau nur über das noch heute gültige Funktionsprinzip einer Brunnenpumpe annähern (Abb. 3).

4 CORNAEUS, Curriculum, S. 402.

Abbildung 2: Brunnenschacht im Keller des »Neuen Südflügels« des ehemaligen Jesuitenkollegs Paderborn. © Foto: M. Ströhmer

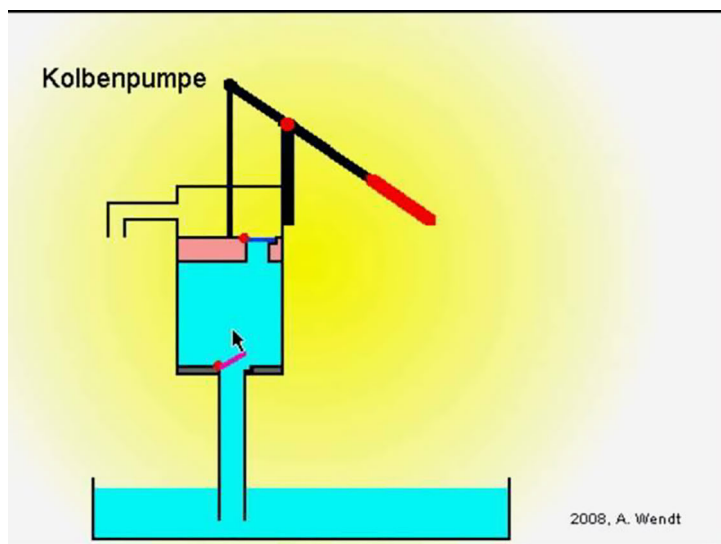


Auch verrät uns der Chronist nicht, wer diese mit Luft- und Wasserdruck arbeitende Pumpe konkret erdacht und konstruiert hat. Er deutet in seiner Beschreibung jedoch an, dass es sich hierbei um eine Gemeinschaftsleistung des gesamten Kollegs gehandelt habe.<sup>5</sup> Mit rund 80 Kollegiaten und Novizen<sup>6</sup> verfügte die Paderborner Jesuitenuniversität um 1620 sowohl über die fachliche Expertise wie auch über eine hauseigene Schreinerwerkstatt,<sup>7</sup> um die Komponenten einer Brunnenpumpe in Eigenregie fertigen zu können. Das neue Gerät sollte auf den Grund des Schachtes herabgelassen werden, wobei das Saugrohr aus einer Reihe ausgehöhlter Baumstämme bestand, die man zusammenstecken konnte.<sup>8</sup> Für die Bohrung dieser Holzrohre stand in Paderborn eine weitere Wassermaschine zur Verfügung: die Bohrmühle der Stadtwasserkunst an der Börnepader.

- 
- 5 »Paraverant Nostri in Collegio [...] – Gemeinsam hatten wir im Kolleg [...], CORNAEUS, Curriculum, S. 402.
- 6 Athanasius Kircher: »In unserem Kolleg zu Paderborn befand sich damals gerade die Bildungsstätte für den Nachwuchs unserer Gesellschaft. An 80 Personen waren darin zu verköstigen.« Zit. n. SENG, Nikolaus: Selbstbiographie des P. Athanasius Kircher aus der Gesellschaft Jesu aus dem Lateinischen übersetzt, Fulda 1901, S. 16.
- 7 Das Inventar der hauseigenen »Schreinerey« ist für die Jahre 1653–64 in einem Verzeichnis detailliert überliefert. Vgl. Erzbischöflich Akademische Bibliothek (EAB) Paderborn, Studienfonds Paderborn Akten, I Nr. 33, Bd. 1, fol. 42r–45r. Mit den beiden Laienbrüdern Markus Raeth und Jakob Löffkötter sind für das Jahr 1618 auch zwei Schreiner (»arcularius«) belegt. Vgl. SANDER, Johannes S. J.: Geschichte des Jesuitenkollegs in Paderborn 1580–1659 (= Studien und Quellen zur Westfälischen Geschichte, Bd. 64), Paderborn 2011, S. 495.
- 8 »[...] arboribus integris in tubos excavatis & invicem innexis«. CORNAEUS, Curriculum, S. 402.

Letztere trieb über ein kleines Wasserrad ein horizontales Bohrwerk mit Löffelbohrer und Schlitten an, mit dem der Stadtwassermeister ansonsten hölzerne Gefälleleitungen für die öffentliche Trinkwasserversorgung herstellte. Denkbar wäre aber auch die manuelle Nutzung eines einfachen Handbohrers in der jesuitischen Schreinerei, vor allem dann, wenn die Segmente des Ansaugrohrs nicht allzu lang ausgefallen sein sollten – und sich daher der Längsachse nach präzise von zwei Seiten durchbohren ließen.<sup>9</sup>

Abbildung 3: Funktionsschema einer Brunnenpumpe mit Saugrohr. © A. Wendt



Mit dem Absenken des Saugrohrs in den Schacht begann der Versuch. Durch die Betätigung eines »Kolbens« (»per pistilla«) versuchten »starke Männerarme«<sup>10</sup> das Grundwasser über rund 15 Höhenmeter hinaufzupumpen. Doch trotz aller Anstrengungen gelang ihnen dieses nicht. Der Kolben im Zylinder habe sich durch keine menschliche Kraft mehr bewegen lassen. Nach nochmals erhöhtem Muskeleinsatz der jungen Männer sei die Pumpe plötzlich »mit einem erschreckenden Knall« (»cum terribili fragore«)<sup>11</sup> ge-  
borsten, womit das Experiment abrupt geendet haben dürfte.

Als Ursache für das Krepieren der Brunnenpumpe vermutet Pater Cornaeus nicht etwa einen technischen Defekt oder Konstruktionsfehler, sondern menschliche Hybris. Man habe die Pumpe durch Unkenntnis der göttlichen Naturgesetze zerstört. Denn den

9 Die Technik der mit Wasserkraft betriebenen Holzrohrherstellung wird jüngst in der rekonstruierten Bohrmühle der Stadt Büren (Ersterwähnung 1617, Landkreis Paderborn) erprobt. Vgl. LEMM, Gregor: Von »Piepen«, »Kümpen« und »Sissemännekes«. Bürens hölzerne Lebensader, in: Zeitsprünge. Büren zur 825-Jahr-Feier der Stadt, Büren 2020, S. 58–63.

10 »[...] lacertis & machinis homines plurimi & robustissimi extremè contenderent, [...]«. CORNAEUS, Curriculum, S. 402.

11 CORNAEUS, Curriculum, q. 4, sect. 2, dub. 4, prob. 8, S. 402.



physikalischen Erfolg, über einen im Pumpzylinder erzeugten Unterdruck eine Wassersäule im Steigrohr stabil zu halten, habe Gott nur in Grenzen zugelassen. Damit hatte der Jesuit insofern Recht, als die maximale Förderhöhe einer Brunnenpumpe noch heute von der Stärke des atmosphärischen Luftdrucks abhängig ist, der auf den Wasserspiegel im Brunnenschacht wirkt.<sup>12</sup> Bei gut 110 m ü. N. dürfte damit die maximale Steighöhe der Wassersäule im Rohr zwischen 9,50 und 10 Metern gelegen haben. Da aufgrund der Schachttiefe von 15 Metern die Konstruktion des Saugrohrs vermutlich länger ausgefallen sein dürfte, konnte das Wasser den Ausguss am Pumpenkopf wohl nicht mehr erreichen.

Ohne bereits an dieser Stelle auf die berühmten Vakuum-Versuche der 1650er Jahre in Magdeburg, Würzburg und Rom einzugehen, bleibt zunächst festzuhalten, dass der Paderborner Philosophiestudent Cornaeus am Platzen der Brunnenpumpe die Lehrmeinung des Altmeisters Aristoteles (\*384 †322 v. Chr.) bestätigt sah: Offenbar könne keine menschliche Kraft auf Erden einen vollständig luftleeren Raum erzeugen – so das jesuitische Diktum.<sup>13</sup> Folglich interpretierte er den lauten Druckausgleich im Pumpzylinder und/oder Saugrohr als »Sieg der Natur« (»Naturae victoriam«). Innerhalb des Pumpenkörpers habe offensichtlich eine »zurückhaltende Kraft« (»vis retentiva«) gewirkt, die größer gewesen sei als die »Unter- und Oberarmkraft des Menschen zur Bewerkstelligung eines Vakuums« (»in brachiis & lacertis hominum ad faciendum vacuum«).

An diese mysteriöse »Gegenkraft«, die sich mit einem lauten Knall Gehör verschafft hatte, erinnerte sich der in Brilon geborene Cornaeus, inzwischen zum Theologieprofessor an die Universität Würzburg berufen, offenbar noch Mitte der 1650er Jahre beim Schreiben seines Buches. Damals, im Jahr 1620, unterstrich das Paderborner Experiment seine persönliche Skepsis gegenüber der Existenz eines Vakuums, die dem Gelehrten wohl erstmals am Paderborner Kollegbrunnen so sinnlich vor Augen geführt worden war.

