

Beistand für die Himmlischen Kräfte: Pumpentechnik in Sabatino de Ursis' *Taixi shuifa* 泰西水法 (Hydromethoden des Großen Westens, 1612)¹

Sabine Kink, MA
Geschichte und Gesellschaft Chinas
Abteilung für Sinologie, Universität Tübingen
sabine.kink@uni-tuebingen.de

Es war kein geringer als der wegen seiner astronomischen Kenntnisse am Kaiserhof in Beijing hochgeschätzte Jesuitenpater Adam Schall von Bell, der mit seiner Übersetzung großer Teile von Agricolas *De re metallica* im Jahr 1640 den erfolglosen Versuch machte, westliches Wissen über das Berg- und Hüttenwesen und damit auch über die Entwässerung von Gruben nach China zu bringen.² Bereits fast 30 Jahre zuvor waren dem Reich der Mitte – wenn auch in einem ganz anderen Zusammenhang – entsprechende Pumpentechniken im *Taixi shuifa* 泰西水法 (fortan TXSF), den *Hydromethoden des Großen Westens*, von den Jesuiten präsentiert worden, aber schon damals kam es trotz deren offenkundiger Überlegenheit gegenüber den traditionellen chinesischen Wasserhebevorrichtungen zu keiner nennenswerten Umsetzung in die Praxis. Im Folgenden soll erläutert werden, welche Funktion derartige gelehrte Abhandlungen bei der Missionsarbeit generell hatten, um welche hydraulischen Pumpen es sich im TXSF im Einzelnen handelte und welche Gründe es für deren weitgehende Ablehnung sowohl in der Landwirtschaft als auch im Bergbau in China damals gab.

Indirekte Missionierung über die Wissenschaft

Texte über westliches Wissen, darunter Kartografie, Mathematik, Astronomie, oder wie beim TXSF zu naturphilosophischen, medizinischen und technischen Themen wurden von den Ordensbrüdern bei der Chinamission schon früh eingesetzt, um damit die Aufmerksamkeit der chinesischen Gelehrtenbeamten auf sich zu ziehen. Ziel dieser Lockvogelstrategie war dabei nicht nur deren direkte Bekehrung zum christlichen Glauben, sondern die Jesuiten erhofften sich von ihrem Top-down-Ansatz neben einem schnelleren Zugang zur breiten Bevölkerung insbesondere auch einen direkten Kontakt zu höchsten Regierungskreisen und zum für den Erfolg der Mission letztlich entscheidenden Kaiser selbst. Neben religiösen oder ethischen Schriften, Gebetsbüchern und Katechismen wie Matteo Riccis (1552-1610) „Wahre Lehre vom Herrn des Himmels“ (*Tianzhu shiyi* 天主實義; 1603) entstand so eine ganze Reihe auf den ersten Blick rein wissenschaftlich-technischer Werke, die jedoch zumindest zwischen den

¹ Dieser Aufsatz basiert auf einem von der Autorin am 24.11.2018 im Rahmen des 27. Agricola-Gesprächs in Chemnitz gehaltenen Vortrag. Er gibt Gedanken ihrer Dissertation wieder, die Teil des für die Jahre 2018-2021 von der DFG geförderten Projekts „Die Übertragung westlicher Naturwissenschaft, Technologie und Medizin ins China der späten Ming-Zeit: Konvergenzen und Divergenzen im Lichte des *Kunyu gezhi* 坤輿格致 (Untersuchungen des Erdinneren; 1640) und des *Taixi shuifa* 泰西水法 (Hydromethoden des Großen Westens; 1612)“ ist. Das Projekt steht unter der Leitung von Prof. Hans Ulrich Vogel, Lehrstuhl für Geschichte und Gesellschaft Chinas an der Abteilung für Sinologie, Universität Tübingen.

² Schalls chinesische Übertragung von substantiellen Teilen des in Chemnitz entstandenen Bergwerksklassikers, der „chinesische Agricola“, ist das in Fußnote 1 genannte *Kunyu gezhi* 坤輿格致.

Zeilen stets auch als Überbringer der christlichen Botschaft dienten.³ Hier sind die *Hydromethoden* einzuordnen, die in einer sehr frühen Phase dieses groß angelegten Übersetzungsprojekts⁴ verfasst und veröffentlicht wurden und systematisch die Herkunft, Bedeutung und Nutzbarmachung von Wasser auf der Erde abhandeln.

Häufig waren solche Übersetzungen nicht das Werk eines Einzelnen. Die selbst hochgelehrten Jesuiten hatten aus Europa zahlreiche Bücher mitgebracht, über deren Inhalte sie sich mit interessierten chinesischen Gelehrtenbeamten,

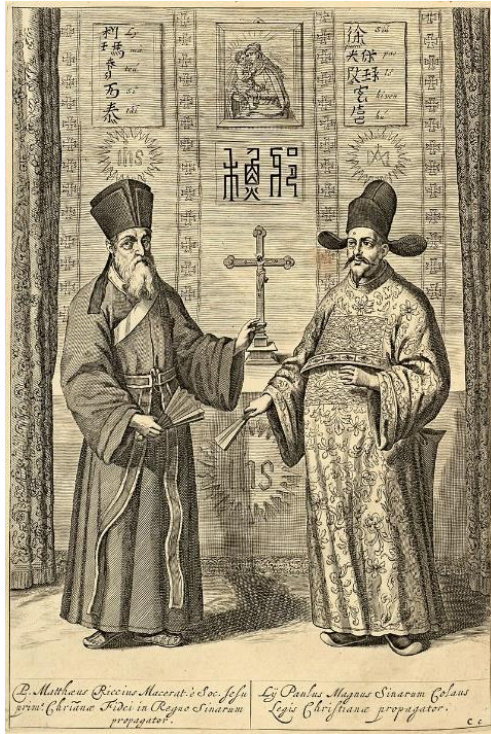


Abbildung 1: Xu Guangqi und Matteo Ricci (in Athanasius Kircher, *China Illustrata*, 1667).

den *literati*, unterhielten. Diese fertigten von den Gesprächen Protokolle an, die anschließend ausgearbeitet und in die chinesische Schriftsprache übertragen wurden. In dieser Hinsicht federführend war beim TXSF auf chinesischer Seite der hochrangige Beamte Xu Guangqi 徐光啟 (1562-1633), der zum Christentum übergetreten und später für das einflussreiche Kalenderbüro verantwortlich war.⁵ Auf Seiten der Jesuiten sind zwei Personen zu nennen. Da ist zum einen Matteo Ricci, Mitbegründer der jesuitischen Chinamission und „Mann der ersten Stunde“, als Initiator des Werks.⁶ Bei einem gemeinsamen Spaziergang hatte er Xu Guangqi, der sich selbst bereits seit Jahren intensiv mit Bewässerungsmethoden für die Landwirtschaft beschäftigte, seine Hilfe bei der Bekämpfung der anhaltenden Dürre- und Überflutungskatastrophen angeboten, die damals das Land immer wieder mit verheerenden Hungersnöten überzogen.⁷

Diese Unterstützung sollte über die Bereitstellung von Wissen über westliche Hydromethoden erfolgen, wobei Ricci die Umsetzung seines Vorhabens aber an seinen jüngeren Ordensbruder Sabatino de Ursis delegierte, der 1607 zu seiner Verstärkung in Beijing eingetroffen war.⁸ Dieser besaß

³ Sämtliche Aktivitäten der Jesuiten in Übersee, so auch das Verfassen von Büchern jedweden Inhalts, waren getreu dem Ordensmotto „*Ad maiorem Dei gloriam*“ letztlich dem Zwecke der Bekehrung und damit der Mehrung der Ehre Gottes untergeordnet. In China war diese indirekte Missionierung über die Eliten Teil einer umfassenden „Akkommodationsstrategie“, die über das Erlernen der Sprache und einer prinzipiellen Offenheit gegenüber chinesischen Werten und Gebräuchen hinaus u.a. auch den frühen klassischen Konfuzianismus als monotheistische Religion interpretierte, um so dessen Nähe zum Christentum hervorzuheben. Vgl. hierzu beispielsweise Bettray (1955), von Collani (2000; 2012), Dürr (2017), Mungello (1989) oder Standaert (2017).

⁴ Zu den insgesamt drei Phasen der jesuitischen Übertragung von Gedankengut der Renaissance nach China vgl. Standaert (2003). Das TXSF ist dabei noch der ersten Phase einer von Matteo Ricci selbst dominierten, spontanen und relativ ungeordneten Transmission zuzurechnen.

⁵ Zu Xu Guangqi vgl. u.a. Sievernich (2013) sowie Jami, Engelfriet und Blue (Hrsg.) (2001).

⁶ Die Literatur über Leben und Werk von Matteo Ricci ist sehr umfangreich. Vgl. z.B. Haub und Oberholzer (2010) oder Hsia (2010).

⁷ In Jiangnan im Süden des Landes, also im Gebiet des Unterlaufs des Yangzijiang, war es beispielsweise 1587 und dann erneut 1608 zu Überschwemmungskatastrophen mit zahllosen Todesopfern gekommen.

