Athanasius Kircher

Musurgia universalis sive Ars magna consoni et dissoni

Buch IX

Übersetzung: Günter Scheibel
Revision: Jacob Langeloh unter Mitarbeit von Frank Böhling
hrsg. von Markus Engelhardt und Christoph Hust

Inhaltsverzeichnis zu Buch IX

Die Seitenzahlen beziehen sich auf den lateinischen Text.

	Vorrede		200
Teil I	Physiologie der Konsonanz und Dissonanz		201
	Kapitel I	Die wunderbare Kraft der Musik	201
	Kapitel II	Natur und Erzeugung von Konsonanz und Dissonanz	203
	Kapitel III	Die Affekte des Herzens, zu denen die Musik anreizt	205
	Kapitel IV	Untersuchungen über die Ursachen für eine konsonante und dissonante Zahl	206
		Satz I	206
		Satz II	207
		Satz III	208
		Satz IV	208
	Kapitel V	Ursache für die Sympathie und Antipathie der Klänge	211
Teil II	Die musurgisch-ärztliche Magie, oder: Medizin für und Behandlung von Krankheiten, die durch die Musik geheilt werden können		213
	Vorrede		213
	Kapitel I	Über die Ursachen der wundersamen Heilung von Krankheiten, die mithilfe der Musik bewerkstelligt wird	213
	Kapitel II	Wie David durch das Spiel seiner Kithara Saul von einem bösen Geist befreite	214
		Corollarium I	216
		Corollarium II	216
	Kapitel III	Die wunderbare Geschichte von einem Dänenkönig, der durch die Kraft der Musik wahnsinnig wurde	216
	Kapitel IV	Die außergewöhnliche Behandlung von Menschen durch Musik, die durch einen Tarantelbiss vergiftet worden sind	218
		Untersuchung I Warum können Menschen, die am Tarantelbiss leiden, mit keinen anderen als harmonischen Mitteln geheilt werden oder allein durch die Musik?	218

		Folgerung I	219
		Folgerung II	220
	Kapitel V	Verschiedene Eigenheiten verschiedener Taranteln	221
		Warum erfreuen sich von der Tarantel gebissene Menschen so sehr an bestimmten Farben?	222
		Warum spiegeln Menschen, die von der Tarantel gebissen werden, so unterschiedliche Bewegungen vor?	223
	Kapitel VI	Auf welche Weise Prophezeiungen und Weissagungen durch harmonische Weisen verursacht werden können	224
	Kapitel VII	Die sehr starke Wirkung der Musik, die sie ausübt um Körper zum Schwingen zu bringen, sowie Körper, die ihrem Klang entweder schaden oder ihn fördern können	226
		Exkurs über den Fang des Schwertfisches […] und ob die Musik eine Wirkung auf Tiere ausübt	227
	Kapitel VIII	Gewinnt die natürliche Kraft von Kräutern, Pflanzen und Tieren, wenn sie mit musikalischen Weisen verbunden wird, zusätzliche Kraft bei der Behandlung von Krankheiten?	228
Teil III	Die Wunder wirkende Musik, oder: Von ominösen Klängen		230
	Kapitel I	Definition und Einteilung der ungeheuerlichen Klänge	230
	Kapitel II	Der Fall der Mauern von Jericho, der durch den Klang von Trompeten erfolgte	231
	Kapitel III	Wunderklänge der zweiten Klasse, die durch natürliches Handeln, das jedoch menschliche Kraft übersteigt, hervorgebracht werden	232
	Kapitel IV	Wunderklänge von Glocken	233
	Kapitel V	Die verborgenen Ursachen für einige Klänge, zum Beispiel der schreckliche Klang der Höhle Smellen in Finnland	234
	Kapitel VI	Der Wunderklang einiger Küstenstriche am Bottnischen Meerbusen	235
		Corollarium	236
Teil IV	Magie der Phonokamptik, oder: die Reflexion von Schall, bewunderungswürdige Werke und Effekte		237
	Vorrede		237
	Definitionen		238
	Axiome und Hypothesen		239
	Postulate und Vorgabe		239
	Physiologische Vorspiele über die Natur des Echos und der Schallreflexion		239
	Vorspiel I	Schall äfft das Licht nach	239
	Vorspiel II	Das Objekt der Phonokamptik	242
	Vorspiel III	Das phonokamptische Medium oder die Wirkungslinie	243

		§ 1: Die Wirkungslinie des Schalls	243
		§ 2: Die Geschwindigkeit des Schalls	244
Kapitel I	Phonokamptische Kunst, oder: Echometrie		247
	Satz I		248
	Satz II		249
	Satz III		249
		Regel I der Echometrie	250
		Regel II	250
		Regel III	250
	Satz IV		251
	Satz V		251
	Satz VI		252
	Satz VII		252
	§ 1	Der Phonismus	254
	Satz VIII		254
	Satz IX		254
	Satz X		255
	Satz XI		255
	§ 2	Polyphonismus oder die geheimnisvolle Schall-verstärkung	256
	Satz XII		256
	Satz XIII		257
	Satz XIV		258
	Satz XV		258
		Corollarium I	259
		Corollarium II	259
	Satz XVI		260
	Satz XVII		260
	Satz XVIII		261
	Satz XIX		261
Kapitel II	Phonurgia echonica, oder: wie man kunstvoll Echos einrichtet und herbeiführt		261
	Problem I		261
	Problem II		261
	Problem III		263
	Problem IV		263
	Problem V		264
	Problem VI		265
	Problem VII		266
	Problem VIII		268
	Phonokamptische Trigonometrie, oder: Abmessung von Schalllinien		269
		Problem I	269
		Problem II	270
		Problem III	270
		Problem IV	270
		Problem V	271
Kapitel III	Anfertigung und Bauweise von akustischen Instrumenten		271
	Vorrede		271
	Experiment I	Rinnen und Röhren transportieren wunderbar den Klang	272
		Ob Schall, der fest in eine Röhre eingeschlossen ist, dort eine Zeit lang erhalten bleibt	272