Mit hoher Wahrscheinlichkeit können wir davon ausgehen, dass diese Paderborner Wasserexperimente auch bei einem weiteren namhaften Mitschüler des Cornaeus im Gedächtnis geblieben sind – und über Jahrzehnte nachwirkten. Denn unabhängig von der rein pragmatischen Frage, ob und wie geschickt das Jesuitenkolleg sein Trinkwasserproblem zu lösen vermochte, berührten Versuche zur künstlichen Wasserhebung immer auch Grundfragen der jesuitischen Naturphilosophie. Gemeint ist der vier Jahre jüngere Athanasius Kircher (\*1602 †1680), der als sechzehnjähriger Anwärter zusammen mit

12 Demnach nahm die Förderhöhe einer Kolbenpumpe mit der topografischen Höhe ihres Einsatzorts ab. Mit der naturräumlichen Reduzierung der Luftmasse nahm folglich deren Schubkraft auf die Wassersäule im Steigrohr ab, die aufgrund des Unterdrucks im Pumpzylinder nach oben gedrückt wurde.

13 Vgl. VOLLRATH, Hans-Joachim: Kaspar Schott 1608–1666. Leben und Werk des Würzburger Mathematikers, Würzburg 2017, S. 64; SCHIMKAT, Peter: Denis Papin und die Luftpumpe. Zum wiederentdeckten Kasseler Experimentiertagebuch von 1694 und einer möglichen Beteiligung Papins, in: SCHNEIDER, Helmuth/TÖNSMANN, Frank (Hgg.), Denis Papin. Erfinder und Naturforscher in Hessen-Kassel, Kassel 2009, S. 50–67, hier S. 52ff.

dem damals zwanzigjährigen Melchior Cornaeus im Jahr 1618 sein zweijähriges Noviziat in Paderborn angetreten hatte (Abb. 4).<sup>14</sup>

*Abbildung 4: Pater Athanasius Kircher im Alter von 53 Jahren.*



Ab 1620 folgte für beide das dreijährige Philosophiestudium, dessen erstes Jahr nach der jesuitischen Studienordnung (»Ratio studiorum«) im Erlernen sprachgewandter »Logik« bestand. Danach folgten für ein Jahr Grundlagen der »Physik«. Mutmaßlich aus diesem letzten Studienjahr, das für Kircher jedoch schon im Januar 1622 vorzeitig endete, dürften die späteren Universitätsprofessoren intensivere Bekanntschaft mit der aristotelisch-thomistischen Naturlehre der Scholastik gemacht haben.

14 Athanasius Kircher wird in den Paderborner Jesuitenannalen zweimal namentlich erwähnt: 1621 als »Logicus«, also Philosophiestudent im ersten Jahr der »Logik«, und 1623 als Student der »Metaphysik«. Bei der zweiten Erwähnung als »Metaphysiker« könnte es sich um einen fehlerhaften Nachtrag handeln, da Kircher laut seiner Autobiografie das Paderborner Kolleg nach dem Einfall Christians v. Braunschweig bereits im Januar 1622 fluchtartig verlassen hatte. Vgl. SANDER, Geschichte des Jesuitenkollegs, S. 529 u. S. 583. Zur Flucht aus Paderborn vgl. SENG, Selbstbiographie, S. 15ff.

In Kirchers Autobiografie aus den 1670er Jahren findet das Paderborner Pumpenexperiment keine Erwähnung, was aus quellenkritischer Perspektive aber nicht weiter verwundert. Lag es doch in der Absicht des äußerst selbstbewussten, ja eitlen Universalgelehrten, mit gut fünfzigjährigem Abstand Beispiele jesuitischer Frömmigkeit und Bescheidenheit in seine Jugendzeit zu legen. John Glassie, einer seiner jüngeren Biografen, hinterfragt diese vom alten Kircher ostentativ zur Schau gestellte Einfältigkeit zu recht als frommes Konstrukt, dem wenig zu trauen sei. Auch wenn der junge Athanasius während seines Paderborner Noviziats durch mustergültige Exerzitien aufgefallen sein mag, dürfte gerade er an den Pumpversuchen am Kollegbrunnen besonderes Interesse gefunden haben. Glassie schreibt zu diesem letzten Abschnitt des Paderborner Studiums: »[...] als im nächsten Jahr [1620] die Physik – damals die Lehre der Naturerscheinungen – an der Reihe war, muss er [Athanasius] im Unterricht zumindest sehr aufmerksam gewesen sein; schließlich hat er sich einen Großteil seines späteren Lebens mit naturwissenschaftlichen Themen beschäftigt«.<sup>15</sup>

Dank Kirchers Lebenserinnerungen können wir – im Gegensatz zur weitgehend dunklen Biografie seines Kollegen Cornaeus – klar eine persönliche Affinität zum Element Wasser fassen. Nach eigener Aussage zog sich diese quer durch seine erste Lebenshälfte; meist als existenzielle Bedrohung erfahren und deshalb von ihm zutiefst gefürchtet. Schon als Kind habe der kleine Athanasius die unerbittliche Gewalt des Wassers bei mehreren Unfällen hautnah zu spüren bekommen. Doch dank des himmlischen Beistands der Gottesmutter seien all diese von Gott auferlegten »Wasserproben« glimpflich verlaufen. So geriet der Knabe wohl in den 1610er Jahren bei einem sommerlichen Bade nahe seiner Heimatstadt Geisa (bei Fulda) im Fluss durch Leichtsinnigkeit unter das große Schaufelrad einer Wassermühle, das ihn zu »zerquetschen« drohte.<sup>16</sup> Im Winter 1617/18, beim Schlittschuhlaufen auf dem Main, zog sich der fünfzehnjährige Schüler des Mainzer Jesuitenkollegs »in knabenhafter Eitelkeit« bei einem Wettlauf einen schweren Leistenbruch zu.<sup>17</sup> Vier Jahre später, im Winter 1622, brach der Philosophiestudent nach seiner überstürzten Flucht aus Paderborn beim Überqueren des zugefrorenen Rheins bei Neuss in das eiskalte Flusswasser ein. Erneut drohte er zu ertrinken oder zu erfrieren.<sup>18</sup> Und noch als dreißigjähriger Mathematikprofessor, der 1631 aus der Würzburger Universität vor den Schweden nach Frankreich geflohen war, bedrohte in Avignon das rotierende Rad einer »Wasserkunst« Kirchers Leben. Hierzu eine Passage aus seiner Autobiografie: Um sich von seinen Studien zu erholen, suchte er zusammen mit einem Laienbruder einen Kolleggarten der Jesuiten in der südfranzösischen Vorstadt auf. Dieser wurde mittels eines Wasserhebewerks künstlich bewässert. Neugierig näherte sich Kircher dem großen Schöpfrad, das ein Pferd »über eine lange Stange« in Bewegung setzte.<sup>19</sup> Er selbst beschreibt die Hebevorrichtung und sein Missgeschick wie folgt:

15 GLASSIE, John: *Der letzte Mann, der alles wusste. Das Leben des exzentrischen Genies Athanasius Kircher*, Berlin 2014, S. 38.

16 Vgl. GLASSIE, *Der letzte Mann*, S. 23f.

17 Vgl. GLASSIE, *Der letzte Mann*, S. 30.

18 GLASSIE, *Der letzte Mann*, S. 44–47.

19 Vgl. SENG, *Selbstbiographie*, S. 33f.



»Zwischen den zwei Wänden auf dem Grunde war eine große Menge hervorsprudelnden, tiefen Wassers. Dies wurde durch die Schöpfeimer des Rades regelmäßig emporgehoben, in ein sehr großes Becken ausgegossen und durch Gräben in den ganzen Garten abgeleitet. [...] Ich war so sehr in Gedanken versunken, daß ich das Pferd gar nicht beachtete. Auf einmal wurde ich von der Schöpfvorrichtung erfaßt, und da ich weder das Pferd zum Stillstand bringen, noch zwischen der Mauer und der Hebemaschine ohne die Gefahr, daß mein ganzer Körper zerquetscht werde, Posto [= Halt, MS] fassen konnte, so wurde ich vom Schöpfer herab zwischen das Rad abgeschüttelt. Auf dem unaufhaltsam sich drehenden Rade konnte ich gleichfalls nicht festen Fuß fassen. [...] Während ich nun zugleich mit dem Rade herumgeschleudert wurde und mich in offener Todesgefahr sah, nahm ich mit gewohntem Vertrauen meine Zuflucht zur Mutter Gottes. Und siehe, auf einmal blieb das Rad stehen. Ich steckte bis an den Hals im Wasser, gewahrte aber die den Abstieg zu dem Wasser vermittelnden Treppenstufen. Auf diesen stieg ich ganz heil und unverletzt empor.«<sup>20</sup>

In einem Nachsatz seiner Erinnerungen deutet der mittlerweile ergraute Universalgelehrte an, dass sich diese jüngste Wasserprobe Gottes besonders tief in sein Gedächtnis eingebrannt habe: »Die ausgestandene Gefahr war so schrecklich, daß ich [nach über 40 Jahren, MS] nicht ohne Schaudern an sie denken kann.«<sup>21</sup> Auch wenn Kircher in diesen autobiografischen Episoden zeigen möchte, dass er dank seines Zutrauens zur Seligen Jungfrau stets errettet worden sei, so fällt doch auf, dass bei diesen Abenteuern stets das Wasser in all seinen Aggregatzuständen eine bedrohliche Rolle gespielt hatte. Womöglich liegt in diesen ausgestandenen Nöten für Kircher ein persönliches Momentum begründet, sich in seiner römischen Zeit intensiver mit der Hydraulik und dem Bau von Brunnen und Wassermaschinen zu beschäftigen.

