[91] Das Organum mathematicum – Ein Lehrmittel des Barock

Journal für Mathematik-Didaktik 24 (2003), 41-58

Zusammenfassung: Bei den Vorbereitungen einer Ausstellung der Universität Würzburg zum 400. Geburtstag des Universalgelehrten ATHANASIUS KIRCHER (1602-1680) habe ich mich eingehend mit einem von ihm entwickelten Lehrmittel befasst. In seiner barocken Sprache hatte er es *Organum mathematicum* (Mathematische Orgel) genannt. Sein Schüler KASPAR SCHOTT (1608-1666) schrieb dazu ein ausführliches Handbuch mit dem Titel *Organum mathematicum*, das 1668 postum erschien. Exemplare dieses Lehrmittels finden sich im Bayerischen Nationalmuseum in München und im Istituto e Museo di Storia della Scienza in Florenz. Im Folgenden soll die Mathematische Orgel didaktisch analysiert werden. Dabei stütze ich mich auf Schotts Buch und eine gründliche Untersuchung des Münchner Exemplars.

Abstract: As part of the preparations for an exhibition about the famous universal scholar ATHANASIUS KIRCHER (1602-1680) I had the opportunity to study an apparatus for teaching that he had developed. He had called it *Organum mathematicum* (*Mathematical Organ*). His disciple KASPAR SCHOTT (1608-1666) had written a handbook for this apparatus with the title *Organum mathematicum* (1668). This book is an outstanding source for understanding the Organum. Models of the Organum can be found in the "Bayerisches Nationalmuseum München" and in the "Istituto e Museo di Storia della Scienza Firenze". On the basis of Schott's book and the study of the Munich model the Mathematical Organ will be analysed didactically.

1. Athanasius Kircher und Kaspar Schott

ATHANASIUS KIRCHER (1602-1680) war ein Universalgelehrter, der von 1633 bis zu seinem Lebensende am *Collegium Romanum* wirkte (Beinlich, Daxelmüller, Vollrath, Wittstadt 2002).

Kircher stammte aus Geisa bei Fulda, trat 1618 in den Jesuitenorden ein und wurde 1629 Professor für Mathematik, Moralphilosophie und semitische Sprachen an der Universität Würzburg. Bereits 1631 musste er vor den schwedischen Truppen fliehen und lehrte dann zwei Jahre lang am Jesuitenkolleg in Avignon, bis er 1633 zunächst als Hofmathematiker von Kaiser Ferdinand II. nach Wien, dann von seinem Orden an das *Collegium Romanum* berufen wurde. An dieser zentralen Bildungsinstitution der Jesuiten in Rom lehrte er Mathematik, Physik und orientalische Sprachen (Wittstadt 2002).

Er baute dort ein berühmtes Museum auf, das nach ihm benannt wurde, und sammelte Sehenswürdigkeiten aus der ganzen Erde. Keine der damals so beliebten Kunst- und Wunderkammern faszinierte die prominenten Besucher aus aller Welt so wie das *Museum Kircherianum* (Daxelmüller 2002).

Kircher schrieb über 30 umfangreiche wissenschaftliche Werke. Seine Themen waren die Ägyptologie, die Sinologie, der Magnetismus, die Optik, die Akustik, die Musik, die Geologie, die Astronomie, die Medizin, die

Wissenschaftstheorie, die Theologie, aber auch Zahlenmystik, die Arche Noahs und der Turm zu Babel. Universalität des Wissens war für Kircher wie für GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ (1646-1716), der ihn schätzte und mit dem er korrespondierte, Grundvoraussetzung wissenschaftlicher Arbeit. Zwischen den vielen verschiedenen Wissenschaften sah er ein einigendes Band: „Alles ist durch geheime Knoten miteinander verbunden.“ (*Magnes* 1643) Der Schlüssel der Erkenntnis der Welt war für ihn wie für GALILEO GALILEI (1564-1642) die Mathematik, weil Gott alles mathematisch geordnet hat. Wie es in der Bibel heißt: „Aber du hast alles geordnet mit Maß, Zahl und Gewicht.“ (Weisheit Salomos 11, 21)

Seine Bücher waren klar und ausführlich in lateinischer Sprache geschrieben und reich bebildert. Die „mathematischen Wissenschaften“ stellte er, wie damals üblich, nach dem Muster der Elemente des EUKLID systematisch dar. So begann er z.B. den *Magnes* (1643) mit Definitionen und Axiomen und leitete daraus Theoreme her.

Andererseits beobachtete er systematisch Naturphänomene, experimentierte geschickt und überprüfte kritisch naturwissenschaftliche Angaben in antiken Texten (Kircher, E. 2002). Anders als bei Galilei beschränkte sich jedoch sein Forschen nicht auf das Messbare und der Mathematik Zugängliche.

Als Denker der Barockzeit hat er eine Freude an Mechanismen und Maschinen, mit denen sich verwunderliche Effekte erzielen lassen, die aber auch geistige Arbeit erleichtern können (Gorman 2001). Sie finden sich in vielen seiner Werke als praktische Anwendung der gewonnen Erkenntnis. Mit Kircher werden z.B. die *Laterna magica* (ein Projektionsapparat) und das *Pantometrum Kircherianum* (ein Messtisch) in Verbindung gebracht.

Athanasius Kircher blieb trotz seiner nur kurzen Lehrtätigkeit in Würzburg durch seinen Schüler und Mitarbeiter KASPAR SCHOTT (1608-1666) mit Würzburg verbunden. Dieser wirkte hier im Geist seines bedeutenden Lehrers. Kaspar Schott stammte aus Königshofen im Grabfeld. Im Jahr 1627 trat er in den Jesuitenorden ein und wurde 1629 zum Studium nach Würzburg gesandt, wo er Kircher kennen lernte. Er floh mit ihm vor den anrückenden Schweden, ihre Wege trennten sich dann aber. Schott beendete sein Studium der Philosophie, Theologie und Mathematik in Palermo und lehrte dort – mit Unterbrechungen – Philosophie, Moraltheologie und Mathematik. Es war eine große Freude für ihn, als er 1652 nach Rom gesandt wurde, um Kircher bei dessen Forschungen am Römischen Kolleg zu unterstützen. Doch bereits 1655 sandte ihn sein Orden wieder nach Deutschland. Über Mainz kehrte er nach Würzburg als Professor für Mathematik zurück. Jetzt begann eine reiche schriftstellerische Tätigkeit. Schott verfasste zahlreiche umfangreiche Werke. Viele seiner Bücher haben enge Bezüge zu seinem Lehrer. Denn da Kircher nicht über die Zeit verfügte, sein gesammeltes Wissen zu veröffentlichen, sah Schott darin seine vordringliche Aufgabe (Unverzagt 2000).

Als *Enzyklopädisten* zeigt ihn sein *Cursus mathematicus* (Schott 1661), in dem er in 28 „Büchern" ausführlich die *mathematischen Wissenschaften* darstellte**.** Schott führte Experimente mit den Magdeburger Halbkugeln durch und korrespondierte mit ihrem Erfinder OTTO VON GUERICKE (1602-1686). Zwei Bücher von Schott behandeln ausführlich Erfindungen von Athanasius Kircher. Es sind dies das *Pantometrum Kircherianum* (Schott 1660) und das *Organum mathematicum* (Schott 1668), das erst nach seinem Tod erschien. Kaspar Schott war einer der bedeutendsten Professoren der Universität Würzburg. Von UMBERTO ECO wurde er in seinem Roman „Die Insel des vorigen Tages" in der Figur des *Pater Caspar Wanderdrossel* dargestellt.