⁸ De Ursis war der Sohn einer vornehmen süditalienischen Familie, der nach seinem Ordensbeitritt am Collegium Romanum studiert hatte und dabei u.a. vom berühmten Mathematiker und Astronomen Clavius unterrichtet worden war. Informationen zu Sabatino de Ursis finden sich beispielsweise bei Bertuccioli (1991) und im Ein-

neben umfangreichen theoretischen Kenntnissen offenbar auch praktisches Geschick, denn er baute wohl vor allem aus didaktischen Gründen zunächst Modelle dreier hydraulischer Pumpen, die er dann in einem aufsehenerregenden Probelauf im Hof der jesuitischen Niederlassung in Beijing der gelehrten Öffentlichkeit präsentierte. Aus seinen begleitenden umfangreichen technischen Erläuterungen und der Niederschrift zahlreicher weiterer Gespräche zum Thema Wasser entstand dann im Lauf von sechs Jahren letztlich das TXSF, das 1612 erstmal veröffentlicht wurde.⁹

Das TXSF ist in insgesamt sechs Kapitel gegliedert, wobei gleich die beiden ersten den Pumpen gewidmet sind. Danach geht es um den Bau von Zisternen und Brunnen sowie um das Heilen mit Wasser, was insofern besondere Beachtung verdient, als hier erstmals westliche Methoden der Destillation pflanzlicher Arzneistoffe in China vorgestellt werden. Im umfangreichen fünften Kapitel wird ausgehend von der aristotelischen Vier-Elemente-Lehre das Vorkommen von Wasser auf der Erde in allen Einzelheiten diskutiert, vom Salzgehalt des Meerwassers bis hin zu den verschiedenen meteorologischen Phänomenen, an denen Wasser beteiligt ist. Das sechste und letzte Kapitel enthält schließlich eine Reihe technischer Zeichnungen, die der Illustration der vorangegangenen Erklärungen dienen. Das TXSF deckt somit nicht nur ein inhaltlich weites Spektrum an „Wasserthemen“ ab, es ordnet dieses teilweise erst in der Renaissance wieder aufgetauchte Wissen auch noch ganz im Sinne scholastischer Gelehrsamkeit systematisch nach verschiedenen Kategorien. Darüber hinaus argumentiert es über weite Strecken streng nach den Regeln der dialektischen Disputatio, in der die Jesuiten während ihrer Ausbildung permanent trainiert wurden. Zugleich bedient es sich mit seinen technischen Zeichnungen innovativer Methoden und muss somit nicht zuletzt durch seine ungewöhnliche formale Struktur das Interesse der selbst ja überaus belesenen chinesischen Leserschaft geweckt haben.

Ein Erfolg versprechendes Einsatzgebiet?

Die chinesischen *literati* waren prinzipiell mit der Thematik vertraut, insbesondere durch Nachschlagewerke aus dem Bereich der Landwirtschaft.¹⁰ Im traditionellen China als einem physiokratischen, auf agrarischen Klein- und Kleinstbetrieben basierenden Staat waren die Beamten nämlich dazu verpflichtet, die Bauern mit Hilfe umfangreicher praxisbezogener Handbücher regelmäßig und direkt vor Ort bei der Arbeit zu ermutigen und anzuleiten. Dabei ging es natürlich auch um Fragen des Wasserbaus bzw. der Bewässerung, denn aus chinesischer Sicht bedürfen die Prozesse der Natur beim Bestellen der Felder der menschlichen Un-

trag von Truffa (2014) in der *Biographical Encyclopedia of Astronomers*. Wichtige Hinweise zu de Ursis' Funktion in der Chinamission insgesamt geben Saraiva und Jami (Hrsg.) (2008).

⁹ 1626 erschien das Werk gemeinsam mit ähnlichen jesuitischen Abhandlungen in der weitverbreiteten Anthologie „Frühe Schriften zu den Himmlischen Studien“ (*Tianxue chuhan* 天學初函). Weitere Nachdrucke zum Teil gekürzter Versionen entstanden im Lauf der Qing-Zeit (1644-1911), und als eines der wenigen derartigen Werke aus ja letztlich westlicher Feder fand das TXSF Aufnahme in die auf Erlass des Qianlong-Kaisers kompilierten „Vollständigen Schriften der Vier Schatzkammern“ (*Siku quanshu* 四庫全書), die im Jahr 1742 fertiggestellt wurden.

¹⁰ Das Genre der traditionellen chinesischen Landwirtschaftsbücher (*nongshu* 農書) hat Francesca Bray eingehend analysiert. Vgl. insbesondere Bray (2012).

terstützung, denn ihre Reichtümer können nicht nur einfach ausgebeutet werden.¹¹ In dieser Hinsicht bestand zu Beginn des 17. Jahrhunderts, also gegen Ende der Ming-Zeit (1368-1644) nun also dringender Handlungsbedarf, waren die Bauern in der Vergangenheit mit den ihnen zur Verfügung stehenden Methoden doch immer wieder machtlos gegen die Naturgewalten gewesen. Abhilfe bzw. „Beistand für die Himmlischen Kräfte“¹² versprach nun ausgerechnet das Werk eines westlichen Jesuiten mit seinen ausdrücklich nur für die Feldarbeit bestimmten innovativen Wasserpumpen – ein Hinweis auf den ebenfalls möglichen Einsatz im Bergbau zu Entwässerungszwecken findet sich jedenfalls nicht. Dies erklärt sich nicht zuletzt aus dem negativen Image, das dieser gleichwohl bedeutsame Wirtschaftszweig in China hatte. Anders als die Bauern waren Bergleute dort keineswegs angesehen, sie standen wegen ihrer Tätigkeit in abgelegenen Gebirgsregionen vielmehr bestenfalls am Rand der gesellschaftlichen Ordnung und wurden sogar in die Nähe vagabundierender Räuberbanden gerückt.¹³ Hinzu kamen geomantische Bedenken und der auch in gebildeteren Kreisen weitverbreitete Glaube an Berggötter und -geister; ein Gelehrtenbeamter hätte sich jedenfalls schwerlich freiwillig in eine der schmutzigen, höllengleichen Gruben begeben, um sich dort um die Verbesserung der Wasserhaltung zu kümmern.

Gleichwohl konnten sich die westlichen hydraulischen Pumpen trotz anfänglich hoher Erwartungen auch auf dem Gebiet der Landwirtschaft im kaiserzeitlichen China nicht durchsetzen, obwohl das TXSF anders als später der „chinesische Agricola“ dort zeitweise recht weite Verbreitung fand. Dies lag unter anderem an der beachtlichen lokalen Konkurrenz, denn die traditionellen chinesischen Wasserhebevorrichtungen waren erprobt und besaßen trotz ihrer geringeren Effizienz zweifellos einige Vorzüge.¹⁴ Neben archaischen Methoden wie dem Ziehbrunnen oder der platzsparenden Seilwinde sind hier insbesondere verschiedene Formen rotatorischer Gerätschaften zu nennen. Einfache, handgetriebene Schaufelräder (*guache* 刮車) von maximal zwei Metern Durchmesser wurden beispielsweise verwendet, um Wasser über die niedrige Böschung eines Flusses oder Teichs hin-



Abbildung 2: Drachenknochenpumpe (*longgu che* 龍骨車) in Wang Zhens *Nongshu* 陳勇農書 (1313).

¹¹ Entsprechende Hinweise finden sich bereits im konfuzianischen Klassiker „Buch der Riten“ (*Liji* 禮記) aus der Zeit der Streitenden Reiche (5. Jh. v. Chr.-221 v. Chr.), insbesondere im Abschnitt „Maß und Mitte“ (*Zhongyong* 中庸).

¹² Dieser durchaus mehrdeutige Ausspruch stammt aus einem der insgesamt vier Vorworte zum TXSF, in dem der chinesische Gelehrtenbeamte Cao Yubian 曹于汭 (1558-1634) beklagt, dass viele seiner Kollegen ihre Aufgaben zur Förderung der Landwirtschaft seit geraumer Zeit vernachlässigten.

¹³ Vgl. Eberstein (1974), S. 220f.

¹⁴ Die traditionellen chinesischen Gerätschaften zum Heben von Wasser werden ausführlich im Band *Mechanical Engineering* des Monumentalwerks *Science and Civilisation in China* beschrieben. Vgl. Needham und Wang (1965), S. 330-362.

auf zu den Feldern zu befördern. Das direkt von der Strömung getriebene „Wasserrad mit Bambusröhren“ (*tongche* 筒車) konnte dagegen eine Höhe von bis zu 15 Metern erreichen, war aber in seiner Effizienz beeinträchtigt durch das unvermeidliche Verschütten des Wassers und den hohen Reibungswiderstand bei dessen Aufnahme. Mit dem „Hochhubschöpferrad“ (*gaozhuan tongche* 高轉筒車), einer chinesischen Variante der Ketten- oder Paternosterpumpe, sollen sogar bis zu 30 Meter Hub möglich gewesen sein, es wurde aber über die Soleförderung in Sichuan hinaus selten verwendet. Anders sah dies bei der sehr ähnlich anmutenden, aber viel weiter verbreiteten „Drachenknochenpumpe“ (*longgu che* 龍骨車) aus, die normalerweise durch das Treten von Pedalen, manchmal aber auch von Zugtieren oder durch Wasser- oder Windkraft angetrieben wurde. Der Hub dieser Maschine, bei der das Wasser durch rechteckige Bretter in einer Rinne nach oben geschoben wird, ist allerdings schon allein durch die erforderliche Stabilität der Konstruktion auf etwa fünf Meter begrenzt. Einen wesentlichen Nachteil stellt hier zudem das Zurücklaufen von Teilen des Wassers dar, da die Bretter natürlich kaum je perfekt in der Rutsche sitzen. Dennoch galt in chinesischer Sicht die Drachenknochenpumpe lange Zeit als Inbegriff eines durchdachten und praxistauglichen Hebwerkzeugs.