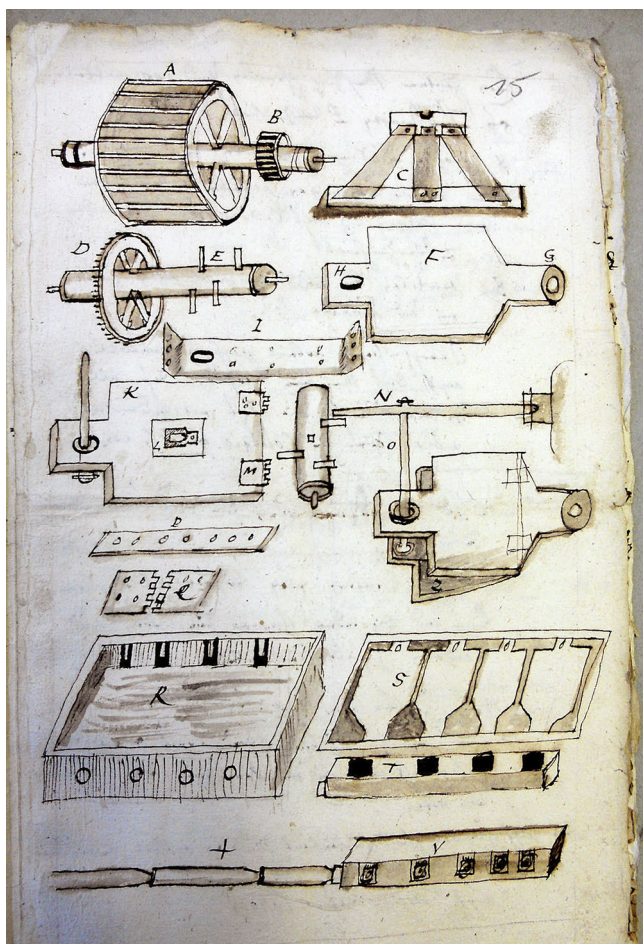
Zurück nach Paderborn: Ein weiterer Nachhall des Pumpversuchs von 1620 findet sich gut drei Jahre später beim Bau der neuen »Jesuitenwasserkunst«. Orgelbaumeister Jacob Hein aus Fritzlar, der erste von insgesamt drei von den Jesuiten beauftragten Baumeistern, experimentierte in den Jahren 1623/24 erneut mit einer pneumatischen Lösung als Fördertechnik. Dieses Mal galt es, das Quellwasser der Börnepader über knapp 16 Höhenmeter quer durch die Stadt in den Wirtschaftshof des Jesuitenkollegs zu leiten.<sup>22</sup> Als vielseitiger Polypraktiker konzeptionierte der geschickte Handwerker in einem ersten Entwurf ein Pumphebewerk aus vier kombinierten Blasebälgen (Abb. 5).

20 SENG, Selbstbiographie, S. 33.

21 Zit. n. SENG, Selbstbiographie, S. 34. Vgl. auch GLASSIE, Der letzte Mann, S. 88.

22 Hierzu im Detail STRÖHMER, Michael: Die Paderborner Wasserkünste als technische Denkmale des europäischen Kulturerbes ECHY 2018, in: Westfälische Zeitschrift 169 (2019), S. 295–317, hier S. 303–314.

Abbildung 5: Entwurf einer pneumatischen Balgenpumpe für die Paderborner Jesuitenwasserkunst, Handzeichnung des Orgelbaumeisters Jacob Hein aus Fritzlar, 1623/24.



Dieser Pumpensatz sollte über eine Nockenwelle und entsprechendes Gestänge von einem Wasserrad angetrieben werden, wodurch es vollmechanisiert gewesen wäre. Bei der Wahl dieser eher ungewöhnlichen Pumpmethode griff Hein neben seiner persönlichen Erfahrung als Instrumentenbauer vermutlich auch auf ältere Vorbilder aus der italienischen Renaissance zurück. Infrage käme beispielsweise der Entwurf des in Siena wirkenden Ingenieurs Mariano di Jacopo, genannt Taccola (\*1381 †1458), der in den 1430er Jahren eine pedale Wasserpumpe mit zwei Blasebälgen skizzierte, die ein Mann noch mit der Muskelkraft seiner Beine antrieb. Ein anderer Orgelbaumeister, Maximus von Dubrau aus dem Hochstift Brixen, experimentierte in den 1530er Jahren bereits mit einem mechanisierten Luftpumpenwerk zur Wasserhaltung im großen Tiroler Silberbergwerk von Schwaz.<sup>23</sup> Gemeinsam war diesen Versuchen, dass sie in der Praxis nicht zu-

23 STRÖHMER, Die Paderborner Wasserkünste, S. 306.

friedenstellend funktionierten. Dennoch verweist deren Durchführung auf einen wichtigen methodischen Paradigmenwechsel in den europäischen Naturwissenschaften: die zunehmende Ablösung des literarischen Autoritätsbeweises durch das praktische Experiment.<sup>24</sup>

## Phase II (1653–57): Würzburger Experimente – Europäischer Wissenstransfer im jesuitischen Netzwerk

Zwei weitere Spuren hinterließ das Paderborner Experiment von 1620 gut 35 Jahre später in der Festung Marienberg, hoch über Würzburg gelegen. Das betraf zum einen die dort zwischen 1655 und 1657 durchgeführten Vakuumversuche wie zum anderen die Wasserversorgung der landesherrlichen Residenz selbst. Denn parallel zu dem Würzburger Experiment ließ Fürstbischof Johann Philipp von Schönborn (\*1605 †1673) zwischen 1653 und 1656 eine neue »Schlosswasserkunst« errichten, deren Pumpanlage im Tal an der Oberen Mainmühle beim Stift St. Burkhard errichtet wurde.

Spur 1: Vakuum-Experimente: Wie eingangs angedeutet, spielten bei den dort veranstalteten Vakuumversuchen, die 1655/56 mit Luft- und Wasserpumpen durchgeführt wurden, drei deutsche Jesuitenprofessoren eine zentrale Rolle: Athanasius Kircher, Melchior Corneaus und Caspar Schott (\*1608 †1666). Dieses Gelehrtentrio sorgte mit seiner begleitenden Korrespondenz, seinen Gutachten und Publikationen für einen europaweiten Transfer der dort erzielten Forschungsergebnisse in die neue Experimentalphysik.

Der gebürtige Unterfranke Kaspar Schott hat Kircher an der Universität Würzburg kennengelernt, als dieser dort zwischen 1629 und 1631 Moralphilosophie, Mathematik und orientalische Sprachen lehrte.<sup>25</sup> Nach einem zweijährigen Studienaufenthalt am Jesuitenkolleg in Tournai (Belgien) schloss Schott 1633 sein Philosophiestudium ab.<sup>26</sup> Zum Theologiestudium zog er nach Sizilien, wo er 1637 die Priesterweihe erhielt. Es folgte 1649 seine erste Berufung auf die Professur für Mathematische Wissenschaften in Palermo, um am dortigen Kolleg bis 1651 Philosophie, Mathematik und Moralphilosophie zu lehren. Danach erfüllte sich für den »Sizilianer« ein Lebenstraum: Er wurde im Herbst 1652 als Assistent des von ihm verehrten Universalgelehrten Kircher ans Collegium Romanum nach Rom berufen. Dort forschten die beiden Jesuiten für die nächsten drei Jahre gemeinsam auf zahlreichen naturphilosophischen Gebieten, was auch den Bau und das Experimentieren mit hydraulischen und pneumatischen Apparaturen einschloss.<sup>27</sup>

24 Zu diesem Wendepunkt in der naturphilosophischen Beweisführung vgl. KIRCHER, Ernst: Athanasius Kircher – Wanderer zwischen altem und neuem naturwissenschaftlichen Denken, in: BEINLICH, Horst/DAXELMÜLLER, Christoph/VOLLRATH, Hans Joachim e. a. (Hgg.), *Magie des Wissens. Athanasius Kircher 1602–1680. Universalgelehrter, Sammler, Visionär. Ausstellungskatalog Würzburg und Fulda*, Dettelbach 2002, S. 169–176.

25 Vgl. DAXELMÜLLER, Christoph: Ein Gang durch Zeit und Raum. Das Museum Kircherianum, in: BEINLICH/DAXELMÜLLER/VOLLRATH e. a. (Hgg.), *Magie des Wissens*, S. 49–66, hier S. 54f.

26 Vgl. VOLLRATH, Kaspar Schott, S. 22–29.

27 Vgl. VOLLRATH, Kaspar Schott, S. 30–39.

Schotts persönliches Forschungsinteresse galt schon früh allen Arten von Wassermaschinen und hydraulischen Fragestellungen.<sup>28</sup> Ihnen widmete er mit der »Mechanica hydraulico-pneumatica«<sup>29</sup> von 1657 auch eine seiner ersten größeren wissenschaftlichen Abhandlungen – inklusive der Ergebnisse seiner eigenen Würzburger Vakuumversuche.

Abbildung 6: Vakuumversuche auf der Würzburger Festung Marienberg mit Ansaugpumpe und gläsernen »Rezipienten«, aus K. Schott, *Mechanica hydraulico-pneumatica*, Würzburg 1657.