2. Kirchers Organum mathematicum

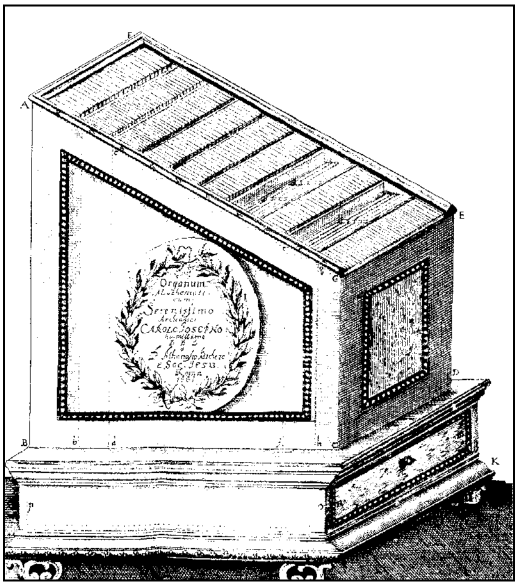
Kircher hatte 1661 das *Organum mathematicum* als Lehrmittel für den damals 12-jährigen Erzherzog KARL JOSEPH VON HABSBURG (1649-1664) gebaut und mit einem Begleitschreiben an dessen Lehrer GOTTFRIED ALOYS KINNER nach Wien gesandt (Vollrath 2002b). Schott hatte 1664 in seiner

Technica curiosa auf der Grundlage eines Briefes von Kinner aus dem Jahre 1662 darüber berichtet (Schott 1664, S. 831-833).

Die Mathematische Orgel ist ein hölzerner Schrein, in dem auf beschrifteten Holztäfelchen (*tabulae*) in zehn Fächern unterschiedliche Bereiche der Mathematik (im weitesten Sinne) angesprochen wurden. Dabei handelte es sich um folgende Themen:

Arithmetik,
Geometrie,
Festungsbau (*fortificatio*),
Kirchliche Zeitrechnung (*computus ecclesiasticus*),
Sonnenuhren (*gnomonica*),
Astronomie (*sphaerica*),
Astrologie (*motus planetarum*),
Geheimschriften (*steganographia*) in zwei Fächern,
Musik.

Die Täfelchen eines Faches waren durch Buchstaben gekennzeichnet. Innerhalb eines Faches trugen gleichartige Täfelchen die gleiche Farbe. Die Fächer waren in Treppenform angelegt, um den Zugriff und das Einordnen zu erleichtern. Eine Vorstellung von diesem Schrein gibt das Bild aus Schotts Buch.



Mathematische Orgel aus K. Schott, *Organum mathematicum*, 1668, zu S. 55.

Zu den einzelnen Themen hatte Kircher Anleitungen in kleinen Büchlein geschrieben, die sich in einem Fach im Sockel befanden. Dort waren auch einige mathematische Instrumente untergebracht. Die ganze Ausstattung war in seinen Augen bescheiden. Er schrieb: „Die Fürsten müssen in diesem Zusammenhang den Inhalt und nicht das Material wertschätzen." (Schott 1668, S. 63)

Den Begleitbrief an Kinner und den Inhalt der Büchlein kennen wir durch Kaspar Schott. Er hatte diese Schriften in seinem Lehrbuch (Schott 1668) abgedruckt. Die Zitate, die im Folgenden verwendet werden, stützen sich auf eine Übersetzung von Dr. PETER FRIEß, München.

Schotts Lehrbuch ist so aufgebaut, dass nacheinander in gleicher Weise die Themen der einzelnen Fächer behandelt werden: In einem Vorwort erläutert er zunächst die Bedeutung des Themas für den Schüler, dann beschreibt er den Inhalt des entsprechenden Fachs, es folgt der (häufig korrigierte) Inhalt des zugehörigen Büchleins von Kircher, danach stellt er das Thema von Grund auf ausführlich dar. Dabei greift er auf die entsprechenden Ausführungen aus seinem *Cursus mathematicus* (1661) zurück; vieles wird hier aber ausführlicher behandelt.

Die Texte von Kircher und Schott werden im Folgenden als Quellen betrachtet, um didaktische Überzeugungen, Ziele, Ideen, Probleme, Entscheidungen und Maßnahmen herauszuarbeiten, einzuordnen und zu bewerten, die diesem Lehrmittel zu Grunde liegen. Dabei geht es darum, die Dinge zunächst mit den Augen von Kircher und Schott zu sehen, um ihnen möglichst gerecht zu werden. Andererseits sollen ihre Überlegungen und Entscheidungen aber auch aus heutiger Sicht betrachtet werden, um Beziehungen zu didaktischen Kategorien unserer Zeit herzustellen.

3. Hintergründe und Ziele

In seinem Begleitbrief an Kinner schrieb Kircher über sein didaktisches Vorhaben:

> „Deinem letzten Schreiben an mich habe ich entnommen, womit ich Dir und dem erhabenen Erzherzog Karl Joseph zu Gefallen sein könnte, und dies nun um meiner Zuneigung zu Euch beiden willen ins Werk gesetzt. Du wünschtest ja, dass ich zur geistigen Anregung des Deiner getreulichen Fürsorge anvertrauten Erzherzogs eine kleine Erfindung, die nicht ungeeignet wäre, seinen Geist zu bilden, überschicken sollte. Und da ich ja schon Verschiedenes an den Kaiser und Erzherzog Wilhelm Leopold gesandt habe, das ihnen meines Wissens nicht missfallen hat, hat mich der Gedanke nicht wenig angespornt, nicht den Eindruck zu erwecken, als ob ich den Dir anvertrauten Spross des erhabenen Hauses übergehen wollte; und so kam es, dass ich die Gelegenheit ergriff, mich mit den Österreichischen Patres, die kürzlich nach Rom auf die Synode unserer Kirche kamen, zu beraten, *und eifrig bei mir selbst zu überlegen*, was ich

> dem zarten Alter am ehesten für angemessen hielte. Es boten sich verschiedene Sachen aus unterschiedlichen interessanten Themenbereichen an, die geeignet gewesen wären, bei einem Fürsten großen Gefallen zu finden; allerdings standen ihrer Verfertigung sowohl die Kürze der verfügbaren Zeit, als auch die meiner Mittellosigkeit unangemessenen Kosten entgegen. Schließlich ward beschlossen, ein kleines Kunstwerk (J¦P<"F:") zu schicken, das wohl geeignet ist, mathematisches Wissen mit Leichtigkeit zu begreifen: Die Schwierigkeit dabei war allerdings, wie glücklich erreicht werden könnte, dass seine Durchlaucht, indem sie gleichsam etwas anderes tat, dennoch einen geistigen Nutzen daraus ziehen könnte, ohne allerdings den Kopf zu überanstrengen. Endlich verfiel ich auf diese mathematische Orgel, die, in zehn Abteilungen geschieden, in jeder von ihnen eine andere Spielart der Mathematik darlegt; ...“ (Schott 1668, S. 57-58)

Ziel dieser Erfindung für den Unterricht des jungen Fürsten sollte es also sein, „seinen Geist zu bilden“. Das macht zweierlei deutlich: Kircher geht es um *Geistesbildung* als Ziel, und er ist offensichtlich überzeugt, dass man dieses Ziel mit Hilfe eines geeigneten Lehrmittels erreichen kann. Im übrigen sind auch die anderen Beteiligten überzeugt, dass Kircher ein solches Lehrmittel entwickeln könne. Kircher wurde demnach als ideenreicher „didaktischer Experte“ betrachtet. Mit seiner Auffassung steht Kircher in der jesuitischen Bildungstradition, die in der *Ratio atque institutio studiorum* von 1599 begründet ist (Duhr 1896).