Zu den bereits angedeuteten Vorteilen all dieser Gerätschaften zählte, dass sie anders als die westlichen Pumpen kostengünstig ausschließlich aus Holz oder Bambus gefertigt und aufgrund ihrer simplen Mechanismen auch ohne großen Aufwand gebaut oder repariert werden konnten. Teilweise erscheinen sie uns zwar heute als recht sperrige Konstruktionen, und da es sich durchwegs um offene Systeme handelt, sind deutliche Effizienzverluste durch Leckagen unvermeidlich. Gleichwohl ist es aber nicht die technische Perfektion allein, die für ein solches Gerät ausschlaggebend ist, muss es doch ebenso zu den jeweiligen topographischen Gegebenheiten und zudem zu den konkreten lokalen Bewässerungsanforderungen passen.¹⁵ In dieser Hinsicht boten diese Hebwerkzeuge insbesondere für den ohnehin schon wasserreichen Süden des Landes offenbar bereits eine zufriedenstellende Auswahl. Im wesentlich trockeneren Nordchina dagegen musste das Wasser nach wie vor mühsam mit Eimern aus der Tiefe von Brunnen geschöpft werden.

Drachenschwanz und Jadebalken: Hydraulische Pumpen im TXSF

In dieser Hinsicht war die Situation im mittelalterlichen Europa jedoch keineswegs besser gewesen – erst mit der Wiederentdeckung antiker Technologien in der Renaissance begann sich die Lage dort ab dem 15. Jahrhundert deutlich zu verbessern. Teile dieses technischen Wissens brachten die Jesuiten nun also in Form der drei in den *Hydromethoden* vorgestellten hydraulischen Pumpen in den fernen Osten.

Im ersten Kapitel von TXSF wird zunächst die sogenannte *Drachenschwanzpumpe* (*longwei che* 龍尾車) beschrieben. Dabei handelt es sich um nichts anderes als eine Archimedische

¹⁵ Zu diesem Thema vgl. die informative Seite der „Food and Agriculture Organization of the United Nations“ (FAO) zum Thema Be- und Entwässerung unter <http://www.fao.org/docrep/010/ah810e/AH810E00.htm> (Zugriff 21. Juni 2019).

Schraube,¹⁶ deren Mechanismus bekanntlich lediglich bei einer vergleichsweise geringen Neigung von etwa 20° funktioniert. Damit ist der Hub dieser Schneckenpumpe bei traditionellem Antrieb normalerweise auf ein bis zwei Meter begrenzt, so dass sie im TXSF auch explizit nur für die Nutzung des Wassers aus Flüssen empfohlen wird. Sie kann aber auch schlammiges oder sandiges Wasser problemlos befördern ohne zu verstopfen und ist somit insbesondere auch für die Drainage von Flussbetten oder für die Trockenlegung nach Überschwemmungen geeignet. Zum Einsatz kam sie im Abendland bereits im 3. Jahrhundert v. Chr. in Ägypten zu Bewässerungszwecken entlang des Nils, und später dann auch zur Entwässerung beispielsweise in den Bergwerken des Römischen Reiches in Andalusien.¹⁷ Die früheste detaillierte Beschreibung der „cochlea“ findet sich im ersten vorchristlichen Jahrhundert im zehnten Buch von Vitruvs magnum opus *De architectura*. Danach jedoch verliert sich ihre Spur in den schriftlichen Aufzeichnungen, bis sie im ausgehenden 15. Jahrhundert in Form von Skizzen in den Manuskripten Leonardo da Vincis plötzlich wiederauftaucht. Im 16. Jahrhundert kam es dann zu einem regelrechten Boom von Darstellungen der Schraubenpumpe, darunter die Illustrationen in Giuseppe Ceredis (1567) *Abhandlung über das Heben von Wasser*¹⁸ und dann in dem berühmten Band Agostino Ramellis zu allerlei „wundersamen Maschinen“, in dem sie in ausgeklügelten Anordnungen zum Heben von Wasser über mehrere Ebenen gezeigt wird.¹⁹ In Agricolas 1556 erschienenem *De re metallica* taucht dieser Pumpentyp jedoch nicht auf.

Schon allein ein vergleichender Blick auf die entsprechenden Zeichnungen im TXSF zeigt, dass Sabatino de Ursis bei seiner Darstellung der Drachenschwanzpumpe in erster Linie der Beschreibung Vitruvs gefolgt sein muss. Aus dem 1949 erschienen Katalog von Verhaeren wissen wir, dass sich in der Bibliothek, die sich die Jesuiten in ihrer Niederlassung in Beijing eingerichtet hatten, eine im Unterschied zum Original bebilderte Ausgabe von *De architectura*, herausgegeben von Daniele Barbaro im Jahr 1556,²⁰ befand, deren Illustrationen große Ähnlichkeit zu denen der *Hydromethoden* zeigen. Die Nähe zu Vitruv zeigt sich darüber hinaus deutlich in der schriftlichen Beschreibung der Pumpe, die in teilweise fast identischer Diktion dem Klassiker folgt. Bis auf die eisernen Fassreifen und die Lagerzapfen besteht auch de Ursis' gesamte Schraubenpumpe aus Holz.

Anders als Vitruv, der hier nur vage von einer Tretmühle spricht, gibt der Jesuit aber eine ganze Reihe verschiedener Möglichkeiten für den Antrieb der Schraube vor, so dass neben dem einfachen Handbetrieb über die Kopplung mit einem Zahnradmechanismus auch der Einsatz von Zugtieren oder von Wind- bzw. Wasserkraft möglich wird

¹⁶ Bei dieser auch Schneckenpumpe genannten Vorrichtung wirkt die durch die Rotationsbewegung erzeugte Fliehkraft der Gravitation soweit entgegen, dass das von unten her einströmende Wasser schrittweise über die von Wendel und Trog gebildeten Kammern nach oben transportiert werden kann. Besten Dank an Prof. Naumann für den korrigierenden Hinweis bezüglich dieses Funktionsprinzips.

¹⁷ Zu Ursprung, ersten schriftlichen Zeugnissen, historischen Anwendungsbereichen und Aufbau der Schneckenpumpe vgl. Oleson (1984), S. 291-301, sowie Landels (1978), S. 59-63. Artefakte Archimedischer Schrauben aus der Zeit des Römischen Reiches wurden in der Centenillo Mine bei Linares sowie im Bergwerk von Sotiel Coronada in Andalusien gefunden. Vgl. Forbes (1963), S. 219f.

¹⁸ Giuseppe Ceredi (1567), *Tre discorsi sopra il modo d'alzar acque da luoghi bassi*, Parma: S. Viotti.

¹⁹ Agostino Ramelli (1588), *Le diverse et artificiose machine del Capitano Agostino Ramelli*, Parigi: Casa dell'autore. Das zugrundeliegende physikalische Prinzip wurde allerdings erst 1593 von Galileo Galilei in seiner Abhandlung über die Mechanik korrekt beschrieben.

²⁰ Vgl. Verhaeren (1949), S. 896 (Nr. 3056) und S. 1024f. (Nr. 3536).



Abbildung 3: Archimedische Schraube, links im *Taixi shuifa* 泰西水法 (1612), Edition *Tianxue chuhan* 天學初函 (1626; Nachdruck 1965), rechts in *De Architectura*, Edition Daniele Barbaro (1556)

Hier zeigt sich das für den Geist der Renaissance auf diesem Gebiet typische Streben nach einer Verbesserung der Mechanismen der Kraftübertragung, die ja auch bei Agricolas Wasserkünsten eine entscheidende Rolle spielen.

Allerdings verdeutlicht das folgende Beispiel, dass sich im Zuge des Wissenstransfers folgenreiche Fehler einschleichen konnten, die nicht zuletzt dem komplexen Übersetzungsprozess der Texte ins Chinesische geschuldet sind. Während Vitruv (Buch 10, 6.3) nämlich sagt, dass die Dicke der Pumpe insgesamt ein Achtel ihrer Länge betragen soll (... *uti longitudinis octava pars fiat summa crassitudo*), schlägt das TXSF nicht nur eine Rotationsachse mit unnötig großem Durchmesser vor, es bezieht dieses Verhältnis von 1:8 auch fälschlicherweise lediglich auf die Höhe der Gewindewand selbst. Rein rechnerisch ergibt das eine unrealistisch gedungen erscheinende Vorrichtung, die nur etwa dreimal so lang ist wie ihr Durchmesser. Diese fehlerhafte Angabe im chinesischen Text hatte verheerende Auswirkungen auf spätere Versuche, auf Basis der Anleitung in den *Hydromethoden* eine Archimedische Schraube zu bauen. So berichtet Zheng Guangzu 鄭光祖 im Jahr 1845, dass man für ein umfangreiches Wasserbauprojekt in Jiangsu alle irgendwie verfügbaren Mittel zusammengetragen hatte, um eine solche Pumpe zu konstruieren. Diese geriet jedoch zu einem völlig überdimensionierten Gebilde, das so schwer war, dass hundert Mann benötigt wurden, um es überhaupt zu seinem Einsatzort zu transportieren.²¹ Zwar war die Pumpleistung dieses „Monsters“ beeindruckend, aber es ließ sich nur mit größter Mühe in Rotation versetzen und wurde deshalb nach lediglich ein oder zwei Versuchsläufen wieder ausrangiert. Man blieb dann offenbar doch lieber bei der zwar weniger effizienten, aber bewährten traditionellen Technik.