Denn zwei Jahre zuvor, im Spätherbst 1655, hatte der Mainzer Kurfürst Johann Philipp von Schönborn, in Personalunion Fürstbischof von Würzburg, Kaspar Schott als Mathematikprofessor an seine fränkische Universität berufen. Hier blieb und arbeitete er bis zu seinem Lebensende im Jahr 1666.

28 Vgl. VOLLRATH, Kaspar Schott, S. 68–82.

29 SCHOTT, Kaspar: *Mechanica Hydraulico-Pneumatica Qua praeterquam quod Aquei Elementi naturam proprietates, [...] a primis fundamentis [...] demonstratur; omnes quoque generis Experimenta hydraulico-pneumatica recluduntur [...]*, Francofurti 1657.



Auch für Pater Melchior Cornaeus war die Universitätsstadt am Main mittlerweile zur akademischen Heimat geworden. Seit 1638 unterrichtete er hier als Theologieprofessor das Fach Dogmatik.<sup>30</sup> Die Patres Schott und Cornaeus waren also seit Herbst 1655 Würzburger Kollegen. Zuvor war letzterer, ähnlich wie sein ehemaliger Paderborner Kommilitone Kircher, kriegsbedingt mehrere Jahre in Frankreich unterwegs gewesen. So gab der gebürtige Sauerländer vor seinem Rückruf nach Deutschland in der jesuitischen Ordensprovinz Toulon sieben Jahre lang philosophischen Basisunterricht; ein Hinweis darauf, dass der profilierte Kontroverstheologe Cornaeus auch naturphilosophisch interessiert war und in der Grundausbildung des jesuitischen Nachwuchses ausgiebig Lehrerfahrungen gesammelt hatte.

Athanasius Kircher, ihr gemeinsamer Ordensbruder und Verbindungsmann, unterrichtete seit 1633 in Rom Mathematik, Physik und orientalische Sprachen. 1645 stellte ihn der Ordensgeneral von allen Lehrverpflichtungen frei, um sich ausschließlich der Forschung sowie dem Aufbau des neuen Museums am Collegium Romanum, dem bekannten »Musaeum Kircherianum«, widmen zu können. Nicht zuletzt diese römische Institution verhalf Kircher zum Ruf eines »Mann[es], der alles wusste«.

Aufgrund dieser personellen Dreierkonstellation Kircher – Cornaeus – Schott avancierte die Würzburger Forschungsstätte ab Mitte der 1650er Jahre via Rom zum kommunikativen Knotenpunkt im jesuitischen Gelehrtennetzwerk. Von hier aus machten die praktischen und literarischen Arbeiten von Schott und Cornaeus auch das später weltberühmte »Magdeburger Experiment« (1654) des Bürgermeisters Otto Guericke erstmals in Europas Gelehrtenrepublik bekannt.<sup>31</sup> Welchen wissenschaftlichen Beitrag die Paderborner Pumpversuche aus den 1620er Jahren für die jesuitischen Vakuumversuche in Würzburg leisteten, soll nun im Folgenden kurz erörtert werden.

Zur Annäherung an diese Frage ist zunächst ein Blick auf die wissenschaftliche Relevanz des Themas Vakuum für die Gesellschaft Jesu zu werfen. Grundsätzlich ging es den Jesuiten bei ihren Experimenten mit Luft- und Wasserpumpen immer auch um die Klärung grundlegender philosophisch-theologischer Fragestellungen auf der Metaebene. Etwa die Beantwortung der jahrhundertealten Spekulation, ob innerhalb der Erdatmosphäre überhaupt ein luftleerer Raum existieren könne. War es vollstellbar, dass Gottes Schöpfungsordnung ein »absolutes Nichts« auf Erden zuließ? Denn nach der hochgeschätzten aristotelischen Lehrmeinung widerspräche die künstliche Herstellung eines (vollkommen) luftleeren Raumes den literarisch überlieferten Naturgesetzen der Alten Griechen.<sup>32</sup> Erfolgreiche Vakuumversuche des 17. Jahrhunderts, wie sie 1644 der florentinische Physiker und Nachfolger Galileo Galileis Evangelista Torricelli (\*1608 †1647) beim

30 Zur knappen Biografie vgl. KRATZ, Wilhelm: Cornäus, Melchior, in: *Neue Deutsche Biographie* 3 (1957), S. 362.

31 Vgl. VOLLRATH, Kaspar Schott, S. 63–66.

32 Bereits Philon und Horion von Alexandria, Mitbegründer der antiken Pneumatik, diskutierten in der hellenistischen Welt seit dem 3. Jahrhundert v. Chr. über die strittige Existenz eines gänzlich luftleeren Raums. Vgl. SCHNEIDER, Helmut: Zur Archäologie der Dampfmaschine: Heron von Alexandria, in: SCHNEIDER, Helmut/TÖNSMANN, Frank (Hgg.), Denis Papin, S. 14–32, hier S. 22ff. Kaspar Schott kannte Herons antike Schriften und zitierte »Horo[n] Alexandrinus« neben Archimedes und Vitruv mehrfach als einen ausgewiesenen »scriptor hydraulicorum et pneumaticorum«. SCHOTT, *Mechanica*, S. 8.

Bau seines Quecksilberbarometers vorweisen konnte,<sup>33</sup> untergruben somit zugleich die Fundamente jesuitischer Naturphilosophie – und tangierten damit stark die universitäre Lehre des Ordens. Doch führten konservative Jesuiten auch aktiv Gegenbeweise an: Nach eigener Aussage habe Athanasius Kircher schon Anfang der 1640er Jahre, also noch vor Torricellis Versuch, persönlich ein »gescheitertes« Vakuum-Experiment in Rom beobachten können. Bei diesem ergebnislosen Versuch seien ein »Saugheber«, »Wasser« und ein »langes Bleirohr« zum Einsatz gekommen; drei Komponenten, die entfernt an das Paderborner Pumpenexperiment von 1620 erinnern – freilich ohne dass wir den konkreten Versuchsaufbau in beiden Fällen kennen.<sup>34</sup>

Aus dieser latenten Verteidigung des Alten heraus ging das jesuitische Gelehrtennetzwerk des Öfteren in die Offensive, indem es, wie Angehörige anderer kirchlicher Orden auch, die neuen Erkenntnisse der europäischen Naturphilosophie im Experiment überprüfte.<sup>35</sup> Zu diesen Versuchen zählten die spektakulären Vakuumversuche mit Luftpumpe, Wassersäulen und runden Glasgefäßen (»Rezipienten«), die Otto Guericke erstmals 1654 auf dem Reichstag zu Regensburg öffentlich vorführen ließ.<sup>36</sup> Eine reichsweite Rezeption dieser neuen unsichtbaren Kraft erfuhren die neuen »Magdeburger Versuche« vor allem durch die heute noch bekannten »Magdeburger Halbkugeln«, die Guericke 1657 einem breiten Publikum vorführte.<sup>37</sup> Hierbei gelang es selbst zwei achtköpfigen Pferdegewisspannen nicht, den Unterdruck in den leergepumpten Messingschalen durch tierische Muskelkraft zu trennen.

Unter den prominenten Zuschauern der Regensburger Vorführungen von 1654 war auch Kaspar Schotts Landesherr Kurfürst Johann Philipp v. Schönborn. Dieser kaufte kurzerhand die Instrumente des protestantischen Bürgermeisters auf und ließ sie auf die Festung Marienberg bringen. Hier sollten unter anderen die Patres Schott und Cornaeus das »Experimentum Novum Magdeburgicum« wiederholen, kritisch prüfen und der Fachwelt aus jesuitischer Perspektive »a[b] fundamentis«<sup>38</sup> erklären (Abb. 6). Man begann mit der praktischen Arbeit wahrscheinlich schon zur Jahreswende 1655/56. Ohne hier näher ins Detail gehen zu müssen, unternahmen die beiden Jesuitenprofessoren eine längere Serie von Vakuumexperimenten in mehreren Versuchsanordnungen, die sich bis zum Juli 1656 hinzogen. Dabei notierten die Patres zunächst penibel ihre Beobachtungen und diskutierten diese untereinander durchaus kontrovers.<sup>39</sup> Um mehr Sicherheit zu erlangen, setzten Schott und Cornaeus einen gemeinsamen Bericht samt

33 Vgl. GLASSIE, *Der letzte Mann*, S. 172.

34 Vgl. GLASSIE, *Der letzte Mann*, S. 205.

35 Kaspar Schott anerkannte E. Torricelli in seiner »Mechanica« durchaus als »excellenti Mathematico«, dessen Vakuumversuche in Polen nach 1644 vom Jesuitenpater Valerius Magnus wiederholt worden seien. Vgl. SCHOTT, *Mechanica*, S. 444.

36 Vgl. VOLLRATH, Kaspar Schott, S. 63–66.

37 Vgl. SCHIMKAT, Denis Papin, S. 52ff.

38 So SCHOTTS Bezeichnung auf dem Titelblatt seines Anhangs in der »Mechanica Hydraulico-Pneumatica« von 1657, S. 441–488, hier S. 441.