Bei seinen Planungen spielt das Alter des Schülers eine wesentliche Rolle, wenn Kircher mit seinen Ordensbrüdern überlegt, was er „dem zarten Alter am ehesten für angemessen hielte“. Es mag heute erstaunlich wirken, dass ein Gelehrter von Weltruf an einer bedeutenden Universität versucht, sich in das Denken eines Kindes hinein zu versetzen. Aber auch das gehört zu den pädagogischen Überzeugungen der Zeit. Man denke etwa an JOHANN AMOS COMENIUS (1592-1670), der in seiner *Didactica magna* schrieb: „Aller

Lehrstoff muß den Altersstufen gemäß so verteilt werden, daß nichts zu lernen aufgegeben wird, was das jeweilige Fassungsvermögen übersteigt.“ (Comenius 1993, S. 87)

Das Lehrmittel sollte dazu dienen, „mathematisches Wissen mit Leichtigkeit zu begreifen“. Kircher suchte also eine Art „Königsweg“ zur Mathematik, obwohl man ja bereits seit der Antike wusste, dass es einen solchen nicht gibt. Andererseits haben sich seit jeher Didaktiker darum bemüht, Kindern einen Zugang zur Mathematik zu eröffnen und die beim Lernen auftretenden Schwierigkeiten möglichst zu reduzieren. Auch Kircher befasst sich mit diesem grundlegenden didaktischen Problem. Und er sucht eine Lösung darin, den Schüler nicht *direkt* Mathematik treiben zu lassen, sondern ihn durch Beschäftigung mit dem Lehrmittel *indirekt* Mathematik lernen zu lassen. Dabei dachte er an ganz konkretes Tun, dass also „seine Durchlaucht, indem sie gleichsam etwas anderes tat, dennoch einen geistigen Nutzen daraus ziehen könnte, ohne allerdings den Kopf zu überanstrengen.“

Auch Kircher wusste natürlich, wie wichtig es ist, bei den Lernenden Interesse zu wecken. So ging es ihm darum, ein Lehrmittel zu erfinden, das geeignet wäre, beim Schüler „großen Gefallen zu finden“.

Kirchers umfangreiches wissenschaftliches Werk trägt deutlich enzyklopädische Züge. Er ist sich jedoch im Klaren, dass im Unterricht eine *Auswahl* zu treffen ist. Er schreibt darüber:

> „Das also, lieber Kinner, ist zusammengefasst diese mathematische Orgel; man könnte dem anderes ohne Zahl hinzufügen, aber ich habe mich stets darum bemüht, dass nicht durch eine allzu große Stofffülle das geistige Aufnahmevermögen des Zöglings womöglich nicht so sehr gefördert, als vielmehr aus der Fassung gebracht wird. Deshalb sollst Du wissen, dass hinter alledem, das ja allgemein bekannt ist, lediglich eine neue Verfahrensweise steckt. Mit ihr habe ich mich dem zarten Verstand Deines Schützlings dergestalt angepasst, dass er sich, zumal mit Dir als

> hocherfahrenem Führer, ohne Mühe mit Fragen im Zusammenhang mit den von mir angeführten Erscheinungsformen der Mathematik auseinandersetzen wird." (Schott 1668, S. 59)

Wieder wird das Alter des Schülers angesprochen. Allerdings geht es hier darum, „dass nicht durch eine allzu große Stofffülle das geistige Aufnahmevermögen des Zöglings womöglich nicht so sehr gefördert, als vielmehr aus der Fassung gebracht wird." Ging es oben um die Schwierigkeit des Gegenstandes, so geht es hier um die Stofffülle. Es ist bemerkenswert, dass der Enzyklopädist Kircher als Didaktiker die Lehrinhalte bewusst einschränkt.

Hervorzuheben ist auch, dass es Kircher nicht um neue Inhalte geht, sondern um einen neuen Weg zum Lehren der Inhalte. Gerade für einen Sammler neuen Wissens hätte es ja nahegelegen, sein Heil in neuen Lehrinhalten zu suchen.

Schließlich findet sich ein Hinweis auf die Rollenverteilung zwischen Lehrer und Schüler: Der Lehrer soll in der Rolle eines „Führers" dem Schüler helfen, sich selbst-ständig mit der Mathematik auseinander zu setzen.

4. Die Themen

Zu den einzelnen Themen finden sich bei Schott (1668) Hinweise auf ihre Bedeutung für den jungen Fürsten. Den Beginn mit der *Arithmetik* begründet er damit, dass sie „erstgeborene Tochter der gesamten Mathematik" sei (S. 68).

In der *Geometrie* werden Vermessungsaufgaben behandelt, die „oft den Fürstlichkeiten, besonders den Ungeübten, Unbehagen bereiten" (S. 171).

Der *Festungsbau* war damals bei den Fürsten sehr in Mode, so dass man ihn den Fürsten erklären musste, „denen das Studium so sehr eigentümlich ist, so dass man kaum jemand findet, der darin nicht weit vorangekommen ist oder nicht alle Versuche unternimmt, darin Fortschritte zu machen“ (S. 237).

Das Thema *Zeitrechnung* war angesichts der damaligen Probleme mit der Kalenderreform aktuell. So schreibt Schott: „Es ist mir nicht verborgen, dass es der Wunsch vieler Fürsten ist, dass diese Angelegenheit bei den Zusammenkünften des Römischen Reiches, zu denen dessen Fürsten sich des öfteren zusammenfinden, zur Behandlung vorgelegt wird. Es wird also von Nutzen sein, wenn diese Fürsten selbst Chronologen sind und eine nicht geringe Kenntnis der Wissenschaft der Zeitberechnung besitzen.“ (S. 297)

Bei den *Sonnenuhren* wird die Bewegung der Sonne am Himmel auf die Erde projiziert, so dass sie für den Menschen fassbar wird. Das Thema wird behandelt, weil es „dem geistigen Talent der Fürsten und Adeligen wohl ansteht und die Gemüter erfreut“. (S. 447)

Die *Astronomie* ist für die Erziehung eines Fürsten wichtig, denn „Diejenigen sind und werden für wahre Fürsten gehalten, die die Schau und Betrachtung der Himmelskörper, die Sternenkunde bzw. die Astronomie viel höher schätzen als Reichtümer und Macht.“ (S. 572-573)

Dass *Astrologie* damals für das Treffen von Entscheidungen als nützlich angesehen wurde, rechtfertigt die Beschäftigung mit ihr. Schott schränkt freilich ein: „Wenn sie sich in diesen Grenzen hält und nicht die Herrschaft über die freie Entscheidung der Menschen an sich reißt, ist sie lobenswert und nichts Unwertes, deren Kenntnis auch die Fürsten erlangen sollten.“ (S. 631)

Die *Steganographie* (Lehre von den Geheimschriften) zeigt, wie „jedermann in jedweder Sprache die Geheimnisse seines Geistes so zu verbergen imstande sein wird, dass sie nach menschlichem Ermessen nicht durchdrungen werden können.“ (S. 62) Das war natürlich schon damals im Nachrichtenaustausch zwischen Diplomaten wichtig.