²¹ Vgl. Zou Zhenhuan 邹振环 (2017), S. 409f. Zou zitiert hier Aussagen Zheng Guangzu's aus dessen *Xingshi yiban lu* 醒世一斑錄 (Partial Records for Awakening the World; 1845), wo er unter dem Eindruck schwerer Überflutungen in seiner Heimatregion auch Bezug auf die hydraulischen Pumpen des TXSF nimmt.

Wie sah es mit der technischen Umsetzbarkeit bei den beiden anderen, für das Heben von Wasser aus Brunnen – also aus größerer Tiefe – vorgesehenen Pumpen der *Hydromethoden* aus? Da ist zunächst die *Jadebalkenpumpe* (*yuheng che* 玉衡車), eine dem griechischen Erfinder Ktesibios zugeschriebene Doppelkolben-Druckpumpe, bei der die beiden Zylinder direkt im zu hebenden Wasser stehen.²² Die Kolben werden hier mittels einer gemeinsamen Hebelstange gegengleich auf und ab bewegt, wobei bei der Aufwärtsbewegung ein Unterdruck entsteht, durch den das Wasser von unten her angesaugt wird, um dann bei der Abwärtsbewegung in das jeweils zu einem gemeinsamen Sammelbehälter führende Steigrohr gedrückt zu werden. Entscheidend ist dabei das Zusammenspiel der gegengleich arbeitenden Rückschlagventile am Boden der Zylinder bzw. des Sammelgefäßes. Auf diese Weise kann das Wasser realistisch bis zu sechs Meter und damit deutlich höher als mit einer Archimedischen Schraube gehoben werden.²³

Ursprünglich wurde dieser Pumpentyp komplett aus Bronze gefertigt und an verschiedenen Orten des Römischen Reichs in Brunnen, zur Entwässerung von Bergwerken, aber auch als Feuerspritze eingesetzt.²⁴ Die ältesten schriftlichen Zeugnisse gehen auf Philon von Byzanz, Heron von Alexandria und erneut Vitruv zurück, dessen Beschreibung dabei die umfassendste und detailreichste ist. Wieder taucht nach Jahrhunderten der Vergessenheit die Pumpe in etwas modifizierter Form erst ab dem 15. Jahrhundert erneut auf, und zwar zunächst in *De Ingeneis*, einem zwischen 1430 und 1440 entstandenen Buch mit Maschinenentwürfen aus der Feder Mariano di Jacopos.²⁵ Zwar erscheint die dortige Darstellung der Pumpe technisch noch wenig ausgereift, ihre Funktionsweise ist jedoch durchaus bereits erkennbar. Doch wieder legen sowohl der beschreibende Text als auch die verschiedenen Abbildungen die 1556er Vitruv-Ausgabe von Daniele Barbaro als direkte Vorlage für das TXSF nahe. Während bei Vitruv die Pumpe jedoch vollständig aus Bronze oder Messing besteht, schlägt de Ursis als metallischen Werkstoff neben Messing (*tong* 銅)²⁶ auch Zinn vor, nimmt jedoch für die Kolben sowie das gesamte Antriebsgestänge Holz. Dies machte die Pumpe zwar deutlich preiswerter, ging aber wegen der unterschiedlichen Materialeigenschaften und der sich daraus ergebenden Toleranzen zugleich deutlich zu Lasten der Funktionsfähigkeit und Effizienz.²⁷ Außerdem mussten nach wie vor alle anderen Teile aufwändig aus Metall gefertigt werden. Obwohl sie Wasser deutlich höher heben kann als die Archimedische Schraube, schneidet die Jadebalkenpumpe deshalb trotz dieses – allerdings unzureichenden – Versuchs des Jesuiten einer Adaption an die lokalen Möglichkeiten vergleichsweise schlecht ab.

²² Für eine Beschreibung des Funktionsprinzips dieser Pumpe mit Bezug zu den unterschiedlichen historischen Quellen vgl. Landels (1978), S. 75-83.

²³ Aufgrund des atmosphärischen Drucks ist bei dieser Pumpe je nach Betriebstemperatur und -höhe theoretisch sogar ein Hub von bis zu zehn Metern möglich.

²⁴ Zur Geschichte der Druckpumpe vgl. Oleson (1984), S. 301-325. Oleson geht hier auch kurz auf die Unterschiede zur Saugpumpe mit nur einem Kolben ein.

²⁵ Dessen Beiname „Taccola“, also Dohle oder diebische Elster, könnte jedoch darauf hinweisen, dass Mariano di Jacopo doch nicht der Erste war, der das verlorengegangene Wissen zu dieser und womöglich auch zur nächsten hier vorgestellten Pumpe in der Frührenaissance erneut belebte. Vgl. Keller (1966), S. 142.

²⁶ Das an entsprechender Stelle im TXSF verwendete chinesische Zeichen *tong* 銅 kann sowohl für Kupfer als auch für Messing stehen.

²⁷ Mark Elvin hält die vergleichsweise hohen Kosten für das zur Herstellung benötigte Metall für einen der wesentlichen Faktoren dafür, dass sich die hydraulischen Pumpen aus dem TXSF in China nicht wie erhofft durchsetzen konnten. Vgl. Elvin (1973), S. 302.

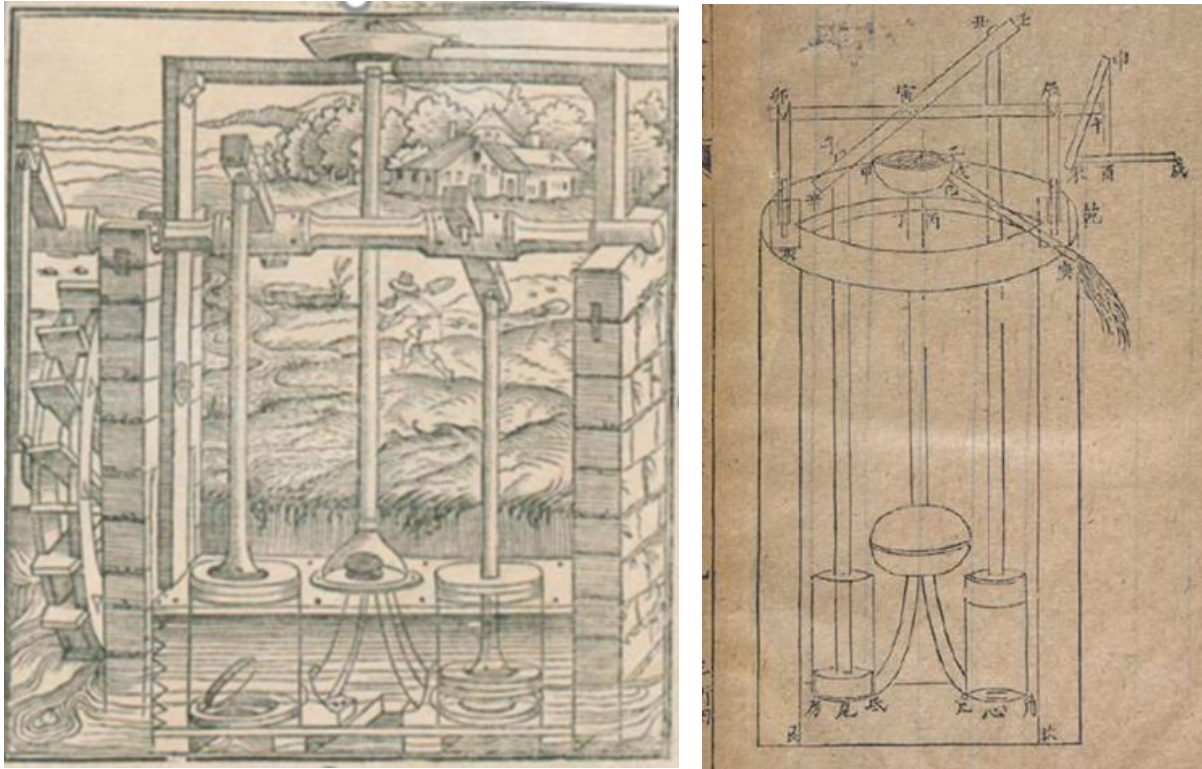


Abbildung 4: Links Ktesibios-Pumpe in *De Architectura*, Edition Daniele Barbaro (1556), rechts Jadebalkenpumpe im *Taixi shuifa* 泰西水法 (1612), Edition *Tianxue chuhan* 天學初函 (1626; Nachdruck 1965).