	Experiment II	Schall pflanzt sich wunderbarerweise über längliche Balken fort	273
		Corollarium	273
	Experiment III	Schall pflanzt sich besser in gebogenen als in geraden Röhren fort und wird mehr verstärkt	274
		Corollarium	275
	Experiment IV	Breitet sich Schall über runde Oberflächen aus, gewinnt er ungeheure Stärke	275
		Corollarium I	276
		Corollarium II	276
		Corollarium III	276
	Experiment V	Der Schall, der sich in einer Schnecke oder in einem konischen Rohr ausbreitet, das in einer gewundenen oder spiralförmigen Linie gebogen ist, hat die größte Stärke	277
		Corollarium	278
	Vorübungen für die Echotektonik oder die geheime Anfertigung und auch die Musik von akustischen Instrumenten		278
		Aufgabe I	278
		Problem I	279
		Problem II	279
		Problem III	280
		Problem IV	281
		Problem V	281
		Problem VI	282
		Problem VII	282
Kapitel IV	Magische Echotektonik, oder: akustische Bauwerke		282
	Vorrede		282
	Vorspiel I	Das Theater des Vitruv und die Echos darin	282
		§ 1: Die Kammern	286
		§ 2: Die Schallgefäße oder bronzenen Gefäße	287
		§ 3: Wie die Schallgefäße klingen	287
	Vorspiel II	Das wunderliche Echo der Villa Simonetta in Mailand	289
		Corollarium I	291
		Corollarium II	291
	Vorspiel III	Das noch existente Ohr des Dionysius von Syrakus	291
	Pragmatia I	Wie man den Bauplan einer Halle so gestaltet, dass nichts so leise gesprochen werden kann, was nicht darin oder in einem anderen Zimmer gehört werden kann	295
	Pragmatia II	Einen Bau so anlegen, dass man den Schall nur an zwei gegenüberliegenden Stellen hören kann und sonst nirgends	296
	Pragmatia III	Wie man Hallen mit parabolischer Oberfläche so konstruiert, dass ein an einem bestimmten Punkt platziertes Ohr versteht, was auch immer leise gesprochen wird	297
	Pragmatia IV	Einen hyperbolischen Bau konstruieren, der den Schall bündelt	300
	Pragmatia V	Elliptische Bauten konstruieren, die wunderbar den Schall verstärken	300

	Pragmatia VI	Wie man in einem Palast eine akustische Ellipse so konstruiert, dass sich zwei Fürsten, die sich in zwei getrennten Zimmern aufhalten, über eine Sache unterhalten können, als stünden sie sich gegenüber	301
	Pragmatia VII	Wie man mit einer anderen Methode denselben Bau noch viel kunstvoller konstruiert und den Abstand noch mehr ausdehnt	302
		Corollarium	302
	Pragmatia VIII	Wie man in einem Bauwerk einen Kegel oder eine Röhre so anbringt, dass sie Stimmen von einem entfernten Ort deutlich wiedergeben	303
	Pragmatia IX	Bau von Hörrohren	304
	Pragmatia X	Eine Statue bauen, die alle Arten von deutlichen und undeutlichen Lauten ausspricht	305
	Pragmatia XI	Wie man eine Statue so konstruiert, dass sie nach Art des Echos beliebige Reden wiedergibt	306
	Zusammenfassung zur Magie der Natur		307
Teil V	Musurgia thaumaturga, oder: automatische Musikinstrumente aller Art oder Autophone		308
	Vorrede		308
	Progymnasma I	Der Bau äolischer Kammern für die Benutzung durch hydraulische Orgeln	308
	Pragmatia I	Äolische Kammern bauen	308
	Pragmatia II	Eine äolische Kammer auf andere Art bauen	309
	Pragmatia III	Eine weitere Konstruktion einer äolischen Kammer	310
	Pragmatia IV	Einen ständigen Luftstrom für hydraulische Orgeln durch Aufbauten in der richtigen Reihenfolge erzeugen	310
	Pragmatia V	Wie man ein erstes bewegliches Teil einsetzen muss, um ein Saiteninstrument oder eine Laute erklingen zu lassen	311
	Progymnasma II	Einen phonotaktischen Zylinder bauen	312
	Beispiel I	Einen phonotaktischen Zylinder harmonisch unterteilen	312
		Ricercar von Johann Caspar Kerll	313
	Beispiel II	Wie man auf denselben Zylinder eine andere Melodie auftragen kann	320
	Beispiel III	Wie man Noten von sehr kleinem Wert auf dem Zylinder auftragen kann	323
	Beispiel IV	Wie man die Proportio tripla, sesquialtera und ähnliche Proportionen des Zeitmaßes auf einen phonotaktischen Zylinder aufbringen kann	324
		Komposition von Simplicio Todeschi	325
	Beispiel V	Wie man chromatische und enharmonische Klauseln auf einen Zylinder überträgt	328
	Beispiel VI	Mehrere Stimmen im Zusammenklang auf einem Zylinder anordnen	329
	Beispiel VII	Zahnräder, die den Zylinder im Kreis bewegen, und die Geschwindigkeit des Zeitmaßes	330

Maschinenbau 1	Hydraulische Orgeln [nach Vitruv]		330
Maschinenbau 2	Eine automatische hydraulische Orgel konstruieren		334
Maschinenbau 3	Eine automatische Laute auf andere Art bauen		335
Maschinenbau 4	Einen Glockenautomaten bauen		336
Maschinenbau 5	Schwebende Räder mit Zimbeln		338
Maschinenbau 6	Eine automatische Maschine konstruieren, die ein Zusammenspiel von Saiteninstrumenten jeder Art darbietet		339
Maschinenbau 7	Eine automatische Maschine bauen, die das Zusammenspiel einer jeden Art von Instrumenten wiedergibt		341
Maschinenbau 8	Eine automatische Orgelmaschine bauen, die Tierstimmen und den Gesang der Vögel wiedergibt		343
	Folgerung I	Den Ruf eines flügelschlagenden Hahns wiedergeben	344
	Folgerung II		344
	Folgerung III	Wie man den Klang der Syrinx des Pan wiedergibt	345
Maschinenbau 9	Einen pythagoreischen Musikautomaten vorstellen, der gemäß der Proportionen der Hämmer der drei Zyklopen gebaut ist		346
Maschinenbau 10	– Einen anderen Musikautomaten bauen, der ohne Räder, Blasbälge oder phonotaktische Zylinder auskommt, sondern allein durch Wind und Luft einen ständigen musikalischen Klang erzeugt		352
	Corollarium I	Den erwähnten Mechanismus konstruieren, so dass er fortwährend klingt	354
	Corollarium II	Wie man in der hohen Luft geheimnisvolle Musik hört	354
Maschinenbau 11	– Sympathetisch-musikalische Experimente jeder Art darbieten		355
	Experiment I		356
	Experiment II	Sympathetische Musik durch konische Körper	357
		Corollarium I	357
		Corollarium II	357
		Corollarium III	358
	Experiment III	Unberührte Saiten durch den Klang von Glocken anregen	358
	Experiment IV	Wie kann jemand glauben, unglaublich lautes Glockenschlagen zu hören?	358
		Corollarium	358
	Experiment V	Musik mit jeder Art von Holz, Metall oder Glas erzeugen	359
	Experiment VI	Die Verschiedenheit des Saitenklangs	359
	Experiment VII	Wie ein Tauber Musik wahrnehmen kann	359
		Corollarium	359

Teil VI	Cryptologia musurgica, oder: die Kunst der Verschlüsselung, mit der man die verborgenen Gedanken des Geistes durch Töne zwei oder mehreren abwesenden Freunden mitteilen kann		360
	§ 1	Musikalische Kryptologie	360
	§ 2	Musikalische Steganographie	362

Bemerkungen zur Übersetzung:

Die Abbildungen stammen aus dem Exemplar der ETH-Bibliothek Zürich, Signatur: Rar 610. Persistente URL: http://dx.doi.org/10.3931/e-rara-11653. Im Wortlaut des Textes weicht dieses Exemplars in Details von dem des Faksimile (hrsg. von Ulf Scharlau im Olms-Verlag) ab.