Das Organum schließt mit einem Fach über die *Musik*, in dem Anleitungen zum Komponieren gegeben werden. Schott erinnert daran, dass Könige wie Saul in der Musik zum Frieden fanden. (S. 755)

Die Themenwahl und die Art ihrer Behandlung machen deutlich, dass es Kircher mit seinem Lehrmittel in erster Linie um die Vermittlung von *Fähigkeiten* geht. Das notwendige Sachwissen stellen die Täfelchen bereit; im Unterricht ist zu lehren, wie man mit diesem Wissen umgeht.

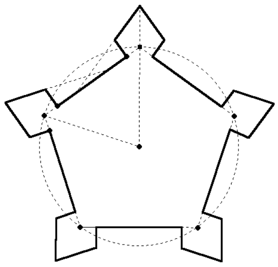
5. Die didaktische Erfindung

All diese Überlegungen mündeten in die Mathematische Orgel. In ihr sind in den einzelnen Fächern unterschiedliche Ideen realisiert (Vollrath 2002b). Den einzelnen Themen sind *Fächer* zugeordnet. Darin drückt sich der Hang zur *Systematik* aus, der so typisch für das Denken dieser Zeit war. Andererseits sind diese Fächer Teil des Schreins, der diese sehr unterschiedlichen Themen bündelt und damit Kirchers Wissenschafts-verständnis ausdrückt, dass die Wissenschaften ein *Ganzes* bilden.

Die Täfelchen enthalten die erforderlichen Daten, um typische *Probleme* in den einzelnen Themenbereichen zu lösen. In der *Arithmetik* werden Napier-Stäbe auf Täfelchen angeboten, mit denen man multiplizieren und dividieren kann. Außerdem sind Täfelchen vorhanden, die eine Hilfe zum Quadratwurzelziehen und zum Kubikwurzelziehen nach den damals üblichen Divisionsalgorithmen darstellen. Beherrschte man diese, dann waren die Täfelchen eine Hilfe.

In der *Geometrie* dienten Tabellen dazu, aus Skalenteilen, die man beim Anvisieren eines Messpunktes an einem Vermessungsinstrument ablesen konnte, die Höhe dieses Messpunktes zu bestimmen. Ein derartiges Instrument findet sich im Fach am Boden des Organum.

Beim *Festungsbau* wurden an die Ecken eines regelmäßigen Vielecks Bastionen angesetzt. Die Festungsgrundrisse waren damals weitgehend normiert.



Das Fach bietet Täfelchen, bei denen man für die unterschiedlichen Vielecke (vom Viereck bis zu Zehneck) Winkel und Streckenlängen findet, die man benötigt, um einen Grundriss zeichnen zu können. Zum Antragen der Winkel diente ein Halbkreiswinkelmesser aus Horn, der sich im Fach am Boden befand.

Bei der kirchlichen *Zeitrechnung* geht es um die Bestimmung der Daten der beweglichen Feste. Entscheidend ist dabei das Datum des Osterfests, das ja auf den ersten Sonntag nach dem Frühlingsvollmond fällt. Nach ihm richten sich die Daten von Aschermittwoch, Himmelfahrt, Pfingsten und Fronleichnam. Die *Berechnung* des Osterdatums ist schwierig. Es findet sich deshalb eine Tabelle, aus der man für die Jahre von 1660 bis 1673 das Datum des Osterfests ablesen kann. Hat man dieses Datum, so kann man an anderen Täfelchen die Daten der abhängigen Feste bestimmen. Schließlich bietet das Fach Täfelchen, die die notwendigen Daten zur Berechnung des ersten Frühlingsvollmondes liefern. Die Zusammenhänge sind dabei relativ kompliziert.

Für den Entwurf von *Sonnenuhren*, finden sich Täfelchen, mit denen man für die verschiedenen Typen von Sonnenuhren die Winkel der einzelnen

Stundenlinien gegenüber der Mittagslinie ablesen kann, so dass man damit das entsprechende Zifferblatt zeichnen kann.

Im Fach für die *Astronomie* stehen Täfelchen bereit, aus denen man für einen Ort der geographischen Breite von 48° (Wien) die Länge von Tag und Nacht, den Zeitpunkt von Sonnenaufgang und Sonnenuntergang, die Dämmerungsdauer und die Deklination für jeden Tag des Jahres bestimmen kann.

Zur *Astrologie* werden als mathematisch relevante Angaben Täfelchen angeboten, aus denen man für die Jahre von 1661 bis 1681 die Orte der Planeten in den einzelnen Tierkreiszeichen ablesen kann.

In der *Steganographie* dienen Täfelchen zur Verschlüsselung von Nachrichten. Man kann innerhalb des Systems einen Schlüssel über ein Schlüsselwort wählen, das man aus den Buchstaben am Kopf der einzelnen Täfelchen bildet. Damit kann man dann Texte mit den 24 lateinischen Buchstaben als Zahlenfolgen aus den Zahlen 1 bis 24 verschlüsseln.

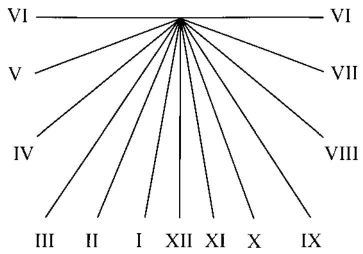
Das Fach für die *Musik* bietet Komponierhilfen auf Täfelchen. Dabei geht es darum, für Choräle 4-stimmige Sätze zu finden. Den Tönen werden Zahlen zugeordnet. Je nach dem Versmaß des Chorals werden unterschiedlich lange Zahlenfolgen für die 4 Stimmen angegeben. Im Grunde muss sich der „Komponist" unter den als Zahlenfolge vorgegebenen Melodien eine ihm behagende auswählen; für die anderen Stimmen hat er dann keine Wahl mehr, sondern muss die Zahlen vom Täfelchen übernehmen.

6. Typen von Täfelchen

Grundlegend beim Organum ist das Angebot von *Täfelchen als Datenträger*. Überwiegend ergeben sie erst in *Kombination* mit anderen Täfelchen einen Sinn. Meist läuft es darauf hinaus, dass sich eine *Tabelle* ergibt, in der ein *funktionaler Zusammenhang* dargestellt wird. Man beginnt mit einem *Anlegetäfelchen* als „Eingangsspalte" der Tabelle und kann dann weitere

Täfelchen als „Spalten“ anlegen. In der Regel wird man nur die benötigten Täfelchen aneinanderlegen. Hierin spiegelt sich Kirchers Ansatz wider, neues Wissen durch *Kombination von Wissen* zu gewinnen, den er als *ars combinatoria* in seiner *Ars magna sciendi* (1669) entwickelt.