39 Die persönliche Beteiligung von Schott und Cornaeus als Experimentatoren geht aus der »Mechanica« selbst hervor: »[...] P. Melchior Cornaeus, in hoc Alma Herbipolensi Universitate Theologiae Professor, qui & ipse non semel mecum spectavit examinavitque diligentissimé, Experimentum de quo agimus«. SCHOTT, *Mechanica*, S. 451f.

Fragenkatalog auf, den sie wohl im Januar 1656 an Athanasius Kircher mit der Bitte um ein »judicium« (i. S. v. Gutachten, MS) nach Rom schickten.<sup>40</sup> Es folgten zwei weitere Schreiben an Otto Guericke vom Juni und Juli 1656 nach Magdeburg, in denen der Erfinder des Neuen Experiments vor allem gebeten wurde, die korrekte Handhabung seiner Instrumente eingehender zu erläutern.<sup>41</sup> Ein weiteres Außengutachten holte Schott im November 1656 bei dem italienischen Physiker und Astronomen P. Nikolaus Zucchi aus Rom ein, einem Professorenkollegen Kirchers am Collegium Romanum.<sup>42</sup> Zum Schluss folgte das mit 16 Druckseiten ausführlichste Gutachten des Würzburger Mitstreiters Cornaeus, der zusammen mit Schott auch als Experimentator Hand angelegt hatte.<sup>43</sup> Schott brachte dieses »Judicium« in seiner »Mechanica« als wörtliches Zitat, welches er dem frisch gedruckten Lehrbuch »Curriculum philosophiae« (1657) entnahm.<sup>44</sup>

Nach gut einem Jahr praktischer Versuche auf der Festung Marienberg schrieben die Jesuitenprofessoren Ende 1656 ihre »Conclusio« nieder. Ihr Tenor: Nach sorgfältiger Prüfung durch das Gelehrtennetzwerk der Gesellschaft Jesu könne in den Magdeburger Experimenten die Existenz eines Vakuums nicht zweifelsfrei nachgewiesen werden. Vielmehr sei das antike Axiom der »Peripatetici«, der Anhänger des Aristoteles, bestätigt worden.<sup>45</sup> »In den Gefilden unter dem Mond«<sup>46</sup>, d.h. innerhalb der Erdatmosphäre, könne es den Naturgesetzen nach keinen vollständig luftleeren Raum geben.<sup>47</sup> Neben einer Vielzahl anderer Einwendungen diene den Jesuiten das Platzen der Paderborner Saugpumpe von 1620 als empirischer Beleg für die technische Unmöglichkeit, innerhalb eines

40 Kirchers Antwortschreiben vom 26. Februar 1656 druckt Schott im Wortlaut ab und zitiert es als kurzes Gutachten. SCHOTT, *Mechanica*, S. 452f.

41 Vgl. VOLLRATH, Kaspar Schott, S. 64ff.

42 Wörtlich abgedruckt in der »Mechanica«, S. 463ff.

43 Neben Schott bestätigt Cornaeus selbst seine persönliche Teilnahme am großen Experiment im Text seines Lehrbuchs: »[...] Nominatur mihi in aula Herbipolensi virum notum [...] cum epistomium Recipientis ante evacuati recluderetur.« – »Man beauftragte mich als bekannten Mann am Würzburger Hof [...] nach dem Auspumpen der Luft den Hahn des Rezipienten zu öffnen.« CORNAEUS, *Curriculum*, S. 397.

44 »IX. P. Melchioris Cornaei é[x] Societate IESV de novo Experimento iudicium [...] conscripta de eo doctissimâ Diatribâ quam & suo Philosophiae curriculo, quae nunc sub praelo est, inferuit lib. 4 [...].« – »IX. Gutachten des Paters Melchior Cornaeus aus der Gesellschaft Jesu über das neue Experiment [...] beschrieben wie in seiner sehr gelehrten Philosophenschule & seinem »Philosophischen Curriculum«, eingefügt unter Buch 4, [...]«. SCHOTT, *Mechanica*, S. 465.

45 Die bei Schott abgedruckte Schlussentenz des Cornaeus lautet: »Omnibus viris doctis de hoc re sentiendi & statuendi iudicium liberum esto, Aristoteles tamen & Peripateticae Scholae Universae contemnendae potestas né esto.« SCHOTT, *Mechanica*, S. 484.

46 So drückt es Otto Guericke in einem Brief an Kaspar Schott aus. Zit. n. VOLLRATH, Kaspar Schott, S. 65.

47 Die moderne Physik kennt heute ein Stufenmodell, in dem nach der Abnahme der Anzahl von Gas-molekülen pro Volumeneinheit differenziert wird. Unterschreitet der Druck die 300 mbar-Grenze, so spricht man von einem »Grobvakuum«, gefolgt von den Stufen »Fein«-, »Hoch«- und »Ultrahochvakuum«. Bei den Magdeburger Versuchen dürften die Luftpumpen des 17. Jahrhunderts zwar einen starken Unterdruck erzeugt haben, bei dem aber nicht von einem vollkommenen Vakuum im modernen Sinne gesprochen werden kann.

geschlossenen Behälters ein echtes Vakuum herzustellen. Die in Paderborn beobachtete »Gegenkraft« (»vis retentiva«) hätte dessen stabile Ausbildung verhindert.

Dieser jesuitische Skeptizismus verbreitete sich mit Schotts und Cornaeus' Büchern seit 1657 erneut in der gelehrten Welt. Vor allem der vierzigseitige Anhang in Schotts »Mechanica« (1657) machte Otto Guericke's Magdeburger Vakuumversuche, deren Kenntnis heute zur Allgemeinbildung gehört, zuerst in der europäischen Gelehrtenrepublik bekannt. Über die Gültigkeit des jesuitischen Skeptizismus entspann sich bis in die 1680er hinein eine kontroverse Diskussion, in deren Verlauf dem »horror vacui«, der Angst vor dem absoluten Nichts, international auf den Grund gegangen wurde.

Spur 2: Neue Wasserkunst: Während die Jesuitenpatres Schott und Cornaeus den Kräften des Vakuums auf den Fersen blieben, modernisierte ihr Auftraggeber Johann Philipp v. Schönborn die Wasserversorgung seiner Würzburger Residenz. Interessanterweise ähnelte die Ausgangslage für den Neubau einer Wasserkunst am Nordufer des Main (Bauzeit: 1653–56) stark derjenigen an der Börnepader rund drei Jahrzehnte zuvor (Bauzeit: 1623–28). In beiden Fällen sollten empfindliche Defizite bei der täglichen Trink- und Brauchwasserversorgung technisch ausgeglichen werden. Beiden Mangellagen lag eine hydrogeologische Ungunst zugrunde, aus der ein unzureichendes Dargebot an Grundwasser resultierte. Auf der Festung wie im Kolleg der Paderborner Oberstadt hatte man sich bis ins 17. Jahrhundert hinein zudem mit nur einem Ziehbrunnen begnügt, um eine anwachsende Anzahl von Bewohnern und Pflanzen versorgen zu können. Und drittens setzten die Verantwortlichen an der Pader wie am Main erfolgreich auf die moderne Fördertechnik einer wasserradbetriebenen Kolbenpumpe.

Seit spätestens 1655 dürfte Pater Kaspar Schott die Bauarbeiten an der Würzburger Wasserkunst als aufmerksamer Augenzeuge verfolgt haben. Ihre Funktionsweise beschrieb er drei Jahre später detailliert im dritten Band seiner »Magia universalis« (Würzburg 1658) unter der Bezeichnung »Würzburger Wassermaschine« (»De machina Aequaria Herbipolensi«).<sup>48</sup> Diese neue Pumpanlage am nördlichen Mainufer sollte die geringe Ausbeute des gut 120 Meter tiefen Festungsbrunnens im Ostteil der Anlage ergänzen, dessen Schacht bereits im frühen 13. Jahrhundert in den Fels getrieben worden war.<sup>49</sup> Bis dato habe der Ziehbrunnen, der noch heute im Oktogon des Brunnenhauses steht,

48 Vgl. VOLLRATH, Kaspar Schott, S. 79–82. Das Wasserrad des bronzenen Pumpwerks war eines der fünfkräftigen Oberen Mühle, die ein Seitenkanal des Main unterschlächtig antrieb. Über eine bleierne Steigleitung wurde Quellwasser, das am stadtseitigen Hang des Marienbergs gesammelt wurde, durch die »Ostkurtine« und den »Husarenkeller« in den Hochbehälter eines Wasserturms gepumpt, der nahe des »Marieturms« stand. Von hier aus wurden der fürstliche Garten und etliche Trinkbrunnen im Osten des Festungsareals versorgt. Ein Endpunkt dieses oberen Leitungsnetzes war jener tiefe Ziehbrunnen, den Schott 1658 beschreibt. Vgl. BÜHLING, Wolfgang: Balthasar Neumanns Würzburger Wasserkunst und Röhrenbrunnenleitung zwischen obrigkeitlichem Anspruch und öffentlichem Nutzen, in: BÜHLING, Wolfgang/SCHRÖDER, Lina (Hgg.), Herrschaftlicher Anspruch und öffentlicher Nutzen. Die Rolle (städtischer) Einrichtungen und natürlicher Ressourcen im epochenübergreifenden Vergleich, Würzburg 2023, S. 99–149, hier S. 107.