In eckigen Klammern und grüner Schrift (<1>) ist die Seitenzählung der lateinischen Fassung gegeben. Alle Fußnoten sind editorisch ergänzt.

Die Revision der Übersetzung erscheint als Kooperationsprojekt des Deutschen Historischen Instituts Rom – Musikgeschichtliche Abteilung / Istituto Storico Germanico di Roma – Sezione Storia della Musica und des Instituts für Musikwissenschaft der Hochschule für Musik und Theater »Felix Mendelssohn Bartholdy« Leipzig.

Alle Rechte an der Übersetzung sind vorbehalten.

Buch IX der *Musurgia universalis*:

Die Magie der Konsonanz und der Dissonanz,

[Magia consoni et dissoni]

in dem die tief verborgenen Geheimnisse der Klänge und der gesamten Tonkunst durch unzählige Experimente ans Licht geholt werden

Vorrede

Nachdem wir alles vorausgeschickt haben, was auf irgendeine Weise zu Theorie und Praxis der Musik zu gehören scheint, hielt ich es der Mühe wert, hier an dieser Stelle ein Beispiel für all die geradezu wunderbaren Dinge zu geben, die mit Hilfe der Musik in der verborgenen Wissenschaft der Klänge passieren können. Um bei dieser so ungewöhnlichen Arbeit nicht ungeordnet [ἀτάκτως] *voranzugehen, schien es mir richtig, dieses Buch in sechs Teile einzuteilen, wobei:*

[Physiologischer Teil]

der erste Teil, die „Physiologie von Konsonanz und Dissonanz", die in Konsonanzen und Dissonanzen verborgene Kraft sehr gründlich erforscht,

Medizinischer Teil [ιάτρικὴ]

der zweite Teil, der über heilende oder medizinische Wirkung von Konsonanz und Dissonanz, wunderhafte Gegenmittel für Krankheiten untersucht,

Wunderlehre [τερατολογία]

der dritte Teil, die „Teratologie" der Klänge, durch genuine Begründungen wunderhafte Klänge erklärt, die manchmal in der Natur vorkommen,

Die Klangreflexion betreffender Teil [ἀνακαμπτικὴ]

der vierte Teil, die „Anakamptik" von Konsonanz und Dissonanz oder die Echolehre, die wunderhafte Reflexion von Klängen behandelt, wobei das gesamte Wissen von der Erzeugung von Echos von den ersten Ursprüngen an mitgeteilt wird,

[Mechanischer oder thaumaturgischer Teil]

der fünfte Teil, der der mechanischen oder thaumaturgischen Kunst der Konsonanz und Dissonanz ist, das heißt, er behandelt recht ausführlich die automatischen und andere sehr seltene mechanische Instrumente,

[Kryptologischer Teil]

der sechste Teil, die „Cryptologia Musurgia" ist; worin behandelt wird, wie geheime Gedanken des Herzens zwei oder mehreren Freunden, die sich nicht am gleichen Ort befinden, durch Töne mitgeteilt werden können.

Nachdem man somit die Anatomie des gesamten Buchs vor sich hat, wollen wir nun unsere Feder auf die Beschreibung der einzelnen Teile richten.

<201> Teil I

Physiologie der Konsonanz und Dissonanz

Kapitel I

Die wunderbare Kraft der Musik

Die Magie von Konsonanz und Dissonanz ist nichts anderes, sagen wir, als jene Wirksamkeit der wundersamen Klänge [facultas illa prodigiosorum sonorum], eine Gewalt [effectrix], die unter den anderen Arten der natürlichen Magie sicher keinen geringen Rang einnimmt. Einige Klänge besitzen nämlich eine so wunderbare Kraft zu verändern und mitzureißen [alterandi et trahendi], dass der menschliche Geist deren eigentliche Ursache [genuina ratio] offensichtlich kaum zu fassen vermag. Was für ein starker Magnetismus den musikalischen Weisen innewohnt und was für eine gewaltige Anziehungskraft, weiß jedermann, so dass die Alten nicht ohne Grund immer wieder den Musiker und Magier Orpheus anführen, der wilde Tiere, Wälder und sogar Steine mit dem magischen Klang seiner Leier anzog. Über ihn schreibt elegant Claudianus in der Vorrede seines zweiten Buchs über den Raub der Proserpina Folgendes:[1]

> Mit Freude griff damals der Sänger beim Fest für sein Vaterland
> wieder in die Saiten seiner vernachlässigten Leier,
> Und niedersetzend schlug er sachte mit dem Plektrum die Saiten,
> führte mit munterem Daumen das edle Elfenbein.
>
> Kaum hatte man ihn gehört, legten sich Wind und Wellen,
> nur noch träge floss der Hebrus mit wenig Wasser.
> Das Rhodepegebirge strecke seine Berge aus, die nach Gesang dürsteten,
> und Ossa warf ab, recht geneigt, den kalten Schnee vom Grat.
>
> Steil hinab stieg den schneebefreiten Haemus die Pappel,
> und ihre Freundin, die Pinie, zog die Eiche als Begleiterin mit sich.
> Wie sehr er auch die Phyrreischen Künste Apolls verschmäht hatte,
> der Stimme des Orpheus schmiegte der Lorbeer sich an und kam.
>
> Mit zärtlichem Blick schauten die Molosserhunde auf den unbesorgten Hasen,
> und das Lamm näherte sich dem Wolf und bot ihm seine Flanke.
> Einträchtig spielte die Schar der Rehe mit dem Tiger
> und die Hirsche scheuten nicht mehr die numidische Mähne.

Diese wundersame Anziehung von Tieren, Bäumen und Felsen muss man teils bildlich [tropologice], teils allegorisch [allegorice] verstehen.

Was es bedeutet, dass Orpheus Steine angezogen haben soll

Damit gaben die Alten zu verstehen, dass die Macht der Musik in der Seele die größte sei, dass sie sich entsprechend der Unterschiede in den Klängen und Harmonien verändere und ihnen folge, wie Wachs, das man beliebig kneten kann. Deshalb nannten sie die Musik den

[1] Claudianus, *De raptu Proserpinae* II, praefatio, 13–28.