In den einzelnen Fächern geschieht das in durchaus unterschiedlicher Weise. Will man z.B. das Zifferblatt einer Horizontalsonnenuhr konstruieren, so ist zu beachten, dass in unseren Breiten die Winkel zwischen den Stundenlinien nicht gleich sind.



Die Winkel zwischen den Stundenlinien und der Mittagslinie kann man für bestimmte geographische Breiten aus dem Organum erhalten. Im Fach für die Sonnenuhren bietet es ein *Anlegetäfelchen* an, in dem die Namen der einzelnen Stundenlinien untereinander eingetragen sind. Dieses Täfelchen dient als Eingangsspalte der Tabelle. Nun sucht man sich das Täfelchen für die entsprechende geographische Breite, z.B. für Wien 48°, in dem die entsprechenden Winkel angegeben sind.

Legt man dieses Täfelchen an das Anlegetäfelchen, so erhält man die zweispaltige Tabelle:

Stundenlinie	48° Winkel
XII	0° 0’
XI, I	11° 17’
X, II	23° 13’
IX, III	36° 37’
VIII, IV	52° 9’
VII, V	70° 11’
VI, VI	90° 0’

Man könnte sich aber auch z.B. die Tabelle legen:

Stundenlinie	45° Winkel	46° Winkel	47° Winkel	48° Winkel	49° Winkel	50° Winkel
XII	0° 0’	0° 0’	0° 0’	0° 0’	0° 0’	0° 0’
XI, I	10° 43’	10° 54’	11° 5’	11° 17’	11° 25’	11° 35’
X, II	22° 12’	22° 33’	22° 55’	23° 13’	23° 35’	23° 52’
IX, III	35° 17’	35° 44’	36° 11’	36° 37’	37° 3’	37° 28’
VIII, IV	50° 46’	51° 15’	51° 42’	52° 9’	52° 35’	53° 0’
VII, V	69° 15’	69° 35’	69° 53’	70° 11’	70° 28’	70° 43’
VI, VI	90° 0’	90° 0’	90° 0’	90° 0’	90° 0’	90° 0’

Während man aus der ersten Tabelle den funktionalen Zusammenhang für den Wohnort findet, kann man aus der zweiten Tabelle erkennen, wie die Winkel von der geographischen Breite abhängen. Statt eine Funktion einer Veränderlichen zu betrachten, hat man nun eine Funktion zweier Veränderlicher.

In der Arithmetik, der Steganographie und – zumindest in der Intention – in der Musik steht der *operative Aspekt* im Vordergrund: Mit den Täfelchen soll etwas nach einer bestimmten Vorschrift erzeugt werden. Das ist bei den Napier-Stäben ein Produkt zweier Zahlen, in der Steganographie eine verschlüsselte Botschaft und in der Musik ein Satz eines Chorals. In allen drei Fällen kann man von einer „Maschine“ sprechen.

S		A		L		V		E	
a	18	a	1	a	11	a	20	a	5
b	19	b	2	b	12	b	21	b	6
c	20	c	3	c	13	c	22	c	7
d	21	d	4	d	14	d	23	d	8
e	22	e	5	e	15	e	24	e	9
f	23	f	6	f	16	f	1	f	10
g	24	g	7	g	17	g	2	g	11
h	1	h	8	h	18	h	3	h	12
i	2	i	9	i	19	i	4	i	13
k	3	k	10	k	20	k	5	k	14
l	4	l	11	l	21	l	6	l	15
m	5	m	12	m	22	m	7	m	16
n	6	n	13	n	23	n	8	n	17
o	7	o	14	o	24	o	9	o	18
p	8	p	15	p	1	p	10	p	19
q	9	q	16	q	2	q	11	q	20
r	10	r	17	r	3	r	12	r	21
s	11	s	18	s	4	s	13	s	22
t	12	t	19	t	5	t	14	t	23
v	13	v	20	v	6	v	15	v	24
w	14	w	21	w	7	w	16	w	1
x	15	x	22	x	8	x	17	x	2
y	16	y	23	y	9	y	18	y	3
z	17	z	24	z	10	z	19	z	4

Betrachten wir z.B. das Vorgehen bei der Verschlüsselung. Im Fach zur *Geheimschrift* finden sich Täfelchen, in denen den einzelnen Buchstaben Zahlen zugeordnet werden. Die einzelnen Täfelchen sind oben durch Großbuchstaben gezeichnet. Zum Verschlüsseln wählt man nun zunächst ein Wort oder einen Text als Schlüssel.

Beispiel: Man wählt das Wort SALVE. Dieses Wort legt man mit den großen Buchstaben oben auf den Täfelchen. Das ergibt den Schlüssel, mit dem man nun Texte verschlüsseln kann. (Im allgemeinen wird man allerdings einen längeren Schlüsseltext wählen!)

Will man nun das Wort *alma* verschlüsseln, so sucht man auf dem 1. Täfelchen das a. Dazu gehört die Zahl 18; l auf dem 2. Täfelchen ergibt die Zahl 11; m auf dem 3. Täfelchen ergibt die Zahl 22; für a auf dem 4. Täfelchen erhält man die Zahl 20. Der verschlüsselte Name lautet: 18 11 22 20. Bei längeren Texten beginnt man bei den Täfelchen wieder von vorn.

Kircher erläutert in den beigefügten Büchlein die Verwendung der Täfelchen an Beispielen. Sie machen deutlich, dass er von den Problemen her dachte. Mit den Täfelchen muss man sich als Lehrender also gleichzeitig einen bestimmten Problemkontext denken. Sie sind demnach zwar vordergründig *Lösungshilfen*, wirken aber zugleich als *Erzeuger* von Problemen. Sicher erwartete Kircher, dass sich der Schüler beim Arbeiten mit dem Organum auch selbst Aufgaben stellte.

Im Einzelnen erfüllen die Täfelchen unterschiedliche Funktionen. Die Täfelchen im Arithmetikfach dienen als *Rechenhilfen*. Erforderliche Nebenrechnungen, auch aufwendige Rechnungen, kann man hier delegieren. Das Organum wirkt dann als „Rechenknecht“. In der Fortifikation und in der Gnomonik erhält der Schüler mit den Täfelchen *Konstruktionshilfen* zum Erzeugen von teilweise anspruchsvollen Zeichnungen. Die Täfelchen zur

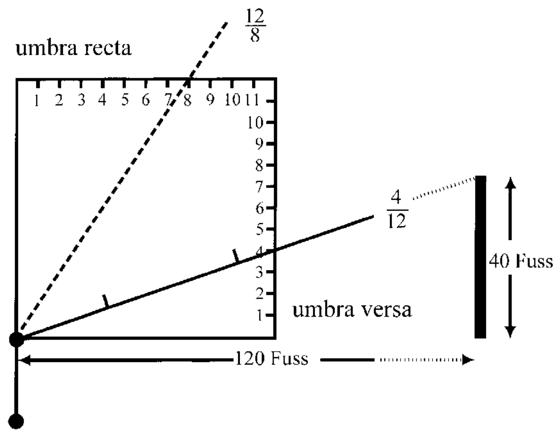
Geometrie beziehen sich auf ein Vermessungsinstrument und dienen zur *Versuchsauswertung*. Die Täfelchen in den Fächern zur Chronologie, der Astronomie und der Astrologie liefern Daten zur *Orientierung in der Umwelt*. Die Täfelchen zum Verschlüsseln und zum Komponieren zielen wohl in erster Linie darauf, den Lernenden *schöpferisch* tätig werden zu lassen.