Etwas anders ist die Situation bei der dritten und letzten Wasserhebevorrichtung des TXSF, der *Dauerhubpumpe* (*hengsheng che* 恆升車). Diese ist trotz ihres auf den ersten Blick recht einfachen Aufbaus eine weit neuere Entwicklung.²⁸ Sie verfügt lediglich über einen Zylinder, der über ein Bodenventil mit dem eigentlichen Saugrohr verbunden ist, das dann bis ganz hinunter ins zu hebende Wasser reicht. Ein separates Auslassrohr ist hier nicht notwendig, da das zweite, wieder gegengleich arbeitende Ventil diesmal direkt in die Kolbenscheibe selbst integriert ist. Wird diese abwärts bewegt, öffnet es sich und lässt das Wasser nach oben durchfließen. Bei der anschließenden Aufwärtsbewegung schließt es sich, so dass das sich nun über dem Kolben befindliche Wasser von diesem direkt gehoben wird. Wieder sind die sich im Zug der Kolbenbewegung bildenden Druckdifferenzen ausschlaggebend, nur ist der Wasserfluss hier ein anderer als bei der Doppelkolbenpumpe. Außerdem muss diese „Saug-Hub-Pumpe“ nicht weit unten im Brunnen direkt im Wasser stehen und ist so viel leichter zu handhaben bzw. zu warten. Damit der Saugeffekt funktioniert ist es in diesem Fall allerdings erforderlich, anfangs von oben Wasser in die Pumpe zu gießen, so dass sich ein geschlossenes System bilden kann. Sobald die nach und nach aufsteigende Wassersäule den eigentlichen Kolben erreicht hat ist diese Abdichtung dann von selbst gegeben.

²⁸ Eine Beschreibung der Funktionsweise sowie der möglichen Ursprünge dieses Pumpentyps findet sich beispielsweise bei Hollister-Short (1993) und bei Wright (1997).

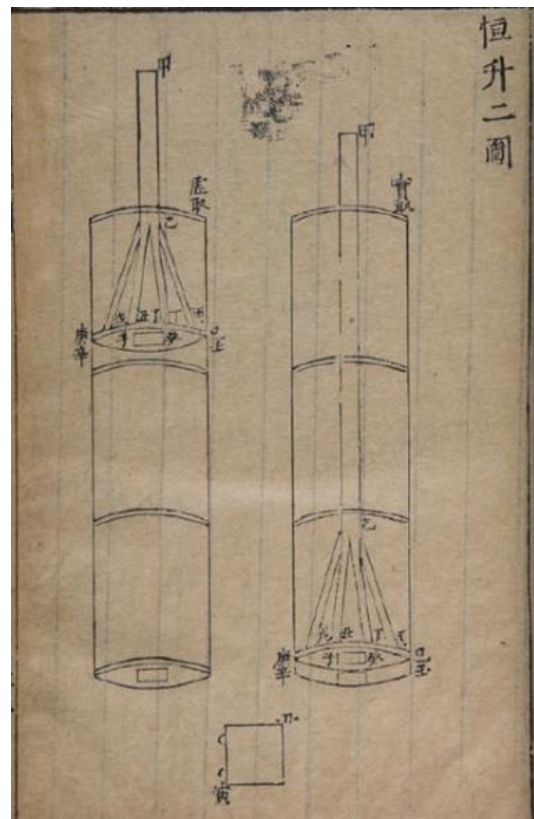
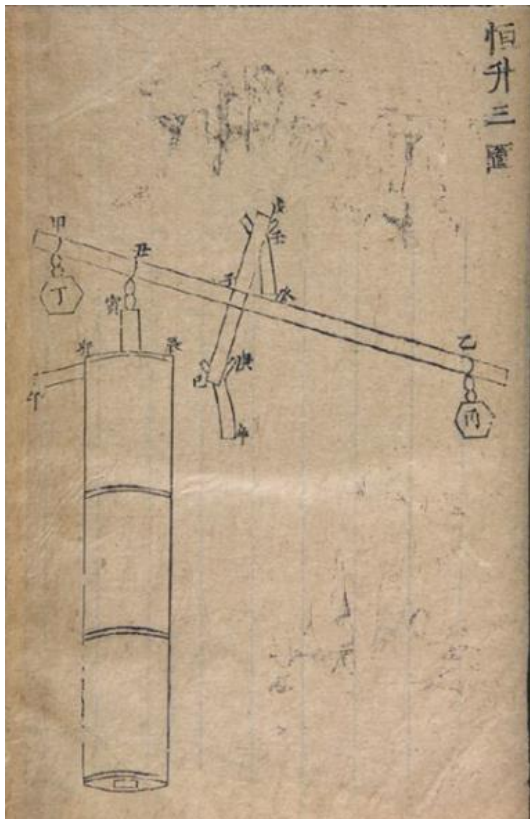


Abbildung 5: Detailzeichnungen der Dauerhubpumpe im *Taixi shuifa* 泰西水法 (1612), Edition *Tianxue chuhan* 天學初函 (1626; Nachdruck 1965).



Die Saule A. Die Welle B. Der Schwengel, der sich um die Achse dreht C. Die Kolbenstange D. Der Griff E. Der Ring, durch den die beiden Rohre verbunden werden F.

Abbildung 6: Saugpumpe in *De re metallica* (1556), Buch 6, Edition Schiffner et al. (1977), S. 147.

Dieser Pumpentyp taucht in den einschlägigen Werken ziemlich unvermittelt erstmalig im 15. Jahrhundert auf, und zwar in Form einer Abbildung in dem Werk Mariano Taccolas, dem wir oben bei der Jadedalkenpumpe bereits am Rande begegnet waren. Hier kommt nun auch Agricolas *De re metallica* als mögliche Quelle für de Ursis ins Spiel.²⁹ In seinem sechsten Buch kommt der Bergwerksklassiker auf eine ganze Reihe verschiedener Wasserhebevorrichtungen zu sprechen. Dabei wendet er sich nach den Becherwerken oder Kannenkünsten den Saug-Hub-Pumpen zu, die in seinen Worten „das von der Luft gezogene Wasser mittels Kolbenscheiben schöp-

²⁹ Allerdings lag nach heutigem Wissensstand anders als Vitruvs *De architectura* das Werk Agricolas dem Jesuiten während seiner Arbeit am TXSF nicht direkt in physischer Form vor, da es erst nach der Veröffentlichung der *Hydromethoden* nach China gelangte. Es ist jedoch durchaus möglich, dass de Ursis zu einem früheren Zeitpunkt mit *De re metallica* in Kontakt gekommen war und dann aus der Anschauung heraus diesen innovativen Pumpentyp in seinem eigenen Werk beschrieb.

fen.“³⁰ Zwar sind im TXSF die zugehörigen Zeichnungen deutlich abstrakter, aber auch de Ursis spricht hier klar von einer „pneumatischen Methode“ (*qifa* 氣法), also dem Heben von Wasser mittels Luft. Das zugrundeliegende Prinzip versucht der Jesuit dabei mit Hilfe der aristotelischen Vier-Elemente-Lehre zu erklären: Danach gibt es auf der Erde keinen wirklich leeren Raum, also auch kein Vakuum, da das Element Luft allgegenwärtig ist.³¹ Sollte diese sich je zu erschöpfen beginnen – wenn also z.B. durch das Heben der Kolbenscheibe ein Unterdruck entsteht – so zieht Luft stets und unmittelbar das Element Wasser nach sich, weshalb dieses im Fall der Pumpe im Saugrohr ansteigt. Dies ist natürlich aus moderner Sicht eine völlig unzureichende Erklärung, aber es ist zu bedenken, dass z.B. das Prinzip des hydrostatischen Drucks erst 1643, also lange nachdem de Ursis Europa verlassen hatte, von Torricelli korrekt beschrieben wurde. Aus chinesischer Sicht war die Erklärung des Jesuiten allerdings ein regelrechter Affront, verwendete er doch für die profane Materie „Luft“ ausgerechnet das Zeichen *qi* 氣, das in der chinesischen Kosmologie für ein überaus wirkkräftiges, rein energetisches Urprinzip steht, das den gesamten Kosmos durchdringt und verwaltet. Der rund 30 Jahre später erschienene chinesische Agricola, in dem es – wenn auch in einem ganz anderen Umfeld – ebenfalls um diesen Pumpentyp geht, vermeidet diesen Affront übrigens klugerweise. Anders als in *De re metallica*, wo entweder ein lederner Trichterkolben³² oder aber ein hölzerner bzw. eiserner Kolben mit aufliegender Ventilklappe aus Leder vorgeschlagen wird, besteht diese Scheibe im TXSF erneut aus Messing (*tong* 銅). Der Situation in China trägt de Ursis außerdem dadurch Rechnung, dass er neben einem aus Holz gefertigten Saugrohr, das dann aber im Gegensatz zu Agricola außen quaderförmig ist, zusätzlich eine zylindrische Variante anbietet, die aus dem lokal oft leichter verfügbaren Bambus gefertigt werden kann.

Insgesamt stellt de Ursis' „Dauerhubpumpe“ wohl die handlichste, effizienteste und am leichtesten nachzubauende Vorrichtung der *Hydromethoden* dar, und gerade für den trockenen Norden Chinas hätte sie eine spürbare Verbesserung der Situation der Bauern bewirken können, lässt sich mit ihr doch Wasser auch aus tieferen Brunnen zuverlässig heraufholen. Dagegen wäre die Archimedische Schraube für den Süden als sinnvolle Ergänzung zu den traditionellen Wasserhebemaschinen geeignet gewesen. Am wenigsten realistisch erscheint demgegenüber die trotz de Ursis' Materialänderungsvorschlag in der Herstellung doch recht aufwändige Jadebalkenpumpe. Gleichwohl konnte sich allem anfänglichen Enthusiasmus bei zumindest Teilen der *literati* zum Trotz keine der drei Pumpen bis zum Ende des Kaiserreichs in der Landwirtschaft Chinas durchsetzen. Zwar fehlte es auch weiterhin in den Schriften früher Befürworter des „Westlichen Lernens“ nicht an lobenden Worten zu diesem jesuitischen Werk, aber in der Realität blieb es bei vereinzelt, und dann, wie oben aufgezeigt, teilweise auch noch missglückten und somit wenig förderlichen Experimenten mit den darin vorgestellten innovativen Gerätschaften.