„Anfang aller Dinge“, wie auch Psellus in seiner *Musica* sagt: „Die Musik hält nach Meinung der Alten alles zusammen“ [τὴν μουσικὴν οἱ πάλαιοι συνέχειν εἶπον τὸ πᾶν]. Außerdem erkannten sie, dass die Musik die Sitten bilden und verändern kann und dass nichts so leicht in zarte und weiche Herzen eindringe wie das Singen unterschiedlicher Töne, von denen man kaum sagen kann, welche Wirkung für beides in ihnen wohnt, nämlich träge Menschen anzustacheln und aufgeregte zu beruhigen, einmal die Herzen zu entspannen, sie dann wieder anzuspannen, wie dies später noch ausführlicher dargelegt wird. Steine, Bäume und Tiere, das heißt völlig unverständige, wilde und unermesslich grausame Menschen wurden durch den göttlichen Klang seiner Leier angezogen, und er führte sie zu Menschlichkeit [humanitas] und geselliger Lebensweise [politica vivendi ratio]. Andere fassen die besagte Anziehung allegorisch auf, <202> indem sie darauf verweisen, dass Orpheus ein großartiger Astrologe und Musiker gewesen sei, der in beiden Künsten sehr erfahren war, so dass er Töne ordnen und mischen und die Harmonie der Himmelsgestirne habe nachahmen können, auf die er sich sehr gut verstand. Und er habe diese Harmonie in derjenigen Weise hervorgerufen, dass er allen Einfluss und alle Kraft der Gestirne zu sich hinabziehen und mithilfe dieser Kraft durch sein Spiel alles, was er wollte, bewegen und auch zur Ruhe bringen konnte. Einige fügen noch hinzu, dass er, da er sehr gut wusste, nach welcher Proportion und mit welchem Zusammenspiel alles von der Natur gebaut und zusammengefügt wurde und was jedem die Sterne bereitet hätten und welchem jeder unterworfen sei, seine Spielweise diesen Dingen und ihren Sternen anpasste und so das Unbelebte durch die Kraft der Sterne in Bewegung gesetzt habe, und dass er, was in ihnen verborgen lag, durch seine Harmonie quasi nach außen brachte, nicht anders, als das Eisen aus dem Stein das darin verborgene Feuer schlägt oder die Luft aus dem Blasebalg die verborgene Flamme [aus der Asche] hervorbringt. Gibt es doch in allen Dingen so etwas wie verborgene Flämmchen und Anlagen und Empfindung für die Harmonie, so dass die Alten sagten, Gott selbst sei die Harmonie von allem.

Das Streben nach Harmonie steckt in allem

Nach der Aussage des Proklos stimmen alle Dinge zusammen Hymnen auf die Führer ihrer Ordnung an, aber jeweils anders Wesen von geistiger Art, von verstandesmäßiger, von natürlicher oder nur sinnenmäßiger. Gegeben also, dass jemand wirklich das Schlagen hörte (sagt Proklos), das einzelne Phänomene in der Luft auf ihr Rund ausüben, wie die Sonnenteilchen auf die Sonne, die Mondteilchen auf den Mond, so nähme dieser sicher einen besonderen Klang wahr, der wohl passend auf seinen König ausgerichtet ist, von welcher Art immer ihn einzelne Dinge bewirken können.

Es ist bekannt, was diese magnetische Kraft der Musik, die alles bewegt, bei den Menschen bewirken kann. Denn kein Herz kann so verhärtet und wild sein, dass es nicht durch geeignete Melodien und Gesänge, die das Herz umreißen, erweicht würde oder sich auf der anderen Seite gegen unpassende und unstimmige Melodien verschlösse und wehrte.

Einfluss der Musik auf die Herzen der Menschen

Ein Lied komponierte Musäus, das als süße Himmelsgabe für die Menschen alles besänftigte. Es dröhnen im Krieg die Trommeln, um den bald Kämpfenden Mut zu machen, Trompeten und Flöten erklingen, um die Herzen der Soldaten im Kampf zu erheben. Der Musiker Timotheus konnte mit seinem phrygischen Gesang Alexanders Herz nach Belieben so anfeuern, dass er ganz wild zu den Waffen rannte, wenn der Sänger es aber anders wollte, wechselte er die Tonart und besänftigte Alexanders Wut und zog das beruhigte Herz hin zum Essen und zu Gelagen. Ähnliches lesen wir über einen Kitharöden des Königs von Dänemark.

Hat nicht Pythagoras, wie es Cicero bezeugt, einen Jüngling aus Taormina, der durch eine unglückliche Liebe wie durch eine Rossbremse gereizt war, durch seinen Spondeus besänftigt und beruhigt? Sicher wird gesagt, dass Theophrast musikalische Klänge verwendet haben soll, um Stürme und Verwirrungen des Herzens zu bändigen. Als Klytämnestra von einem Kitharöden zur Standhaftigkeit und Keuschheit angehalten wurde, konnte Agamemnon sie deshalb verlassen, so berichtet es uns die Geschichte der Trojaner. Von ihm bezeugt Plutarch, dass er durch Melodien eines Kitharöden so entflammt wurde, dass er Waffen, die ihm gerade im Wege lagen, an sich gerissen und seine gewalttätigen Hände gegen die gerichtet habe, die ihn umgaben.

Musikalische Weisen fesseln nicht nur die Menschen, sondern auch die Tiere. Elefanten werden durch Trommeln angelockt, wie es Strabo bezeugt, Schwäne durch die Kithara, mit süßem Ton singt die Flöte wie ein Vogel, wenn die Doppelflöte sein Lied vortäuscht. Der Bären eingeborene Wildheit und ihre wilde Zügellosigkeit werden allein durch den Klang der Flöte, den sie hören, zur Ruhe gebracht. Mit den Weisen einer Flöte soll Pythagoras einen Angriff von Wölfen abgewehrt haben.

Die Kraft der Musik als Heilmittel für Krankheiten

Schließlich ist die Musik ein ausgezeichnetes Heilmittel, geeignet, um alle Krankheiten zu vertreiben. Dass durch sie Menschen geheilt werden, die an Beschwerden von Ischias, Melancholie, Raserei, Besessenheit und an Vergiftungen leiden, berichten kirchliche und weltliche Erzählungen, wie später dargelegt wird.

Wie die Sache mit der Trompete für Taube zu verstehen ist

Dass auch weniger bekannten Autoren immer wieder behaupten, Asklepiades habe mit einer Trompete Taube geheilt, will ich nicht so verstehen, als hätte er dies mit Ton und Klang einer Trompete bewerkstelligt. Wohl aber könnte er mit einem Gerät, das in Form einer Trompete gebaut und in die Ohren von Tauben gesteckt wurde (wie dies heutzutage viele an Taubheit Leidende benutzen; der Bau des Geräts wird im Folgenden mitgeteilt), die Gestalt der Klänge und der Wörter zusammengefügt und durch unterschiedlichen Widerhall mithilfe des Gerätes im Ohr eines Tauben besser hörbar gemacht haben. Dadurch könnte auf wunderbare Weise den Tauben geholfen worden sein. So ist der Kern der Erzählung aufzufassen, nach welcher Asklepiades Taube mit dem Klang einer Trompete geheilt habe.

Dies vorausgeschickt – wollen wir jetzt nicht betrachten, welcher Magnetismus in der Musik wirkt, um die Herzen anzuziehen? Welche Proportionen die Konsonanzen haben müssen, so dass wir uns an ihnen beim Hören so sehr erfreuen, und was es mit der musikalischen Zahl, dem Gewicht und der Mensur sowohl bei den Klängen als auch im Gehör oder auch in der Seele auf sich hat, je nachdem, ob sie sich an Klängen erfreut oder aber beim Hören von irgendeinem Leidgefühl übermannt wird? Es gibt nämlich Klänge, die so lästig und misstönend sind, dass durch ihre Unkultiviertheit die Zähne von selbst knirschen. Und dann wieder andere, die so stimmig und kultiviert sind und die so süß einströmen, dass sie die Seele zu entrücken scheinen.