7. Methode

Wie im Unterricht konkret mit dem Organum gearbeitet werden soll, dazu äußerte sich Kircher nicht. Insbesondere ist unklar, ob er beim Lernenden das erforderliche Sachwissen voraussetzte oder ob dieses beim Arbeiten mit dem Organum erworben werden sollte.

Betrachtet man z.B. das Fach über die *Geometrie*, so geht es um ein Vermessungsproblem. Man findet hier Täfelchen mit Tabellen, die zur Auswertung von Messungen mit einem *Geometrischen Quadrat* dienen (Knobloch 2001[2]a). Das Instrument bestand aus einem quadratischen Rahmen mit 2 Skalen: die waagerechte Skala hieß *umbra recta*, die senkrechte Skala hieß *umbra versa*. Mit einem *Senkel* konnte es so eingestellt werden, dass die Seiten senkrecht bzw. waagerecht standen. In der linken unteren Ecke war drehbar eine *Regel* mit zwei *Absehen* angebracht, über die man einen Messpunkt anvisieren konnte (Schott 1668).

In der Abbildung wird die Spitze eines Turms anvisiert, der in 120 *Fuß* Entfernung vom Beobachter steht. Die Skalen haben hier eine Zwölferteilung. Das Messinstrument zeigt nun auf der *senkrechten* Skala den 4. Punkt an, das bedeutet, dass sich die Höhe zum Abstand wie 4 zu 12 verhält. Man braucht also nur den Abstand von 120 *Fuß* mit $\frac{4}{12}$ zu multiplizieren. Damit erhält man als Turmhöhe 40 *Fuß*.



Hätte das Instrument auf der *waagerechten* Skala den 8. Punkt angezeigt, so würde sich die Höhe zum Abstand wie 12 zu 8 verhalten, der Abstand wäre also mit $\frac{12}{8}$ zu multiplizieren. Damit erhielte man als Turmhöhe 180 *Fuß*.

Um das zu *verstehen,* benötigt man aus der Ähnlichkeitslehre Kenntnisse über ähnliche Dreiecke und die Fähigkeit, mit Verhältnisgleichungen zu rechnen.

Kircher hat im Organum ein Täfelchen vorgesehen, bei dem man bei einem Abstand von 12 Fuß für die einzelnen Skalenteile die zugehörigen Höhen ablesen kann. Dann kann man die entsprechenden Aufgaben mit Hilfe der Täfelchen lösen, ohne den Hintergrund verstanden zu haben. Auch für beliebige Abstände ist ein Täfelchen vorhanden, indem man zu den einzelnen Skalenteilen die entsprechenden Vielfachen ablesen kann. Hierzu ist zwar etwas mehr Verständnis nötig. In jedem Fall gilt aber: Ist der mathematische Hintergrund verstanden, dann benötigt man im Grunde die Täfelchen nicht.

In der *Astronomie* liegen freilich die Verhältnisse anders. Hier können die Täfelchen dazu dienen, dem Schüler bestimmte Phänomene an Hand konkreter Daten zu beschreiben, die er zu seinen Erfahrungen in Beziehung setzen kann. So weiß er, dass im Sommer die Tage länger sind als im Winter. Mit den Täfelchen kann er die Abhängigkeit der Tagesdauer vom Datum genauer betrachten. Die Ursache für dieses Phänomen kann er jedoch mit den Organum nicht ergründen. Er kann allerdings z.B. ohne Schwierigkeiten für einen beliebigen Tag des Jahres in Wien die Länge von Tag und Nacht, Morgen- und Abenddämmerung sowie die Zeiten des Sonnenaufgangs und des Sonnenuntergangs ablesen. Das hat nun aber mit Mathematik wenig zu tun. Immerhin hätte eine Chance bestanden, mit Kenntnissen der Kugelgeometrie auch in einem geozentrischen System (das damals für die katholische Kircher verbindlich war; Schott 1661, S. 243), diese Phänomene mathematisch zu erklären.

Schließlich sollte man auch noch das *Handeln* des Schülers etwas näher betrachten, das ja für Kircher ebenfalls ein wichtiges Argument war. Das Handeln mit den Täfelchen beschränkt sich im wesentlichen auf die Suche nach den passenden Täfelchen, das richtige Aneinanderlegen, das Ermitteln der gewünschten Daten und ihre Deutung im Kontext des Problems. Die Durchführung dieser Schritte ist nicht anspruchsvoll. Aber es ist ja gerade der Sinn dieses Instruments, die Lösung des Problems zu einer Routine-angelegenheit zu machen. Dass und wie dies möglich ist, ist jeweils eine wertvolle Einsicht. Im übrigen kann der Lehrer ja durchaus den Anspruch erhöhen, indem er bei den einzelnen Schritten Begründungen fordert und insbesondere bei Fehlern um Aufklärung und Verbesserung bemüht ist, wie das ja z.B. in der *Ratio studiorum* gefordert wird (Duhr 1896).

Der Umgang mit dem systematisch geordneten Material lässt den Schüler den Wert einer *Ordnung* und eines *Systems* erkennen. Und es erzieht ihn zur Pflege dieser Ordnung, indem die Täfelchen wieder in das richtige Fach einzuräumen sind. Wobei der Schüler durch eigene Erfahrung selbst zur

Einsicht in den Wert der Ordnung gelangen kann. Auch das gehört zu den Zielen jesuitischer Erziehung. Im übrigen kann das Aufräumen ja durchaus auch „erholsam“ für das Kind sein.

Gewichtiger für das Lernen durch eigenes Tun ist allerdings, dass die meisten Täfelchen in *Kontexten* stehen, in denen der Schüler selbst etwas tun kann. Im Festungsbau kann er einen Grundriss zeichnen, bei den Sonnenuhren kann er ein Zifferblatt zeichnen und vielleicht sogar eine Sonnenuhr basteln und ausprobieren. In der Zeitrechnung kann er einen Kalender mit den Festtagen für das folgende Jahr anlegen. Die astronomischen Ergebnisse kann er in Beobachtungen kontrollieren. Er kann mit seinem Lehrer in Geheimschrift korrespondieren und er kann komponieren und die Komposition vortragen oder vortragen lassen. Dabei hätte es dem kleinen Erzherzog durchaus gut getan, wenn er dabei mal an die frische Luft gekommen wäre. Anscheinend sollte das aber wohl vermieden werden, denn Kircher betonte im Zusammenhang mit der praktischen Geometrie:

> „daß der Fürst ohne jede Berechnung die Maße *oder die Höhe* von Türmen, Bäumen, Säulen, Gebäuden, die Breite von Flüssen, Wänden usw. bestimmen kann, allein vermittels des vom Quadranten gegebenen Visierwinkels und der von jemand anderem ermittelten Entfernung oder Lage, und ohne sein Zimmer zu verlassen.“ (Schott 1668, S. 58)

8. Wertungen

Die Beispiele machen deutlich, dass hier überwiegend mit *funktionalen Zusammenhängen* gearbeitet wird. Freilich ist der Funktionsbegriff in dieser Zeit noch nicht ausgebildet, doch hat man damals durchaus Abhängigkeiten zwischen Größen gesehen und in Tabellen dargestellt. Mit den Täfelchen des *Organum mathematicum* werden derartige Beziehungen zwischen Größen dargestellt und zur Lösung von Problemen genutzt. Aus heutiger Sicht ist das

Organum durch die Förderung des *Denkens in Zusammenhängen* geeignet, funktionales Denken anzubahnen (Vollrath 1989).