49 Kaspar Schott gibt die Tiefe des Schachts in seiner »Magia universalis« mit »408 Fuß« an. Zit. n. VOLLRATH, Kaspar Schott, S. 80.



in »zwei Kübeln« lediglich drei (kleine?) »Eimer« pro Stunde gefördert<sup>50</sup> – also maximal 30–45 Liter. Wie einst am Paderborner Kollegbrunnen hatte man auch auf dem Würzburger Marienberg zur Arbeitserleichterung eine einfache Hebemaschine über der gut zwei Meter breiten Schachthoffnung installiert. Schott beschreibt diese Apparatur als »Tret-rad«, dessen »Achse« durch die Muskelkraft zweier Männer angetrieben worden sei. Beide Brunnen dürften auch nach der Inbetriebnahme der vollmechanisierten Wasserkünste weitergenutzt worden sein. Bemerkenswert bleibt an diesem westfälisch-fränkischen Städtevergleich, dass man in Würzburg wie in Paderborn auf vergleichbare Problemlagen ähnliche Antworten fand. Und in beiden Fällen zeigten sich jesuitische Wissenschaftler an der Lösung vermeintlich banaler Fragen der praktischen Trinkwasserversorgung interessiert – und sie tauschten dieses Wissen innerhalb ihres europäischen Netzwerks aus.

### Phase III (1657–1680): Römische Experimente – Rezeptionen in Europas Gelehrtenrepublik

Dass die Elemente Wasser und Luft in einer engen physikalischen Wechselbeziehung zueinander stehen, wird bereits am inhaltlichen Aufbau der von Schott und Cornaeus 1657 verbreiteten Traktate deutlich. Beide Bücher, die von Würzburg aus ihren Weg in die internationale Fachliteratur fanden, thematisierten das hydraulisch-pneumatische Wechselspiel der Naturkräfte in zahlreichen Varianten. Neben theoretischen Fragen zu den physikalischen Grundlagen veranschaulichen die Bildtafeln der jesuitischen Druckwerke vor allem wissenschaftliche Versuchsaufbauten, kuriose Wasserapparaturen und ganz praktische Anwendungen größerer Wassermaschinen in der frühneuzeitlichen Wirtschaft. In Anlehnung an akademische Traditionen der Antike, vor allem an diejenige des »Museion« im hellenistischen Alexandria, experimentierte man im Rom des 17. Jahrhunderts wie einst die griechischen Naturforscher Ktesibios (3. Jh. v. Chr.), Philon (\*25 v. Chr. †45 n. Chr.) und Heron († um 70 n. Chr.) erneut mit Luftdruck und Wassermaschinen.<sup>51</sup> Anregungen zu diesen römischen Experimenten dürften auch die Textübersetzungen des Heron von Alexandria gegeben haben, dessen »Spiritalium« aus dem 1. Jahrhundert n. Chr. im Jahr 1575 erstmals auf Latein erschien.<sup>52</sup> Kaspar Schott und Athanasius Kircher kannten Herons Schriften und zitierten mehrfach aus ihnen.<sup>53</sup> Zu den europäischen Knotenpunkten<sup>54</sup> dieser neuerwachten Experimentierfreude zählte sicherlich auch das jesuitische Collegium Romanum, an dem Athanasius Kircher seit

50 Vgl. die deutsche Übersetzung der entsprechenden Passage in der »Magia universalis« bei VOLL-RATH, Kaspar Schott, S. 80.

51 Zu den Anfängen der antiken Pneumatik und Hydraulik vgl. SCHNEIDER, Zur Archäologie, S. 22ff.

52 Es folgten 1589 und 1592 zwei italienische Übersetzungen durch den Wasserbauingenieur Giovanni Battista Aleotti (\*1546 †1636) und den Mathematiker Alessandro Giorgi da Urbino unter dem Titel »Spiritali di Herone Alessandrino«. Vgl. SCHNEIDER, Zur Archäologie, S. 30.

53 Vgl. Anm. 30.

54 Zur Konzeption des frühneuzeitlichen Museums als »enzyklopädischer Lernort und Versuchslabor« vgl. DAXELMÜLLER, Ein Gang, S. 53f.

den 1630er Jahren lehrte und forschte. Seit 1651 baute er zusammen mit seinem Assistenten Schott das dortige »Musaeum Kircherianum« auf, dessen Sammlungen auf der Galerie des Kolleggebäudes ihren Platz fanden (Abb. 7).<sup>55</sup>

*Abbildung 7: Kircher empfängt zwei Besucher in seinem Museum im römischen Jesuitenkolleg, Titelkupfer: Giorgio de Sepi: Romani Collegii Societatis Jesu Musaeum celeberrimum P. Athanasius Kircherus [...], Amsterdam 1678.*



Einen Teil der naturkundlichen Ausstellung nahmen dabei die hydraulischen und pneumatischen Maschinen ein. Noch vor der geplanten Publikation eines Gesamtkatalogs stellte Schott im ersten Teil seiner »Mechanica« (1657) einige Exemplare dieser Wassermaschinen der internationalen Fachwelt vor. Die Idee, hydraulisch-pneumatische Apparate ausführlich zu beschreiben und deren Funktionsweise in luziden Kupfer-

55 Zur Konzeption und Aufbau des Museums vgl. MAYER-DEUTSCH, Angela: Das Musaeum Kircherianum. Kontemplative Momente, historische Rekonstruktion, Bildrhetorik, Zürich 2010. Zu Schotts Wirken in Rom vgl. VOLLRATH, Kaspar Schott, S. 32–39.

stichen zu veranschaulichen, dürfte vermutlich dem Publikumserfolg des Physikalischen Kabinetts in Rom geschuldet sein. In seinem Vorwort schreibt Schott:

»In diesem viel besuchten Museum, welches wir bald im Druck publizieren werden [...] gibt es eine Fülle von hydraulischen und pneumatischen Maschinen, die von den Prinzen und Literati [= Gelehrten, MS] zur großen Freude ihrer Seelen erblickt und bewundert werden, welche von allen Städten und Teilen der Welt herbeieilen, um sie zu sehen.«<sup>56</sup>

Den elitären Charakter dieses internationalen Fachpublikums, dessen Angehörige von Kircher und Schott oft persönlich durch die Sammlungsräume geführt wurden, betont der Jesuit ebenfalls:

»Sie stammen aus dem durch Lehre und Würde berühmtesten Personenkreis, auch aus allerhöchsten königlichen Kreisen, es sind Auswärtige gleichermaßen wie Einheimische. Viele von ihnen wurden privat von ihm [= A. Kircher, MS] unterrichtet, ungeachtet seiner Beschäftigung mit anderen schwerwiegenden Angelegenheiten, insbesondere Söhne von Fürsten, durch höchste humanistische Bildung Empfohlene derselben Fürsten, nicht ohne reichlich Frucht für ganze Nationen und selbst auch für die universale Römische Kirche.«<sup>57</sup>

Ohne Übertreibung dürfte Kirchers Museum bis zu seinem Todesjahr 1680 zu den Hotspots des europäischen Wissenschaftstourismus gezählt haben. Mit Befriedigung konnte der kirchliche Universalgelehrte laut Christoph Daxelmüller feststellen, »daß niemand behaupten dürfe, in Rom gewesen zu sein, wenn er nicht das Museum im Collegium Romanum besucht habe«.<sup>58</sup> Kircher habe, so Daxelmüller weiter, Mitte des 17. Jahrhunderts »im Herzen einer europäischen Gelehrtenrepublik [residiert], die über konfessionelle Engstirnigkeit hinweg in regem Meinungsaustausch stand«.<sup>59</sup> Seinen internationalen Kontakten war es auch zu verdanken, dass der deutsche Professor 1651 vom römischen Barockbaumeister Bernini mehrfach um Rat gefragt wurde. Der berühmte Architekt hatte im Auftrag von Papst Innozenz X. die Piazza Navona zeitgemäß zu schmücken u.a. mit dem zentralen »Vier-Ströme-Brunnen« (»Fontana di Fiumi«), der die Mitte des Platzes dominieren sollte. In die Gestaltung der Flussgöttergruppe und des originellen Bergmassivs, dessen Gipfel von einem Obelisk gekrönt ist, flossen nachweislich die

56 Zit. n. MAYER-DEUTSCH, *Musaeum Kircherianum*, S. 102.

57 Vorwort aus Schotts »*Magia universalis naturae et artis*« (Würzburg 1657), zit. n. VOLLRATH, *Kaspar Schott*, S. 34. In der gut dreißigjährigen Hochphase des Museums zwischen 1651 und 1680 gehörten zu den prominenten Besuchern neben den drei Päpsten Innozenz X. (reg. 1644–55), Alexander VII. (reg. 1655–67) und Clemens IX. (reg. 1667–69) auch die regierenden Römischen Könige und Kaiser Ferdinand III. und Leopold I. Aus dem europäischen Hochadel hatte Kircher zu Gast Königin Christina von Schweden (\*1626 †1689) oder Herzog Ernst August d. J. von Braunschweig-Lüneburg und dessen Frau Sophie Elisabeth. Aus Europas Bildungselite besuchten das Museum u.a. der englische Naturforscher Robert Boyle (\*1627 †1691), der dänische Anatom und Geologe Nils Stensen (\*1638 †1686) oder auch Gottfried Wilhelm Leibniz (\*1646 †1716). Vgl. DAXELMÜLLER, *Ein Gang*, S. 63ff.