<203> Unterschiedliche Meinungen über die Kraft der Musik

Wenn ich mir das anschaue, so lässt es sich kaum sagen, wie groß die Meinungsverschiedenheiten und Streitigkeiten der Autoren bezüglich der Kraft und Wirkung solcher Harmonie sind und wie sehr die Meinungen fast aller Autoren über die Konsonanzen der Gesänge auseinandergehen, wobei einige diese Kraft Gott als der Quelle jeglicher Konsonanz oder einer aus Zahlen aufgebauten Seele zuweisen, andere irgendeinem himmlischen Einfluss oder einem kabbalistischen Dekachordum, wieder andere einem geheimnisvollen Mitempfinden der Seele mit den musikalischen Zahlen und viele Autoren den Gesetzen der Geometrie. All diese, die so uneins sind und sich geradezu mit der Wahrheit im großen Missklang befinden, lassen wir hinter uns und wollen endlich ans Licht bringen, was wir über die ziehende Macht [tractiva facultas] der Musik, die den Geist anzuziehen versteht, feststellen können und mit welchen Verfahrensweisen und mit welchem Verlauf sie ihre unterschiedlichen Einflüsse nicht nur auf Menschen, sondern auch auf wilde Tiere ausübt.

Kapitel II

Natur und Erzeugung von Konsonanz und Dissonanz

Alle Menschen wundern sich, weshalb die Seele so sehr von Konsonanzen berührt wird, wie sehr sie aber vor Dissonanzen zurückschreckt. Die Gründe und Ursachen dafür möchten wir begreifen.

An- und Entspannung hängt an Schnelligkeit oder Langsamkeit der Klänge

Erste Anmerkung: Bei der Konsonanz muss zweierlei bedacht werden: die Kollision von Körpern, welche sich durch die Bewegung der Klänge ereignet, und die Proportion. Das sind gleichsam die zwei Prinzipien – das erste ein physikalisches, das zweite ein mathematisches –, durch welche alle Konsonanzen verursacht werden. Das physikalische Prinzip bezieht sich auf die Bewegung, das mathematische auf die Größe, die Zahl, das Gewicht, das Maß und jegliches Verhältnis eines Klangs zu einem anderen. Da weiterhin eine jede An- oder Entspannung [intensio aut remissio, hieraus erwachsen verschiedene Tonhöhen] von Stimmen und Klängen sich aus der Geschwindigkeit einer Bewegung ergibt, müssen Stimme und Klang notwendigerweise umso angespannter, schärfer und dicht gedrängter sein, je schneller die Bewegung ist, und umso entspannter und seltener, je langsamer die Bewegung ist.

Das alles hat Boethius in seinem *De musica* im ersten Buch, Kapitel 3 ausgeführt, wo er lehrt, dass diejenigen Töne notwendigerweise tiefer sein müssen, die durch langsamere oder seltenere Bewegungen verursacht sind, wobei sie mit gleicher Langsamkeit und Seltenheit anschlagen. Höher sind sie aber, wenn die Bewegungen schneller und dichter gedrängt sind, so dass ein und dieselbe Saite höher erklingt, wenn sie angespannt, tiefer aber, wenn sie schlaffer ist. Denn, wenn sie gespannter ist, ergeben sie einen schnelleren Puls, schwingen schneller zurück und schlagen die Luft häufiger und dichter gedrängt an. Ist die Saite aber schlaffer, sind die Pulsschläge gelöster und schwächer. Deshalb klingen Flöten oder Tibien, wie wir im siebten Buch, der *Musurgia organica,* gezeigt haben [MU A 496ff.], je nachdem ob die Löcher geschlossen oder geöffnet sind, wegen der komprimierteren oder aufgelockerteren Luft einmal höher und dann wieder stumpfer und tiefer. Das wird bei den Orgelpfeifen ebenso deutlich wie beim Schlund [larynx] oder der menschlichen Luftröhre [aspera arteria].

Die Ursache für eine hohe und eine tiefe menschliche Stimme

Je länger darinnen die Zunge oder die Epiglottis oder der Spalt sind – dort, wo das Anschlagen [illisio] der Luft den Ton erzeugt –, einen desto tieferen Ton bringen sie hervor, und je kürzer und kompakter sie sind, einen desto höheren Ton. So reden gewöhnlich die Menschen, deren Schlund groß und lang ist, notwendigerweise mit tiefer, bassartiger Stimme, und die mit kompaktem und kurzem Schlund mit hoher, scharfer Stimme. Doch dazu ausführlicher im ersten Buch.

Ein Klang ist nicht eine Einheit, die einer anderen entgegengesetzt ist sondern aus vielen Klangteilen zusammengesetzt

Zweite Anmerkung: Der Klang, der von bewegten Saiten oder ausgesendeten Stimmen kommt, ist nichts Kontinuierliches, sondern der Klang setzt sich aus getrennten und unterbrochenen Bewegungen [ex motibus discretis et interpolatis] zusammen, wie das oben in der *Chordosophia* gesagt wurde [MU A 416ff.]. Allerdings kann unser Gehör diese Zwischenräume des Klanges keineswegs wahrnehmen, nicht anders wie unsere Augen nicht unterscheiden können, ob es im ganzen Kreis nur ein brennendes Holzscheit gibt, welches jemand ganz schnell im Kreis herumwirbelt, oder ob der ganze Kreis ein einziges Feuer ist. Das erklärt Boethius mit einem Beispiel von einem Kreiselspiel, das von Knaben veranstaltet wird. Wenn ein Kreisel der Länge oder Höhe nach mit einem Streifen roter Farbe versehen wird, so wird der gesamte Kegel rot erscheinen, sobald er im Kreis gedreht wird, was sich natürlich nicht so verhält, doch die Schnelligkeit der Drehung der roten Markierung erfasst die ungefärbten Teile oder erlaubt es ihnen nicht, anders zu erscheinen. Ganz ähnlich schwingt und zittert eine straff gespannte Saite mit häufigeren Schlägen, eine schlaffe Saite mit weniger. Jedes Mal, wenn eine Saite angeschlagen wird, gibt sie nicht nur einen Klang ab oder es kommt nur zu einem Anschlag, sondern die Luft wird so oft angeschlagen, wie oft die schwingungsfähige Saite ausschlägt. Deshalb wird durch die Addition der Bewegungen von der Tiefe aus die Höhe erreicht, <204> durch Verminderung der Bewegungen aber erschlafft die Höhe und wird zur Tiefe, da ja die Höhe aus vielen Bewegungen besteht. Wie man eine gegebene Zahl oder eine Größe so zerteilen kann, dass die Teile in einem gegebenen harmonischen Verhältnis zueinander stehen, haben wir ausführlich in der *Algebra harmonica* [MU A 181ff.] mitgeteilt.