³⁰ Schiffner et al. (Hrsg.) (1977), S. 147. Die entsprechende Passage der lateinischen Originalausgabe von 1556 (S. 133) lautet: ... *siphones aquam spiritu tractam orbiculis haurientes* ... Agricola führt insgesamt sieben verschiedene Ausführungen dieses Pumpentyps an.

³¹ Diesen „horror vacui“ diskutiert Aristoteles ausführlich in Buch IV von *Physica*, unter anderem unter dem Aspekt, dass Bewegung ohne umgebenden Materie nicht möglich sei.

³² Laut Keller (1966), S. 142, wurde bereits 1550 in der Schweiz eine Saugpumpe mit einem sich wie ein Regenschirm öffnenden und schließenden Kolbenboden gebaut, was in etwa Agricolas Ledertrichter entsprechen dürfte. Obwohl im TXSF hiervon nicht die Rede ist, taucht eine ähnliche Kolbenvariante Mitte des 19. Jahrhunderts in einem chinesischen Werk zum Bergbau auf. Siehe dazu unten.

Anerkennung auf dem Papier, Ablehnung in der Praxis

Die möglichen Gründe für die Ablehnung der westlichen Technik sind vielfältiger Natur. Da ist zum einen die schwere Verständlichkeit der zugehörigen Erläuterungen im TXSF, die, wie oben am Beispiel der Drachenschwanzpumpe illustriert, manchmal auch schlichtweg fehlerhaft sind. Dies erschwerte die Umsetzung der Bauanleitungen in die Praxis erheblich, noch dazu da die chinesischen Gelehrtenbeamten auf ihrer Basis einfache Handwerker direkt bei der Arbeit anzuleiten hatten – ein Zusammenwirken, das in China anders als im Westen nicht üblich war.³³ Die technischen Zeichnungen erleichtern zwar generell das Verständnis des Textes, sie besitzen aber einen selbst für Europa damals noch ungewohnt hohen Abstraktionsgrad.³⁴ Hinzu kamen die trotz de Ursis' Modifikationsvorschlägen vergleichsweise hohen Produktionskosten der Pumpen. Für einfache Bauern waren diese ohnehin unerschwinglich, aber auch der Staat sah seine konfuzianische Verantwortung für das Wohlergehen der ländlichen Bevölkerung bereits damit erfüllt, moralische Unterstützung und Unterweisung bei der alltäglichen Arbeit zu leisten und ansonsten aus Sorge um stabile soziale Verhältnisse die Steuerlast so gering wie möglich zu halten. Dies wiederum hatte eine chronische Unterfinanzierung des Staats zur Folge, und so waren auch so gut wie keine öffentlichen Mittel für die Einführung derartiger neuer Technologien vorgesehen.³⁵ In absoluten Zahlen konnte man die produzierte Gütermenge ja ebenso durch den zusätzlichen Einsatz von Arbeitskräften steigern, und an diesen bestand kein Mangel. Eine Erhöhung der Produktivität war so ab einem bestimmten Punkt allerdings nicht mehr möglich. Dass dieser qualitative Wandel in der Landwirtschaft – ebenso wie im Bergbau – damals aber offenbar sowieso nicht das vorrangige Ziel war, zeigt sich u.a. darin, dass selbst die bereits vorhandenen technischen Verbesserungen wie der Einsatz von Wasser- oder Windkraft in China in der Landwirtschaft nicht vollständig genutzt wurden, solange man auch mit den herkömmlichen, weniger effizienten Mitteln einigermaßen über die Runden kam.³⁶

Innovative, noch nicht erprobte Wege zu beschreiten und dabei Erfindergeist und den erforderlichen Wagemut zu entwickeln war zudem anders als im Europa der Renaissance in der egalitären chinesischen Gesellschaft verpönt und wurde deshalb als maßlos und überzogen

³³ Zum Verhältnis zwischen Handwerkern und Gelehrtenbeamten bzw. dem chinesischen Staat im Allgemeinen vgl. Needham et al. (1970), Moll-Murata, Song Jianze und Hans Ulrich Vogel (Hrsg.) (2005), sowie neuesten Datums Moll-Murata (2018).

³⁴ Speziell die chinesische Herangehensweise an das Abbilden von Technik analysiert Golas (2015).

³⁵ Zum unterschiedlichen Verständnis der Notwendigkeit technologischen Wandels in Europa und China, insbesondere auch im Hinblick auf die Einführung hydraulischer Techniken in Landwirtschaft und Bergbau, vgl. Kapitel 3 (S. 64-100) von Elvin (1996).

³⁶ Aus Sicht von Mark Elvin (1996, S. 66) bedeutet dies, dass auf dem Gebiet von Landwirtschaft und Bergbau sein Modell einer „Gleichgewichtsfalle auf hohem Niveau“ insbesondere den Verzicht auf innovative hydraulische Technologien nicht ausreichend erklären kann, da hier andere, überwiegend kulturelle Faktoren maßgeblich sind. Nach seinen Worten war demnach im vormodernen China die Herangehensweise an mögliche technische Neuerungen zu sehr von Nützlichkeitsabwägungen bestimmt, so dass sich Handwerker beispielsweise über kleinere Adaptionen vorhandener Gerätschaften an lokale Gegebenheiten hinaus nur ungern an zeitraubende Experimente mit umfangreicheren Innovationen heranwagten, deren späteres Funktionieren zudem ungewiss war (S. 94f.). Darüber hinaus fehlte es trotz eines theoretischen Interesses an der westlichen Mathematik seitens der „Ingenieure“ in der Praxis an Bemühungen um Standardisierung und Quantifizierung, ohne die eine Effizienzsteigerung vorhandener Maschinen nicht möglich war (S. 98f.). Zur „high-level equilibrium trap“ vgl. Elvin (1973), S. 298-315.

abgetan.³⁷ So verwundert es nicht, dass die Herangehensweise der in der Bevölkerung wenig angesehenen Handwerker rein zweckorientiert war und dass es zugleich an zahlungskräftigen privaten Geldgebern mit unternehmerischen Visionen mangelte, die die erforderliche Risikobereitschaft hätten befördern und absichern können. Dass die westlichen Pumpen allesamt geschlossene Systeme darstellten, die scheinbar wie von Geisterhand funktionierten, erschwerte die Sache zusätzlich.

Über diese spezifisch chinesischen sozio-kulturellen Gründe hinaus darf schließlich auch nicht vergessen werden, dass jede Innovation, noch dazu eine von außen her eindringende, als Störfaktor gegenüber festgefügt institutionellen Arrangements wahrgenommen werden kann. Die neuartigen Pumpen waren zwar vielleicht leistungsfähiger, sie hatten aber zugleich das Potential, die gemeinschaftliche dörfliche Organisation von Bewässerungsaufgaben und damit die eingespielten Hierarchien empfindlich zu stören.³⁸

Saug-Drachen unter Tage: Die verpasste Chance im Bergbau

Trotz der eingangs erwähnten regelmäßigen Überflutungen und anhaltenden Dürreperioden, die immer wieder zahllose Opfer gefordert hatten, gab es im China des frühen 17. Jahrhunderts, wie oben ausgeführt, der Gründe genug, um auf mögliche Vorteile der westlichen Technik in der Landwirtschaft zu verzichten. Wie aber stand es um andere Bereiche? Obwohl im TXSF davon nicht die Rede ist, lag es auf der Hand, dass sich die dort präsentierten Wasserhebevorrichtungen unter bestimmten Voraussetzungen auch für den Einsatz im Bergbau geeignet hätten.

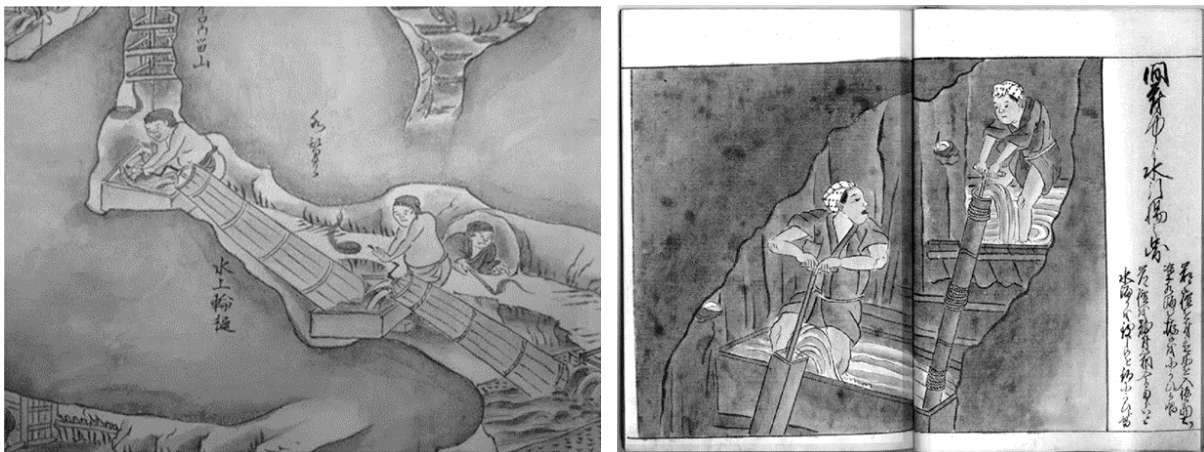


Abbildung 7: Undatierte Abbildungen aus dem *Illustrierten Buch von der Verhüttung* (*Fukiya no zu* 吹屋之図) (links) sowie aus dem *Illustrierten Buch von der Sado Goldmine* (*Sado kinzan no zu* 佐渡金山之図, 卷 29) (rechts).