58 DAXELMÜLLER, *Ein Gang*, S. 57.

59 DAXELMÜLLER, *Ein Gang*, S. 64.

jüngsten hydrogeologischen Untersuchungen Kirchers zu unterirdischen Wasserläufen mit ein.<sup>60</sup> Gespeist wird das architektonische Juwel noch heute von der »Aqua Virgo«, einem von ehemals elf antiken römischen Aquädukten, die man seit den 1570er Jahren nach Renovierungsarbeiten wieder in Betrieb nahm.

Doch welche Rolle spielten der Publikumserfolg von Kirchers hydraulisch-pneumatischen Werken in Rom und Schotts Begleitpublikationen für Europas Experimentalphysik? Hinsichtlich der naturwissenschaftlichen Erforschung von Luft und Wasser lässt sich sagen, dass die Veröffentlichungen des deutsch-italienischen Jesuitennetzwerks einen beachtlichen »Impact« vorzuweisen hatten.<sup>61</sup> So stieß Schotts »Mechanica« (1657) in Italien, Frankreich und England eine ganze Reihe neuer Vakuumversuche an,<sup>62</sup> die letztlich zu technischen Weiterentwicklungen von Guericks Magdeburger Luftpumpe führten. Hervorzuheben ist hierbei die »Englische Luftpumpe« und Versuchsreihe des Naturforschers Robert Boyle (\*1627 †1691). Das Gründungsmitglied der Londoner Royal Society (1660) bezog sich bei der Fortführung seiner Vakuumversuche explizit auf die »Mechanica« des deutschen Jesuitenpaters Schott.<sup>63</sup> Dieser ließ sich wiederum über Fachkollegen wie den an der Universität Groningen lehrenden Mathematiker und Mediziner Anton Deusing (\*1612 †1666) über den Fortgang der englischen Experimente informieren.<sup>64</sup> Über den niederländischen Sekretär und Hofmeister Philip Ernst Vegelin van Claerbergen (\*1613 †1664), der gute Kontakte nach England und Frankreich unterhielt, besorgte sich Schott schließlich Boyles neuestes Werk »Nova experimenta physico mechanico de vi aeris elastica et ejusdem effectibus« (Oxford 1661). Wie der Titel andeutet, beschreibt der namhafte Naturforscher darin seine insgesamt 43 Versuche<sup>65</sup> zur »Kraft der elastischen Luft« und deren »Effekte«. Drei Jahre später widmete Schott Boyles englischen Versuchen ein eigenes Kapitel (Buch II) in seinem schön illustrierten Kompendium »Technica curiosa« (Würzburg 1664), das mit »Iconismus IX« auch einen eigenen Kupferstich der Englischen Luftpumpe enthielt.<sup>66</sup> Diese von Boyles Assistenten Robert Hook gebaute Standluftpumpe mit Zahnstangengetriebe galt fortan als Blaupause für eine sich verbessernde Vakuumtechnik, die bis ins 18. Jahrhundert hinein die Naturforscher in ganz Europa faszinierte. In den 1670er Jahren experimentierte Robert Boyle erneut intensiver zur nach wie vor strittigen Vakuumfrage. Ihm assistierte dabei der französische Ingenieur und Naturforscher Denis Papin (\*1647 †1712), der zuvor mit dem niederländischen Physiker Christiaan Huygens (\*1629 †1695) in Paris ebenfalls Luftpumpenversuche unternommen hatte.<sup>67</sup> Zusammen publizierten Papin und Boyle ihre Forschungsergebnisse zur »Leere« (frz. »vuide«) 1674 in den »Nouvelles expériences du vuide«, die in den folgenden zwei Jahren in den »Philosophical Transactions« der Royal Society der internationalen Fachwelt zugänglich gemacht wurden.<sup>68</sup> Am Ende dieser barocken Entwick-

60 Vgl. GLASSIE, Der letzte Mann, S. 151–154.

61 Vgl. SCHMIKAT, Denis Papin, S. 52.

62 Vgl. VOLLRATH, Kaspar Schott, S. 113f.

63 Vgl. GLASSIE, Der letzte Mann, S. 206.

64 Vgl. VOLLRATH, Kaspar Schott, S. 113f.

65 Vgl. SCHMIKAT, Denis Papin, S. 54.

66 Vgl. VOLLRATH, Kaspar Schott, S. 113.

67 Vgl. SCHMIKAT, Denis Papin, S. 54ff.

68 Vgl. SCHMIKAT, Denis Papin, S. 55.



lungsphase im Luftpumpenbau stand das standardisierte Demonstrationsinstrument, das in der Musschenbroek-Werkstatt der Universität Leiden in Serienfertigung ging.<sup>69</sup> Hier hatte man 1675 erstmals für den experimentellen Unterricht ein eigenes »Theatrum Physikum« eingerichtet, das in den nächsten Jahrzehnten zahlreiche Nachahmer fand. Vom niederländischen Leiden aus belieferten die Instrumentenbauer die Astronomisch-Physikalischen Kabinette in ganz Europa, wobei neben den Universitäten die Laboratorien der Fürstenhöfe zum bevorzugten Kundenkreis zählten.

Auch innerhalb des jesuitischen Netzwerks forschten Kircher und Schott weiter am »horror vacui«. Denn trotz der sich häufenden Beweise, dass man mittels verbesserter Pump- und Ventiltechnik aus den gläsernen »Rezipienten« mehr Gasmoleküle evakuiert habe als zuvor, hielten die Jesuiten – zumindest in offiziellen Verlautbarungen – an ihrer Skepsis gegenüber der Existenz eines künstlichen Vakuums fest. In methodologischer Hinsicht folgten jedoch auch sie dem empirisch gewonnenen Experimentalbeweis. Diese Trendwende zeigt sich in Kirchers eigenem Werkverzeichnis deutlich. So beauftragte er in seinen letzten Lebensjahren seinen Schüler Johann Stephan Kestler, in Rom eine Auswahl von nicht weniger als 337 Experimenten aus seinem Gesamtwerk neu zusammenzustellen; darunter 28 hydraulisch-pneumatische Versuchsanordnungen mit Pumpen und Wassermaschinen aus dem Museumsbestand.<sup>70</sup> Unter dem Obertitel »Experimentelle Kircher'sche Physiologie«<sup>71</sup> erschien das für den Unterricht praktische Anleitungsbuch 1680 bei Johannis Jansson van Waesberge, einem renommierten Amsterdamer Verleger, im Todesjahr des deutschen Universalgelehrten.

## Schluss

Der natürliche Reichtum und Mangel Paderborns an frischem Quellwasser inspirierte Gelehrte der Frühen Neuzeit nicht nur zu ästhetischen oder historiographischen Betrachtungen über dessen Ursachen, sondern auch zu ersten naturwissenschaftlichen Experimenten mit modernen Druckkolbenpumpen. Diese Versuche waren auf Seiten des Jesuitenordens zunächst politisch motiviert, um sich erfolgreich aus der Abhängigkeit des protestantischen Wasserregimes in der Stadt zu befreien. Bei der Modernisierung des urbanen Wasserregimes spielte die Paderborner Jesuitenuniversität eine bisher wenig beachtete Vorreiterrolle. Ihre Leistungen auf dem Gebiet des Pumpenbaus errangen

69 Vgl. SCHMIKAT, Denis Papin, S. 56f.

70 Vgl. GLASSIE, Der letzte Mann, S. 267. In »Sectio II.« stellt Kestler unter dem Titel »De Hydrotechnicae, seu proprietatibus aquarum variis experimentis adornata« die Wassereperimente zusammen. Vgl. KESTLER, Johann Stephan (Bearb.): *Physiologia Kircheriana experimentalis* [...], Amsterdam 1680, S. 26–36.

71 Originaltitel »Physiologia Kircheriana experimentalis, qua [...] naturalium rerum scientia per experimenta physica, mathematica, medica, chymica, musica, magnetica, mechanica comprobatur atque stabilitur« (Amsterdam 1680). Zit. n. DAXELMÜLLER, Christoph: *Werkverzeichnis Athanasius Kircher*, in: BEINLICH/DAXELMÜLLER/VOLLRATH e. a. (Hgg.), *Athanasius Kircher*, S. 203–209, hier S. 209.

zwar nie jene europäische Ausstrahlung, die etwa der »Panegyricus«<sup>72</sup> (1616) des Jesuitenpaters Johannes Horion oder Fürstbischof Ferdinands II. Geschichtswerk »Monumenta Paderbornensia«<sup>73</sup> (1669/72) im 17. Jahrhundert beanspruchen durften. Doch belegen auch naturwissenschaftliche Erkenntnisse im kommunalen Wasserbau einen größeren, gesamteuropäischen Kultur- und Wissenstransfer. Von diesen bleiben neben den großen Leuchttürmen der Literatur auch jene stilleren, unspektakulären Zeugen im Lehrbuch des Paters Melchior Cornaeus oder die archäologischen Relikte der Paderborner Wasserkultur: Steinerne Überreste von drei ehemaligen Wasserkünsten, prachtvoll verzierte »Kümpe«, die einst wie heute vor dem Renaissance-Rathaus und der Franziskanerkirche stehen, wie auch Reste von hölzernen und bleiernen Wasserrohren, welche man im Stadtmuseum betrachten kann. Und ein tiefer Brunnenschacht, der verborgen im Kellergewölbe der ehemaligen Jesuitenuniversität auf seine Wiederentdeckung als historischer Experimentierort wartet.