Worin die Kraft der Musik besteht

Nach diesen Feststellungen behaupte ich, dass jene wunderbare Kraft der Musik, die sie für die Erregung von Affekten im Herzen besitzt, nicht unmittelbar aus der Seele entspringt – denn da sie unsterblich und nicht materiell ist, sagt sie nichts zu den Proportionen der Stimmen und Klänge und kann von diesen auch nicht verändert werden –, sondern sie kommt vom Hauch [spiritus], welcher das Instrument der Seele ist, oder von der hauptsächlichen Verbindung der Seele, welche sie mit dem Körper hat. Da ein solcher Hauch äußerst fein und so etwas wie ein Dunst aus Blut ist, ist er so beweglich und zart, dass er leicht von der harmonisch erregten Luft gereizt wird. Wenn die Seele diese Erregung spürt, erzeugt sie, je nach unterschiedlicher Art der Erregung des Hauchs, unterschiedliche Wirkungen. Wenn daher der Hauch von schnelleren und dichter gedrängten harmonischen Bewegungen erregt und sozusagen in Schwingung versetzt wird, so entsteht aus dieser Schwingung [crispatio] so etwas wie eine Verdünnung [rarefactio] und aus der Verdünnung die Ausdehnung [dilatatio] des Atems, aus welcher Fröhlichkeit und Freude folgen. Diese Vorgänge werden umso größere Affekte erzeugen, je mehr die Gesänge stimmig, passend und dem natürlichen Wesen

des Menschen angenähert sind. So geschieht es, dass wir, wenn wir eine gut eingerichtete Harmonie und eine köstliche Melodie hören, ein gewisses Kitzeln auf der Saite und im Herzen wahrzunehmen scheinen, wenn wir durch diese passende Erregung gleichsam angezogen [attracti] und aufgesogen [absorpti] werden. Diese Vielfalt von Affekten fördert ganz besonders die verschiedenen musikalischen Modi oder Tonarten, über die wir im Vorausgegangenen ausführlich gesprochen haben. Weiterhin tragen Diminutionen der Noten, wobei Aufstieg und Abstieg sich vielfach hin- und her bewegen, sowie die vielfältige, kunstvolle Mischung von Dissonanzen mit Konsonanzen dazu bei. Dass der Hauch auf diese Weise und nicht anders bewegt wird, mache ich mit dem folgenden Experiment offenbar.

Musikalisches Experiment

Man nehme einen Glasbecher beliebiger Größe, den man mit reinem Quellwasser oder klarem Wasser füllt. Hat man das gemacht, befeuchte man den Zeigefinger und reibe damit ganz leicht im Kreis den oberen Rand des Bechers. Dabei nimmt man schließlich einen wunderbaren Ton wahr, ähnlich dem Klingeln von Metall, wobei das durch diesen Ton erregte Wasser sich so stark kräuselt, als sei es von irgendeinem Wind bewegt. Füllt man den Becher nur bis zur Hälfte, hört man auch einen Ton, aber doppelt so tief wie der erste, so dass dieser Ton im Verhältnis zum ersten in einer vollkommenen Oktave erklingt, und konsequenterweise erkennt man ein geringeres Kräuseln des Wassers. Wenn man den gleichen Glasbecher in fünf Teile unterteilt und drei davon mit Wasser füllt, zwei leer lässt, erklingt das Gefäß in einer Konsonanz, die von noch geringerem Kräuseln des Wassers begleitet wird. So wird man bei einer Aufteilung in sieben Teile, wenn vier mit Wasser, drei mit Luft gefüllt sind, ebenfalls ein Konsonanz hören, gefolgt von einem noch schwächeren Kräuseln des Wassers.

Daraus ist klar ersichtlich, dass prinzipiell auf dieselbe Weise auch unsere Säfte und besonders der Hauch bewegt werden, der seinen Sitz und besondere Vorherrschaft in unserem Herzen hat, der Werkstatt all unserer Affekte.

Weshalb wir durch laute Töne erschreckt werden

Deshalb werden wir von Schrecken erfasst, wenn wir ein sehr lautes Geräusch hören, zum Beispiel Donner oder eine Geschossexplosion, weil unser Hauch, da er zu diesem Geräusch unproportioniert ist, einen sehr gewaltsamen Anschlag und Zerstreuung verspürt, wodurch Furcht und Schrecken entstehen. So können wir auch das Kreischen nicht ertragen, wenn jemand mit einer Klinge über Eisen schabt, da durch das raue Anreißen des Klangs unsere Muskeln, die zu den Zähnen und zu Gehirn führen, arg strapaziert werden.

Auch wilde Tiere werden durch Musik erfreut

Das alles trifft auch für Tiere zu. Es gibt nämlich welche, die sich an Gesängen erfreuen und dadurch besänftigt werden. Das freilich könnte nicht geschehen, wenn diese Kraft der Musik ihren Ausgang unmittelbar aus der vernunftbegabten Seele entstünde. Dennoch erfreut sich der Mensch unendlich viel mehr als die Tiere an der Musik, weil er die Gesänge besser und vollkommener erkennt.

<205> Kapitel III

Die Affekte des Herzens, zu denen die Musik anreizt

Das Herz nimmt gemäß der Verschiedenheit der Harmonien verschiedene Affekte an: den der Freude, des Antriebs, der Gelassenheit, der Furcht, der Hoffnung, des Zorns und des Mitleids. Musikalische Weisen bewegen uns nämlich hauptsächlich zu acht Affekten, wie im vorhergehenden Buch gesagt wurde. Entweder, weil sie konsonant oder dissonant sind, oder, weil sie rasch oder langsam sind, oder, was noch bedeutsamer ist, weil sie in die Höhe streben zur Aufgeregtheit oder aber zur Tiefe hin als nachlassender Klang und Mitleid und Tränen erregen.

Leidenschaften des Herzens, die am meisten bewegen

Zu Liebe und Hass jedoch regt uns keine Musik an, auch wenn dies die stärksten Affekte von allen sind, weil Liebe und Hass eben Liebe und Hass eines bestimmten Menschen sind, wie anderswo gesagt wird. Die Musik jedoch bewegt nur die allgemeinen Affekte des Herzens. Dennoch wird Liebe vom allgemeinen Affekt der Freude angeregt, wie von einer gewissen Reibung [attritus]. Da aber die Musik keine Trauer erzeugen kann, kann sie auch keinen Hass erzeugen. Das ergibt sich daraus, dass Trauer zum Tode gehört, Musik aber zum Leben.

Warum Menschen im Zustand der Trauer Musik nicht gefällt

Warum die Musik, wie der Prediger Salomo [Ecclesiastes] sagt, im Zustand der Trauer eine unpassende Unterhaltung ist, warum wir, wenn wir trauern oder wenn unser Herz durch schwere Traurigkeit belastet ist, jede Musik zurückweisen, das hat den Grund darin, dass unser Hauch oder unsere Feuchtigkeit [humor], wenn sie bei Angst oder Trauer durch die starke Vorstellung von bevorstehendem Unheil eingefroren und zusammengeschnürt wird, alle Bewegtheit ablehnt und sich zurückzieht und es sozusagen nicht aufnehmen kann. Wenn es daher einen Musiker gäbe, der einen solchen zusammengepressten Hauch durch eine gut gestaltete Musik lösen könnte, dann würde er nicht zur Traurigkeit bewegen, sondern trüge zur Linderung des Schmerzes bei, wenn er den Atem ein wenig löste.