Dass dies prinzipiell auch tatsächlich so wahrgenommen wurde, zeigt ein Blick nach Japan, wo bereits seit den 1630er Jahren sowohl Archimedische Schrauben, als auch einfache Saugpumpen aus Holz oder Bambus, die denen im TXSF stark ähneln, zum Entwässern der Gru-

³⁷ Vgl. Elvin (1996), S. 97.

³⁸ Die Bedeutung solcher institutionell-organisatorischer Faktoren bei der Entwicklung neuer Bewässerungsformen diskutiert Coward (1980), S. 15-27.

ben verwendet wurden, und es liegt nahe, dass das Wissen hierzu tatsächlich aus den *Hydro-methoden* stammte.³⁹ Sie könnten über den Hafen von Nagasaki, der nach der selbst auferlegten Abschottung in der Tokugawa-Zeit als einziger für den Außenhandel geöffnet geblieben war, ins Land gelangt sein. Und obwohl das TXSF als das Werk eines jesuitischen Missionars von 1630 bis 1720 in Japan offiziell zu den verbotenen Büchern zählte, tolerierte das Shogunat offensichtlich die Verwendung dieses Wissens wie beispielsweise in den Goldminen von Sado, die für den Staat überlebensnotwendig waren und auf diese Weise weit erschöpfer ausbeutet werden konnten.

In China dagegen verzichtete man auch im Bergbau weiterhin auf den Einsatz der westlichen Technologie, obwohl die Konsequenzen hier noch unmittelbarer zu spüren waren als in der Landwirtschaft. So mussten die Minen weiterhin vollständig aufgegeben werden, sobald der Wassereintritt durch einfaches Schöpfen mit Bulgen oder Kübeln nicht mehr unter Kontrolle gehalten werden konnte. Die einzige Möglichkeit, an tiefere und häufig auch reichere Erzschichten zu gelangen, bestand in solchen Fällen im aufwändigen und selten rentablen Graben von Entwässerungstollen. Dies führte z.B. im 18. Jahrhundert zu einem deutlichen Anstieg der Kohlepreise in der Hauptstadt Beijing, aber trotz des unübersehbaren wirtschaftlichen Drucks wurde kaum etwas unternommen, um die entsprechenden Techniken zu verbessern.⁴⁰

Auch hier war bereits seit der Ming-Zeit die ausbleibende finanzielle Unterstützung durch den Staat einer der Hauptgründe der Stagnation. In Europa wurden Minen für lange Zeit vorwiegend in freien Bergbaugemeinden in privatwirtschaftlicher Organisation betrieben und darüber hinaus von Königen und Territorialfürsten, für die die anfallenden Steuern und Abgaben eine lukrative Einnahmequelle darstellten, durch die Gewährung von Privilegien gefördert.⁴¹ In China dagegen leitete bis in die Qing-Zeit hinein entweder der Staat selbst die Bergwerke oder er ließ sie zumindest streng durch seine Beamten überwachen.⁴² In letzterem Fall hatten die Minenbetreiber, häufig ehemalige Berg- oder Kaufleute, das volle unternehmerische Risiko zu tragen, mussten aber dennoch wegen des unangefochtenen Monopolanpruchs des Staates auf Bodenschätze jederzeit mit dessen Eingriffen rechnen.⁴³ Hinzu kamen Willkür und häufiger Amtsmissbrauch seitens der lokal zuständigen Beamten sowie insbesondere bei Münzmetallen ein wenig attraktives staatliches Vorkaufsrecht zu niedrigen Fixpreisen.⁴⁴

All diese Unsicherheitsfaktoren, die gerade auch die größeren, gewinnträchtigen Bergwerke betrafen, wirkten sich wenig investitionsförderlich aus, was sich insbesondere bei der oh-

³⁹ Hierzu und im Folgenden vgl. Nagase-Reimer (2013), S. 25-42. Abbildung 8 und 9 sind diesem Werk (S. 30 bzw. 33) entnommen

⁴⁰ Vgl. Elvin (1996), S. 92f.

⁴¹ Zugleich ging diese Förderung aber auch mit herrschaftlicher Einflussnahme in Form von Bergbaubeamten und -verordnungen einher. Vgl. Vogel und Theisen-Vogel (1991), S. 23.

⁴² Vgl. Vogel und Theisen-Vogel (1991), S. 25.

⁴³ Vgl. Eberstein (1974), S. 191

⁴⁴ Wegen des hohen Bedarfs an Münzmetallen wie Kupfer beförderte der chinesische Staat zwar einerseits den Bergbau, beispielsweise durch den Ausbau der interregionalen Transportwege. Zugleich schreckte er aus den genannten Gründen aber private Geldgeber ab, so dass er bis ins 18. Jahrhundert hinein weit mehr, als dies in Europa der Fall war, selbst Kapital zur Verfügung stellen musste und der Bergbau viel stärker von dieser Unterstützung abhängig blieb. Vgl. Vogel und Theisen-Vogel (1991), S. 28f.

nehin kostenintensiven Wasserhaltung bemerkbar machte.⁴⁵ So begnügte man sich dabei weiterhin mit den preiswerten, aber wenig effizienten traditionellen Mitteln mit der Folge, dass in vielen Fällen die Produktivität der Minen gering blieb. Selbst wenn staatliche Gelder flossen, waren diese in den seltensten Fällen konkret für die Verbesserung der unmittelbaren Bergwerksinfrastruktur oder die technische Weiterentwicklung der Gruben bestimmt, und auch die Beamten fühlten sich nicht für diese Dinge zuständig.⁴⁶ Dies lag nicht zuletzt am bereits erwähnten negativen gesellschaftlichen Image des Bergbaus, das zudem mit einer geringen Professionalisierung der Bergleute einherging. So etwas wie ausgewiesene und einschlägig bewanderte Hydraulikspezialisten oder „Wasserkünstler“, die in Europa von einer Bergbau-Region in die nächste zogen, um ihr Wissen gegen bares Geld zu verkaufen, war in China jedenfalls in dieser markanten Ausprägung unbekannt.⁴⁷ Deshalb verwundert es nicht, dass der Gelehrte und damals für diese Provinz als Gouverneur zuständige Wu Qijun 吳其濬 in seiner *Illustrierten Darstellung der Berg- und Hüttenwerke von Yunnan* erst im Jahr 1844 den Einsatz simpler Handpumpen zur Entwässerung schildert.⁴⁸ Bei diesen „Saug-Drachen“, chinesisch *lalong* 拉龍, handelte es sich um drei bis vier Meter lange Bambusröhren, in denen mit Hilfe ebenso langer Holz- oder Eisenstangen ein lederner „Schuh“ mit Ventilöffnungen zum Schöpfen des Wassers auf und ab bewegt wurde. Die Ähnlichkeit mit der Ursis' Dauerhubpumpe sowie der von Agricola beschriebenen simplen Krückelpumpe ohne kraftsparende Hebel-Handhabe ist dabei unverkennbar.

Über diese rudimentären Gerätschaften hinaus wurden aber weiterhin in chinesischen Bergwerken weder Archimedische Schrauben noch Agricolas Heinzenkünste verwendet, geschweige denn seine komplexen, über mehrere Ebenen miteinander verbundenen „Kunstgezeuge“, bei denen das Prinzip des Hebens von Wasser durch Wasser gewinnbringend zum Einsatz kam. Dabei wäre im Reich der Mitte dieses westliche Wissen zumindest in Teilen bereits durch die jesuitischen *Hydromethoden*, spätestens aber dann mit Schall von Bells chinesischer Ausgabe von *De re metallica* verfügbar gewesen.

Literatur

- Bertuccioli, Giuliano (1991), „Sabatino de Ursis,“ in Alberto M. Ghisalberti (Hrsg.), *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. 39, Roma: Istituto della Enciclopedia Italiana, S. 498-500.
- Bettray, Johannes (1955), *Die Akkommodationsmethode des P. Matteo Ricci S.I. in China*, Romae: Apud aedes Universitatis Gregorianae (Analecta Gregoriana; 76).

⁴⁵ Dies geht u.a. aus den Angaben eines Vertrags für eine Grubengesellschaft hervor, zu der sich mehrere Unternehmer 1656 in Guangdong zusammengeschlossen hatten, um ihr Kapital zu bündeln. Vgl. Eberstein (1974), S. 186f.

⁴⁶ Vgl. Golas (1999), S. 427f.