## Quellen- und Literaturverzeichnis

- BEINLICH, Horst/DAXELMÜLLER, Christoph/VOLLRATH, Hans Joachim e. a. (Hgg.): Athanasius Kircher 1602–1680. Universalgelehrter, Sammler, Visionär. Ausstellungskatalog Würzburg und Fulda, Dettelbach 2002.
- BÜHLING, Wolfgang: Balthasar Neumanns Würzburger Wasserkunst und Röhrenbrunnenleitung zwischen obrigkeitlichem Anspruch und öffentlichem Nutzen, in: BÜHLING, Wolfgang/SCHRÖDER, Lina (Hgg.), Herrschaftlicher Anspruch und öffentlicher Nutzen. Die Rolle (städtischer) Einrichtungen und natürlicher Ressourcen im epochenübergreifenden Vergleich, Würzburg 2023, S. 99–149.
- CORNAEUS, Melchior: Curriculum Philosophiae Peripatetici. Uti hoc tempore in scholis decurri solit multis figuris et curiositatibus e Mathesi Petitis, et ad physin reductis, illustratum, Herbipoli 1657.
- DAXELMÜLLER, Christoph: Ein Gang durch Zeit und Raum. Das Museum Kircherianum, in: BEINLICH, Horst/DAXELMÜLLER, Christoph/VOLLRATH, Hans Joachim e. a. (Hgg.), Magie des Wissens. Athanasius Kircher 1602–1680. Universalgelehrter, Sammler, Visionär. Ausstellungskatalog Würzburg und Fulda, Dettelbach 2002, S. 49–66.
- DAXELMÜLLER, Christoph: Werksverzeichnis Athanasius Kircher, in: BEINLICH, Horst/DAXELMÜLLER, Christoph/VOLLRATH, Hans Joachim e. a. (Hgg.), Magie des Wissens. Athanasius Kircher 1602–1680. Universalgelehrter, Sammler, Visionär. Ausstellungskatalog Würzburg und Fulda, Dettelbach 2002, S. 203–209.

72 Neu übersetzt und kommentiert in MEYER ZU SCHLOCHTERN, Josef/Franke, Gerhard (Hgg.), Die Jesuitenuniversität in Paderborn. Dokumente zur Gründung und Frühgeschichte der Academia Theodoriana (Studien und Quellen zur westfälischen Geschichte, Bd. 87), Paderborn 2022, S. 254–495.

73 Vgl. DIEKMANN, Julia/MOORS, Markus/NEUWÖHNER, Andreas (Hgg.): Monumenta. Erinnerungsorte zwischen Weser und Lippe (Studien und Quellen zur westfälischen Geschichte, Bd. 92), Paderborn 2023.

- DIEKMANN, Julia/MOORS, Markus/NEUWÖHNER, Andreas (Hgg.): Monumenta. Erinnerungsorte zwischen Weser und Lippe (Studien und Quellen zur westfälischen Geschichte, Bd. 92), Paderborn 2023.
- GLASSIE, John: Der letzte Mann, der alles wusste. Das Leben des exzentrischen Genies Athanasius Kircher, Berlin 2014.
- KESTLER, Johann Stephan (Bearb.): *Physiologia Kircheriana experimentalis, qua [...] naturalium rerum scientia per experimenta physica, mathematica, medica, chymica, musica, magnetica, mechanica comprobatur atque stabilitur*, Amsterdam 1680.
- KIRCHER, Ernst: Athanasius Kircher – Wanderer zwischen altem und neuem naturwissenschaftlichen Denken, in: BEINLICH, Horst/DAXELMÜLLER, Christoph/VOLLRATH, Hans Joachim e. a. (Hgg.), *Magie des Wissens. Athanasius Kircher 1602–1680. Universalgelehrter, Sammler, Visionär. Ausstellungskatalog Würzburg und Fulda*, Detelbach 2002, S. 169–176.
- KRATZ, Wilhelm: Cornäus, Melchior, in: *Neue Deutsche Biographie* 3 (1957), S. 362.
- LEMM, Gregor: Von »Piepen«, »Kümpen« und »Sissemännekes«. Bürens hölzerne Lebensader, in: *Zeitsprünge Büren zur 825-Jahr-Feier der Stadt, Büren 2020*, S. 58–63.
- MAYER-DEUTSCH, Angela: *Das Musaeum Kircherianum. Kontemplative Momente, historische Rekonstruktion, Bildrhetorik*, Zürich 2010.
- MEYER ZU SCHLOCHTERN, Josef/Franke, Gerhard (Hgg.): *Die Jesuitenuniversität in Paderborn. Dokumente zur Gründung und Frühgeschichte der Academia Theodoriana (Studien und Quellen zur westfälischen Geschichte, Bd. 87)*, Paderborn 2022.
- SANDER, Johannes S. J.: *Geschichte des Jesuitenkollegs in Paderborn 1580–1659 (Studien und Quellen zur Westfälischen Geschichte, Bd. 64)*, Paderborn 2011.
- SCHIMKAT, Peter: Denis Papin und die Luftpumpe. Zum wiederentdeckten Kasseler Experimentiertagebuch von 1694 und einer möglichen Beteiligung Papins, in: SCHNEIDER, Helmuth/TÖNSMANN, Frank (Hgg.), *Denis Papin. Erfinder und Naturforscher in Hessen-Kassel*, Kassel 2009, S. 50–67.
- SCHNEIDER, Helmuth: Zur Archäologie der Dampfmaschine: Heron von Alexandria, in: SCHNEIDER, Helmuth/TÖNSMANN, Frank (Hgg.), *Denis Papin. Erfinder und Naturforscher in Hessen-Kassel*, Kassel 2009, S. 14–32.
- SCHOTT, Kaspar: *Mechanica Hydraulico-Pneumatica Qua praeterquam quod Aquei Elementi naturam proprietas, [...] a primis fundamentis [...] demonstratur; omnes quoque generis Experimenta hydraulico-pneumatica recluduntur [...]*, Francofurti 1657.
- SENG, Nikolaus: *Selbstbiographie des P. Athanasius Kircher aus der Gesellschaft Jesu aus dem Lateinischen übersetzt*, Fulda 1901.
- STRÖHMER, Michael: Die Wassernot des Paderborner Jesuitenkollegs. Brunnen und Wasserkünste im konfessionspolitischen Ressourcenkonflikt (1596–1629), in: *Theologie und Glaube* 8 (2021), H. 4, S. 362–391.
- STRÖHMER, Michael: Die Paderborner Wasserkünste als technische Denkmale des europäischen Kulturerbes ECHY 2018, in: *Westfälische Zeitschrift* 169 (2019), S. 295–317.
- VOLLRATH, Hans-Joachim: *Kaspar Schott 1608–1666. Leben und Werk des Würzburger Mathematikers*, Würzburg 2017.

## Bildnachweis

- Abbildung 1: Titelkupfer des Lehrbuchs mit metaphorischer Darstellung der Curricula als »Wettlauf« unter Philosophiestudenten, Würzburg 1657, URL: <https://cdn.vialibri.net/image-proxy?url=https%3A%2F%2Fwww2.buchfreund.de%2Fcovers%2F14230%2F2006409.jpg&s=1.b4897e003cf5d348&size=1600x1200> (Zugriff: 05.09.2024).
- Abbildung 2: Brunnenschacht im Keller des »Neuen Südflügels« des ehemaligen Jesuitenkollegs Paderborn © Foto: M. Ströhmer (2020).
- Abbildung 3: Funktionsschema einer Druckkolbenpumpe von A. Wendt, URL: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=gJWbqdas9LE> (Zugriff: 18.08.2024).
- Abbildung 4: Pater Athanasius Kircher im Alter von 53 Jahren, URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Athanasius\\_Kircher#/media/File:Athanasius\\_Kircher\\_\(cropped\).jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Athanasius_Kircher#/media/File:Athanasius_Kircher_(cropped).jpg) (Zugriff: 05.09.2024).
- Abbildung 5: Entwurf einer pneumatischen Balgenpumpe für die Paderborner Jesuitenwasserkunst, Handzeichnung des Orgelbaumeisters Jacob Hein aus Fritzlar, 1623/24. Erzbischöflich Akademische Bibliothek Paderborn (EAB Pb), Studienfonds Paderborn, Akten I, Nr. 30, fol. 15r.
- Abbildung 6: Vakuumversuche auf der Würzburger Festung Marienberg mit Ansaugpumpe und gläsernen »Rezipienten«, aus K. Schott, *Mechanica hydraulico-pneumatica*, Würzburg 1657, in: VOLLRATH, Hans-Joachim: Kaspar Schott 1608–1666. Leben und Werk des Würzburger Mathematikers, Würzburg 2017, S. 65.
- Abbildung 7: Kircher empfängt zwei Besucher in seinem Museum im römischen Jesuitenkolleg, Titelkupfer: Giorgio de Sepi: *Romani Collegii Societatis Jesu Musaeum celeberrimum P. Athanasius Kircherus* [...], Amsterdam 1678, URL: <https://blog.biodiversitylibrary.org/2019/06/athanasius-kirchers-cabinet-of-wonder.html> (Zugriff: 04.09.2024).