Wir haben gesagt, dass die Musik hauptsächlich zu acht Affekten anreizt, die man aber doch bequem auf diese drei Affekte zurückführen kann: nämlich Freude [laetitia], Gelassenheit [remissio] und Mitleid [misericordia], wie oben auch schon gesagt wurde. So kommt es, dass aus diesen dann alle anderen Affekte wie Liebe, Trauer, Kühnheit, Wut, Mäßigung, Entrüstung, Schwermut und Religiosität resultieren, wenn diese aus drei allgemeinen Affekten des Herzens folgen, wie wir das in der *Musurgia rhetorica* gesagt haben [MU A 600ff.].

Der Wechsel zwischen Anspannung und Lockerlassen der Töne, die verschiedentliche Abwechslung von Auf- und Abstieg, die unterschiedlichen Reperkussionen der Stimmen sind die Gründe für unterschiedliche Kräfte, die die Herzen magnetisch anziehen. Diese Effekte werden hauptsächlich von vier Dingen verstärkt:

Was ist für die Verstärkung der Anziehungskraft der Musik erforderlich?

Erstens eine kunstvolle Mischung der Tonarten und eine abwechslungsreiche Zusammenstellung von Klängen, verschiedene Verbindungen der auf Arsis und Thesis synkopierenden Klänge, wodurch konsonante mit dissonanten Klängen nach den strengen Regeln der Freundschaft so verbunden werden, dass man etwas Köstlicheres nicht hören kann, was die ver-

schiedenen Diminutionen der Stimmen und die kunstvollen Fugen, die einander in Freundschaft nachfolgen, nochmal befördern. Zweitens eine festgelegte musikalische Zahl, die durch den Versrhythmus bestimmt ist. Drittens die Worte selbst oder der Text der Gesänge. Viertens und letztens die Verfassung des Hörers; wenn sie fehlt, zieht die Harmonie keine Rührung nach sich. Die unterschiedlichen Verfassungen der Menschen entspringen nämlich keiner anderen Ursache als aus den Bewegungen des Hauches, des Hauptinstruments aller fühlenden und bewegenden Seelenvermögen. Sie wird aber auch durch stimmliche Veränderungen und Bewegungen verursacht. Durch diese Bewegungen zieht sich der Geist, wie gesagt, einmal bald zusammen, und geht dann auseinander, lockert sich und spannt sich dann wieder an. So verursacht die Klangharmonie Veränderung und Wechsel, woraus mit Notwendigkeit folgt, dass die Seele sich an Zustand und Verfassung des Hauches ausrichtet.

Die Musik empfindet mit dem belebten Atem mit.

Daher erfreuen sich die wollüstigen Menschen [lascivi] an ausschweifenden, schmeichlerischen, zarten und hohen Weisen, weil die Wirkungen, welche sie bei der Anregungen des Atems zeigen, zu dem Affekt, zu dem sie neigen, in einem rechten Verhältnis stehen und ihm ähneln.

So werden zwei Menschen, von denen einer in himmlischer, der andere in irdischer Liebe brennt, in ein und derselben dorischen oder lydischen Tonart durch verschiedene Regungen oder Sehnsüchte erregt: der erste durch die Sehnsucht nach der himmlischen Heimat, die sich verbindet mit der Verachtung der irdischen Dinge, der zweite durch die Liebe zu dem fleischlichen Partner, die sich mit dem Verlangen nach vergänglichen Gütern verbindet. Das gilt auch für alle anderen. So erfreut sich jeder mehr am jener Harmonie, die seiner Natur und seiner Zusammensetzung [complexio] mehr ähnelt und zu ihr proportioniert ist, sowie besser zu seiner gegenwärtigen Lage passt.

<206> Kapitel IV

Untersuchung über die Ursachen für eine konsonante und dissonante Zahl

Warum einige Zahlen klangvoll [sonori] sind, andere nicht

Wie Musik mit ihren Weisen Affekte des Herzens auslöst, kann man aus dem vorher Gesagten leicht erkennen. Jetzt bleibt uns nur zu erklären übrig, auf welche Weise einige Klänge konsonant sind und andere nicht und warum allein konsonante Klänge Affekte auslösen, nicht aber dissonante. Um dies zu verstehen, muss man wissen, dass, so wie eine Konsonanz ein zu einer Einheit gewordenes Verhältnis zwischen unähnlichen Stimmen oder Klängen darstellt, oder eine Verbindung zwischen einem hohen und einem tiefen Ton, welche dem Gehör süß und einheitlich erscheint, so ist auch eine Dissonanz ein Verhältnis zwischen vermischten tiefen und hohen Tönen, welche beim Gehör hart ankommt und es unangenehm erschüttert.

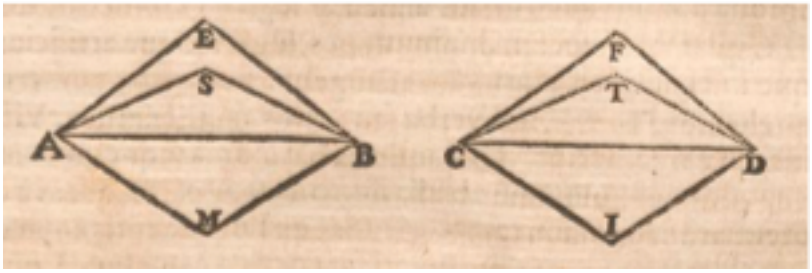
Dass aber Wohlempfinden empfunden wird, wenn man zwei unterschiedliche Töne hört, begründet sich daraus, dass sich die Erschütterungen, die von den Schwingungen der Saite ausgehen, häufig vereinen und in einem übereinstimmen. Durch diese Vereinigung und Einheit

wird der Hauch in ähnlicher Weise angeregt und treibt die Vorstellungskraft zum Wohlempfinden an. Zu Missfallen aber, wenn besagte Erschütterungen sich gar nicht oder nur selten vereinigen. Damit ein jeder erkennen kann, wie sich eine solche Vereinigung vollzieht, schien es mir richtig, hier die ganze Angelegenheit durch einige Sätze vorzuführen.

Satz I

Wenn zwei gleichtönige Saiten [Isotonae chordae] gleichzeitig angeschlagen werden, müssen sie notwendig einen Einklang hervorbringen und vereinigen sich auch in den einzelnen Schwingungen vollkommen und gleichzeitig

Obwohl wir all dies von den Anfangsgründen ausführlich in der *Chordosophia* dargestellt haben, die der erste Teil des sechsten Buches ist, der die Überschrift *Musurgia organica* [MU A 416ff.] trägt, glauben wir dennoch, es noch einmal kurz wiederholen zu müssen, weil diese Stelle hier gleichsam nach eigenem Recht eine Darstellung der Entstehung von Konsonanzen fordert. Ich lege also nach dem im zitierten Buch Vorgestellten zugrunde, dass alle Ausschläge einer Saite, seien sie nun gleich oder ungleich stark, gleich lange dauern. So sollen zwei Saiten AB und CD gleich in Spannung und Dicke sein. Dann behaupte ich, dass nach deren Anschlag notwendigerweise ein Einklang entstehen muss.