⁴⁷ Diese Experten, häufig deutscher oder böhmischer Herkunft, zogen während des 14. bis 16. Jahrhunderts von Revier zu Revier, um hydraulische Gerätschaften in den Bergwerken zu installieren und so die Gruben zu entwässern. Vgl. von Stromer in Kroker und Westermann (1984), S. 50-72.

⁴⁸ Zumindest Gelehrtenbeamte dieses Ranges hatten aber längst Kenntnis davon, dass in japanischen Minen bereits seit dem 17. Jahrhundert sowohl Archimedische Schrauben als auch derartige Saug-Hub-Pumpen eingesetzt wurden. Vgl. Elvin (1996), S. 92.

- Bray, Francesca (2012), „Chinese Literati and the Transmission of Technological Knowledge: The Case of Agriculture," in Dagmar Schäfer (Hrsg.), *Cultures of Knowledge: Technology in Chinese History*, Leiden: Brill, S. 299-326.
- Ceredi, Giuseppe (1567), *Tre discorsi sopra il modo d'alzar acque da luoghi bassi*, Parma: S. Viotti.
- Collani, Claudia von (2000), „Aspekte und Problematik der Akkomodation der Jesuiten in China," in Johannes Meier (Hrsg.), *„--usque ad ultimum terrae": Die Jesuiten und die transkontinentale Ausbreitung des Christentums, 1540-1773*, Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, S. 99-119.
- (2012), „The Exchange of Knowledge between Europe and China by Missionaries," in Ulrich van der Heyden und Andreas Feldtkeller (Hrsg.), *Missionsgeschichte als Geschichte der Globalisierung von Wissen: transkulturelle Wissensaneignung und -vermittlung durch christliche Missionare in Afrika und Asien im 17., 18. und 19. Jahrhundert*, Stuttgart: Steiner, S. 111-126.
- Coward, E. Walter (Hrsg.) (1980), *Irrigation and Agricultural Development in Asia: Perspectives from the Social Sciences*, Ithaca: Cornell University Press.
- Dürr, Renate (2017), „Akkommodation und Wissenstransfer: Neuerscheinungen zur Geschichte der Jesuiten in der Frühen Neuzeit," *Zeitschrift für Historische Forschung* 44.3: 487-509.
- Eberstein, Bernd (1974), *Bergbau und Bergarbeiter zur Ming-Zeit (1368-1644)*, Hamburg: Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens (Mitteilungen der Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens; 57).
- Elvin, Mark (1973), *The Pattern of the Chinese Past*, Stanford: Stanford University Press.
- (1996), *Another History: Essays on China from a European Perspective*, Broadway [Australia] und Honolulu: Wild Peony und University of Hawaii Press.
- Forbes, Robert James (1963), *Studies in Ancient Technology*, vol. 7, *Ancient Geology. Ancient Mining and Quarrying. Ancient Mining Techniques*, Leiden: Brill.
- Golas, Peter J. (1999), *Mining*, Cambridge: Cambridge University Press (Science and Civilisation in China, vol. 5, Chemistry and Chemical Technology; 13).
- (2015), *Picturing Technology in China: From Earliest Times to the Nineteenth Century*, Hong Kong: Hong Kong University Press.
- Haub, Rita und Paul Oberholzer (2010), *Matteo Ricci und der Kaiser von China: Jesuitenmission im Reich der Mitte*, Würzburg: Echter.
- Hollister-Short, Graham (1993), „On the Origins of the Suction Lift Pump," *History of Technology* 15: 57-75.
- Hsia, R. Po-chia (2010), *A Jesuit in the Forbidden City: Matteo Ricci, 1552-1610*, Oxford: Oxford University Press.

- Jami, Catherine, Peter M. Engelfriet und Gregory Blue (Hrsg.) (2001), *Statecraft and Intellectual Renewal in Late Ming China: The Cross-cultural Synthesis of Xu Guangqi (1562-1633)*, Leiden: Brill (Sinica Leidensia; 50).
- Keller, A. G. (1966), „Wasserkünste und Hydromechanik der Renaissance [Renaissance waterworks and hydromechanics],“ *Endeavour* 25: 141-145.
- Landels, John Gray (1978), *Engineering in the Ancient World*, London: Chatto & Windus.
- Moll-Murata, Christine (2018), *State and Crafts in the Qing Dynasty (1644-1911)*, Amsterdam: Amsterdam University Press (Social Histories of Work in Asia).
- Moll-Murata, Christine, Song Jianze und Hans Ulrich Vogel (Hrsg.) (2005), *Chinese Handicraft Regulations of the Qing Dynasty: Theory and Application*, München: Iudicium.
- Mungello, David E. (1989), *Curious Land: Jesuit Accommodation and the Origins of Sinology*, Honolulu: University of Hawaii Press.
- Nagase-Reimer, Keiko (2013), „Water Drainage in the Mines in Tokugawa Japan: Technological Improvements and Economic Limitations,“ in Nanny Kim und Keiko Nagase-Reimer (Hrsg.), *Mining, Monies, and Culture in Early Modern Societies: East Asian and Global Perspectives*, Leiden: Brill, S. 25-42.
- Needham, Joseph and Wang Ling (1965), *Mechanical Engineering*, Cambridge: Cambridge University Press (Science and Civilisation in China, vol. 4, Physics and Physical Technology; 2).
- Needham, Joseph et al. (1970), *Clerks and Craftsmen in China and the West: Lectures and Addresses on the History of Science and Technology*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Oleson, John Peter (1984), *Greek and Roman Mechanical Water-Lifting Devices: The History of a Technology*, Dordrecht: Reidel (Phoenix Supplementary Volumes; 16).
- Ramelli, Agostino (1588), *Le diverse et artificiose machine del Capitano Agostino Ramelli dal Ponte della Tresia, Ingeniero del Christianissimo Re di Francia et di pollonia: nelle quali si contengono uarii et industriosi Movimenti, degni di grandissima speculatione, per cauarne beneficio infinito in ogni sorte d'operatione, composte in lingua Italiana et Francese*, Parigi: Casa del'autore.
- Saraiva, Luís und Catherine Jami (Hrsg.) (2008), *The Jesuits, the Padroado and East Asian Science (1552-1773)*, Singapore: World Scientific (History of Mathematical Sciences: Portugal and East Asia; 3).
- Schiffner, Carl, et al. (Hrsg. und Übers.) (1977), *Georg Agricola: Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen in denen die Ämter, Instrumente, Maschinen und alle Dinge, die zum Berg- und Hüttenwesen gehören, nicht nur aufs deutlichste beschrieben,*

- sondern auch durch Abbildungen, die am gehörigen Ort eingefügt sind, unter Angabe der lateinischen und deutschen Bezeichnungen aufs klarste vor Augen gestellt werden sowie das Buch von den Lebewesen unter Tage, Originalausgabe 1556, Nachdruck der 3. Ausgabe, Düsseldorf: Deutscher Taschenbuch Verlag.
- Sievernich, Michael (2013), „Xu Guangqi (1562-1633): Chinas großer Gelehrter, Staatsmann und Katholik," *Zeitschrift für Missions- und Religionswissenschaft* 97.30-4: 279-291.
- Standaert, Nicolas (2003), "The Transmission of Renaissance Culture in Seventeenth-Century China," *Renaissance Studies* 17.3: 367-391.
- (2017), „Matteo Ricci and the Chinese: Spaces of Encounter Between the Self and the Other," in Alessandro Dell'Orto und Zhao Hongtao (Hrsg.), *Lezioni cinesi: storia filosofia e antropologia della Cina*, Città del Vaticano: Urbaniana University Press, S. 73-100.
- von Stromer, Wolfgang (1984), „Wassernot und Wasserkünste im Bergbau des Mittelalters und der frühen Neuzeit," in Werner Kroker und Ekkehard Westermann (Hrsg.), *Montanwirtschaft Mitteleuropas vom 12. bis 17. Jahrhundert: Stand, Wege und Aufgaben der Forschung*, Bochum: Deutsches Bergbau-Museum, S. 50-72.
- Truffa, Giancarlo (2014), „De Ursis, Sabatino," in Thomas A. Hockey et al. (Hrsg.), *Biographical Encyclopedia of Astronomers*, New York: Springer, S. 570-571.
- Verhaeren, Hubert (1949), *Catalogue de la bibliothèque du Pé-t'ang*, Pékin Imprimerie des Lazaristes.
- Wright, Michael T. (1997), „On the Lift Pump," *History of Technology* 18: 13-37.
- Vogel, Hans Ulrich und Elisabeth Theisen-Vogel (1991), "Kupfererzeugung und -handel in China und Europa, Mitte des 8. bis Mitte des 19. Jahrhunderts: Eine vergleichende Studie," *Bochumer Jahrbuch zur Ostasienforschung* 15: 1-57.
- Zou Zhenhuan 邹振环 (2017), „Zhongxi shuiwenhua hudong zhong de ,bian' yu ,chang': Yi Taixi shuifa zai Ming Qing Jiangnan diqu de chuanbo wei li" 中西水文化互动中的,變'與,常': 以《泰西水法》在明清江南地區的傳播為例 (On the ,Changing' and ,Laggard' Elements in the Interaction of Water Culture between China and the West: A Case Study of the Transmission of Taixi shuifa in the Jiangnan Area of the Ming and Qing Dynasties), *South China Quarterly* 7.3: 395-413.