Das Erfassen von Beziehungen zwischen Größen ermöglicht ein Verstehen der entsprechenden Phänomene. Das Lehrmittel kann also bei sinnvollem Einsatz *Verstehen* und *Können* unterstützen. Doch kann es das nicht garantieren, denn das hängt doch wesentlich von dem begleitenden Unterricht ab.

Die Auswahl der Inhalte lässt sich von den angestrebten Fähigkeiten her begründen, die für den Fürsten später für wichtig gehalten werden. Andererseits sind diese Fähigkeiten auf wenige Themenbereiche begrenzt. Grundlegende mathematische Fragestellungen und Inhalte spielen bei ihrem Erwerb keine Rolle. Was z.B. in Arithmetik und Geometrie angeboten wird, ist aus mathematischer Sicht kümmerlich. Immerhin wird aber deutlich, dass Mathematik anwendbar ist. Das *Organum mathematicum* vermittelt also durchaus einen Eindruck von der Vielfalt der *Mathematischen Wissenschaften*, wie man damals sagte. Die heute häufig beklagte Trennung zwischen Reiner und Angewandter Mathematik bestand damals nicht. Aus heutiger Sicht war das Organum auf einen anwendungsorientierten Mathematikunterricht zugeschnitten.

Bei den Anforderungen des Lehrmittels dachte Kircher vom Kind her. Tatsächlich ist die Zahl der Themen deutlich begrenzt und das gilt auch für die Zahl der mit ihm zu lösenden Aufgabentypen sowie der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben. Andererseits setzt wirkliches Verstehen der Verfahren umfassende mathematische Kenntnisse, aber auch Sachwissen aus den angesprochenen Anwendungsgebieten voraus. Das wird schon dadurch deutlich, dass Schott über 800 Seiten benötigt, um die nötige Hintergrundinformation für den Lehrer zu geben. Es besteht daher die Gefahr, dass die Themen doch eher rezeptartig abgehandelt werden.

Bei der Entwicklung seines Lehrmittels ging es Kircher auch darum, beim Schüler Freude zu wecken. Ob der Schüler Freude an den gewählten Themen hatte, ist heute schwer zu sagen. Immerhin kann man ja auch heute noch Schüler für Grundrisse, Sonnenuhren und Geheimschriften begeistern. Betrachtet man das Portrait des Schülers, dann hat man allerdings den Eindruck, dass wie bei seiner Kleidung auch bei den Themen für seinen Unterricht vom Erwachsenen her gedacht wurde (Postman 2000[13]).

Im übrigen hat Kircher auch damit gerechnet, dass sich zunächst die Erwachsenen auf sein Organum mathematicum stürzen würden. Er schreibt an Kinner:

> „Auch war mir klar, dass der Kaiser und seine Durchlaucht, der ältere Erzherzog, wegen ihres angeborenen Wissensdranges sofort die Handhabung dieser Orgel würden erlernen wollen. Damit ihrem Ansinnen reichlich Genüge geschehe, habe ich Dich, als den Erfahreneren, vor allen anderen als Vermittler ausersehen. Damit Du aber dieser Aufgabe vollauf gerecht wirst, ist es unumgänglich, dass Du die Orgel bis ins kleinste beherrschst, so dass ihre Handhabung Dir durch regelmäßige Übung leicht

> fällt, und Du Dir zuvor auch die Beispiele sorgfältig ansiehst, um auf diese Weise ungehinderter zu Werke zu gehen.“ (Schott 1668, S. 59)

Trotz dieser Vorbehalte stellt doch das Organum eine interessante didaktische Erfindung dar, die einen ansprechenden Unterricht anregen und unterstützen kann.

9. Das Organum mathematicum als didaktisches Projekt

Die Aktivitäten um das Organum mathematicum stellen sich aus heutiger Sicht als *didaktisches Projekt* der Jesuiten dar: In einer didaktischen Problemsituation entwickelt Kircher didaktische Ideen, die er in einem Unterrichtsmittel realisiert. Dabei hat er die Fähigkeiten und die Bedürfnisse des Lernenden im Blick, sieht aber zugleich die Notwendigkeit, den Lehrer, der es einsetzen soll, in den Gebrauch dieses Lehrmittels einzuweisen. Er erstellt deshalb Begleitmaterial zu seiner Instruktion. Schott schließlich weist auf dieses Lehrmittel hin, verfasst ein Handbuch, das dieses Lehrmittel bekannt macht, gibt eine genaue Beschreibung, die einen Nachbau ermöglicht, und informiert dann ausführlich für praktizierende oder angehende Lehrer über den fachlichen Hintergrund. Das ganze Projekt ist eingebettet in das Erziehungsprogramm der Jesuiten, dessen Ziele, Grundsätze und Methoden in der *Ratio studiorum* formuliert sind (Duhr 1896). Wenn dieses Lehrmittel auch zunächst auf den Privatunterricht eines Fürstensohns zugeschnitten war, so wären die ihm zu Grunde liegenden Ideen für den Unterricht auch an einem Gymnasium geeignet gewesen.

Der Erfolg des Organum mathematicum ist schwer einzuschätzen. Immerhin erschien das umfangreiche – und wertvolle – Handbuch von Schott postum 1668; das Münchner Organum ist auf 1680 zu datieren. Es stammt aus der Sammlung des Jesuiten FERDINAND ORBAN (1655-1732) aus Ingolstadt, das nach der Aufhebung des Jesuitenordens an den bayerischen Staat fiel (Frieß 2000). Der Münchner Schrein ist sehr schlicht gestaltet (Vollrath 2002b). Farbenfroher und im Äußeren dichter an der Vorlage ist der Schrein aus

Florenz (Miniati 2001). Über den Verbleib von Kirchers Schrein ist nichts bekannt. Immerhin zeugen das Buch und die erhalten gebliebenen Schreine von dem Interesse an diesem Lehrmittel.

10. Historische Einordnung des Organum

Die entscheidende Idee für das *Organum mathematicum* hat Kircher von JOHN NAPIER (1550-1617) übernommen. Dieser hatte 1617 in seiner *Rabdologia* das Rechnen mit Stäben dargestellt. Ein Hinweis auf die Rabdologie findet sich bei Kircher bereits 1630 in seinen *Institutiones mathematicae*, der Ausarbeitung einer Mathematik-Vorlesung in Würzburg. In seiner Darstellung der *mathematischen Wissenschaften*, die er darin behandelt, spielen bereits damals Tabellen eine wichtige Rolle. So ist es nicht verwunderlich, dass sich dort im Ansatz Tabellen der Chronologie, der Gnomonik und der Astronomie finden, wie sie uns im Organum begegnen.

Die Idee des Arbeitens mit Täfelchen findet sich bereits in der *Specula Melitensis encyclica* von 1637, die Caspar Schott 1664 in seiner *Technica curiosa* abgedruckt hat (Schott 1664, S. 423-477). Dort beschreibt er Täfelchen zur Kirchlichen Zeitrechnung, zur Astronomie und Astrologie. Diese Idee hat er 1650 in seiner *Musurgia universalis* zur Entwicklung einer „Komponiermaschine“ (*Arca musurgica*) genutzt (Knobloch 2001^{2}b). Schließlich stellt er 1663 in seiner *Polygraphia nova et universalis* eine „Verschlüsselungsmaschine“ (*Arca steganographica*) dar. In der Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel ist eine *Arca musurgica* zu sehen; das Herzog Anton Ulrich-Museum in Braunschweig besitzt eine *Arca musurgica* und eine *Arca steganographica*. Auch bei ihnen handelt es sich um Kästchen mit Täfelchen, die denen des Organum weitgehend entsprechen. Kirchers *Organum mathematicum* ist also eine Sammlung von „Maschinen“, die zur Lehre dienen soll. Man kann es deshalb als *Kirchers Lehrmaschine* bezeichnen (Vollrath 2002b).

Diese „Maschinen“ sind Ausdruck von Kirchers Begeisterung für die Kombinatorik des RAYMUNDUS LULLUS (1235-1315), die dieser in seiner *Ars magna* dargestellt hatte. Es ist bezeichnend, dass Kircher 1669 selbst eine *Ars magna sciendi* verfasste, in der er an zahlreichen Beispielen zeigt, wie man durch Kombination von Wissen neues Wissen erzeigen kann. Auch Leibniz beschäftige sich mit dieser Idee, als er sich um eine *Ars inveniendi* bemühte (Knobloch 2001[2]b, S. 249). In seinen Maschinen werden nun zu Lehrzwecken Täfelchen ausgewählt und miteinander kombiniert. Bereitgestelltes Wissen kann abgerufen werden und aus ihm kann durch Kombination neues Wissen erzeugt werden, das zur Problemlösung dient. So kann man das Organum als eine didaktische Realisierung dieser Konzeption sehen.

Aus heutiger Sicht steht das Organum in der Tradition der *Tabellen-* und *Formelsammlungen*, in denen die Schüler die zur Lösung von Aufgaben benötigten Formeln und Daten finden. Während heute die Tabellensammlungen durch Taschenrechner und Computer überholt sind, haben ja die Formelsammlungen bis heute überlebt und werden durch das gewachsene Interesse an Leistungskontrollen in der Schule sicher auch eine Zukunft haben.

Die wesentlichen didaktischen Ideen, die dem Organum zu Grunde liegen, lassen sich jedoch erst heute mit dem *Computer* und geeigneten Programmen wirklich überzeugend realisieren. Andererseits haben aber gerade im Hinblick auf die Bedeutung konkreten Handelns für das Lernen der Kinder z.B. *Mathe-Boxen* mit interessanten Spielen für Kinder nichts an ihrem Reiz verloren. Beide Lehrmittel haben das *Organum mathematicum* von Kircher als Vorläufer, wenn das heute auch nur Wenigen bewusst ist.

Literatur

Beinlich, H., C. Daxelmüller, H.-J. Vollrath, K. Wittstadt (Hrsg.), Magie des Wissens, Dettelbach (Röll) 2002

Comenius, J. A., Große Didaktik, Stuttgart (Klett-Cotta) 1993

Daxelmüller, C., Ein Gang durch Zeit und Raum – Das Museum Kircherianum, in: H. Beinlich, C. Daxelmüller, H.-J. Vollrath, K. Wittstadt (Hrsg.), Magie des Wissens, Dettelbach (Röll) 2002, 49-66

Duhr, B., Die Studienordnung der Gesellschaft Jesu, Freiburg (Herder) 1896

Eco, U., Die Insel des vorigen Tages, München (dtv) 2001[7]

Frieß, P., Das Organum Mathematicum, in: Sonne entdecken, Ausstellungskatalog Stadtmuseum Ingolstadt, Ingolstadt 2000, 53-55

Godwin, J., Athanasius Kircher, Berlin (Weber) 1994

Gorman, M. J., Between the demonic and the miraculous: Athanasius Kircher and the baroque culture of machines, in: D. Stolzenberg (Hrsg.), The great art of knowing, Stanford (Stanford University) 2001, 59-70

Kircher, A., Institutiones mathematicae, Manuskript von Andreas Weick, Würzburg 1630, Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Kircher, A., Magnes, Köln 1643

Kircher, A., Specula Melitensis encyclica, Neapel 1637, in: K. Schott, Technica curiosa, Würzburg 1664, 423-477

Kircher, A., Musurgia universalis, Rom 1650

Kircher, A., Polygraphia nova et universalis, Rom 1663

Kircher, A., Ars magna sciendi, Amsterdam 1669

Kircher, E., Athanasius Kircher – Wanderer zwischen altem und neuem naturwissenschaftlichen Denken, in: H. Beinlich, C. Daxelmüller, H.-J. Vollrath, K. Wittstadt (Hrsg), Magie des Wissens, Dettelbach (Röll) 2002, 169-176

Knobloch, E., Instrumente, in : Maß, Zahl und Gewicht, Ausstellungskatalog der Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel, Wiesbaden (Harrasowitz) 2001^2a, 151-185

Knobloch , E., Musik, in : Maß, Zahl und Gewicht, Ausstellungskatalog der Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel, Wiesbaden (Harrasowitz) 2001^2b, 245-265

Miniati, M., Cassetta matematica o Organum Mathematicum, in: Eugenio Lo Sardo (Hrsg.), Athanasius Kircher – Il Museo del Mondo, Rom (De Luca) 2001, 214-216

Napier, J., Rabdologiae, seu numerationis per virgulas libri duo, Edinbourgh 1617

Postman, N., Das Verschwinden der Kindheit, Frankfurt a. M. (Fischer) 2000^{13}

Schott, K., Pantometrum Kircherianum, Würzburg 1660

Schott, K., Cursus mathematicus, Würzburg 1661

Schott, K., Technica curiosa, Würzburg 1664

Schott, K., Organum mathematicum, Würzburg 1668

Unverzagt, D., Philosophia, Historia, Technica – Caspar Schottts Magia universalis, Berlin (dissertation.de) 2000

Vollrath, H.-J. , Funktionales Denken, JMD 10 (1989), 3-37

Vollrath, H.-J., Kircher und die Mathematik, in: H. Beinlich, C. Daxelmüller, H.-J. Vollrath, K. Wittstadt (Hrsg), Magie des Wissens, Dettelbach (Röll) 2002a, 161-168

Vollrath, H.-J., Das Organum mathematicum – Athanasius Kirchers Lehrmaschine, in: H. Beinlich, K. Wittstadt, H.-J. Vollrath (Hrsg.) Spurensuche – Wege zu Athanasius Kircher, Dettelbach (Röll) 2002b, 101-117

Wittstadt, K., Der Jesuit Athanasius Kircher – Leben und Person, in: H. Beinlich, C. Daxelmüller, H.-J. Vollrath, K. Wittstadt (Hrsg.), Magie des Wissens, Dettelbach (Röll) 2002, S. 15-22