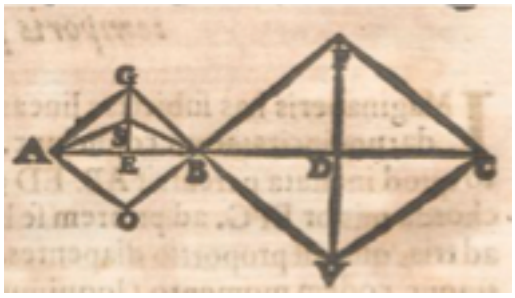


Weil nämlich aus der Beweisführung an zitierter Stelle hervorgeht, dass gleichtönige Saiten sich zueinander verhalten wie I zu I, muss die Zeit gleich und gleich dauernd sein. So muss das Ende der Schwingungen beider Saiten zeitgleich sein, das heißt, es geschieht zur selben Zeit. Denn beide Saiten – wobei AB nach E gezogen, CD nach F gezogen wird – die zur gleichen Zeit – diese bei M, jene bei I – am Reflexionspunkt die Luft anschlagen, erzeugen genau dieselben Töne. Wenn sie beim Zurückschwingen zu ein und demselben Zeitpunkt bei S und T anschlagen, erzeugen sie dieselben Töne wie vorher und so erklingen immer dieselben Töne, bis die schwingenden Saiten wieder den Mittelpunkt der Schwere erreicht haben und ruhen. Da die Anschläge der Luft sich an den Reflexionspunkten zum gleichen Zeitpunkt vollkommen vereinigen, erfolgt bei jedem dieser Ausschläge, also den Hin- und Herschwingungen, wie gesagt, notwendigerweise dieser Ton, der Einklang, die Quelle und der Ursprung aller Konsonanzen [fons et origo omnium consonantiarum]. Zwei gleichtönige Saiten müssen also einen Einklang erzeugen, was es zu beweisen galt.

<207> Satz II

Wenn zwei Saiten von gleicher Stärke, von denen eine doppelt so lang ist wie die andere, angeschlagen werden, ergeben sie notwendig eine Oktave und vereinigen sich zur ungleichen Zeit

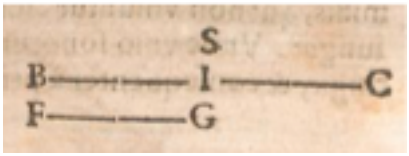
Gegeben seien zwei Saiten AB und BC, von denen eine zur anderen in der Proportio dupla steht. Ich sage, dass sich die Töne der angeschlagenen Saiten nicht gleichzeitig, sondern ungleichzeitig vereinen. Der Grund dafür: Da sich ja wie die Saite zur Saite auch die Dauer der einen Bewegung zu der anderen, nämlich der angeschlagenen Saiten, verhält, wie es im sechsten Kapitel von Buch VI steht [MU A 430ff.], so folgt notwendig, dass die Saite AD ihre Schwingungen doppelt so schnell ausführt wie die Saite BC. Beide Saiten sollen nun gleichzeitig angeschlagen werden. Dann schlägt AB nach G, BC nach F aus. Die Saite AB wird den Raum GO einmal durchschwingen, während BC von F aus nach D schwingt. Da die erste Saite in O gleichsam am Endpunkt, die zweite in D aber im Übergang ist, kommt zu keiner Vereinigung der Töne. Zu dem Zeitpunkt, wenn die Saite BC den Punkt V erreicht, erreicht AD den Punkt S, und weil dort beide Saiten den Scheitelpunkt ihrer Schwingungen erreicht haben, die eine in V, die andere in S, vereinigen sich die auf Grund des Anschlagens der Luft erzeugten Töne vollkommen. Da aber die Saite AB doppelt so schnell schwingt wie die Saite BC, muss die eine zur anderen notwendig im Diapason oder der Oktave erklingen. Die Oktave entsteht also aus der ungleichzeitigen Vereinigung der fließenden Töne, was zu beweisen war. Doch wir wollen dies auch noch anders beweisen.



Ein anderer Beweis für dieselbe Sache

Wie die Oktave in der Proportio dupla entsteht

Gegeben sei die größere Saite der Hypate, für die Nete aber oder als Oktave G eine kleinere, die halb so groß ist wie die größere. Gegeben sei ferner die Strecke [spacium] BC für die Saite Hypate, in dem die angeschlagene Saite vor- und zurückschwingen kann und eine weitere halb so große Strecke für die Nete FG. So wie sich eine Saite zur anderen verhält, so verhält sich auch eine Schwingungsstrecke zur anderen. Wir wollen ansetzen, dass beide Saiten in ein und demselben Moment gleichzeitig in B und in F angeschlagen werden. Beide Saiten sollen also von B oder F aus loslaufen, die erste nach S die zweite nach G. Aber wenn die kleinere Saite nach [G] kommt,[2] wird sie dort, wie am erreichten Endpunkt ihrer Bewegung, durch den Rückschlag der Luft einen Ton verursachen; die Seite BC aber, die noch um die gleiche Distanz SC von ihrem Ziel C entfernt ist, wie sie sie von B nach S zurückgelegt hat, schweigt noch. Sobald sie nach C gelangt ist, erklingt ein Ton infolge des Rückschlags der Luft. Die kleinere Saite läuft unterdessen zur gleichen Zeit und mit gleicher Strecke von G nach F zurück, in der die Saite BC von S nach C läuft. Und zum gleichen Zeitpunkt lässt sie in F, am anderen Endpunkt ihres Verlaufs, einen Ton erklingen, während die Saite BC in C, ihrer Schwingungsgrenze, erklingt. So kommt es hier zum ersten



[2] Geimeint ist offensichtlich G: siehe *Magnes*, zweite Auflage, Köln 1643, S. 743.

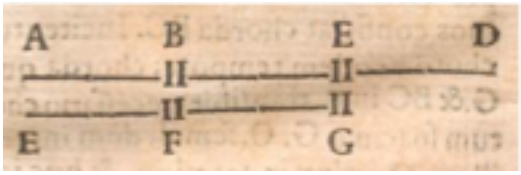
Mal zu einer Vereinigung der Töne beider Saiten, die so oft geschieht, wie die schwingende Saite BC die Luft anschlägt. Da zudem die kleinere Saite zweimal ihre Strecke durcheilt, während die größere den Raum BC das nur einmal tut, muss die kürzere Saite notwendig die Luft doppelt so schnell durchschlagen wie die größere und folglich auch höher klingen. Durch die häufigere Vereinigung der Schwingungen[3] beim Hörorgan erfüllt sie auch den lebendigen Hauch mit Liebreiz und bewirkt das, wovon wir gesprochen haben, nämlich den Genuss in der Seele (welcher die erste Stufe der Harmonie ist).

Von daher entsteht, wenn bei gleichgespannten Saiten der Rückschlag der Luft sich gleichzeitig und auf gleicher Strecke ereignet, ein Einklang, der sich zur Harmonie verhält wie die Eins [unitas] zur Zahl oder der Punkt zur Linie. Daher kann der Einklang auch nicht eigentlich harmonisch genannt werden, sondern von allen Konsonanzen ist die Oktave die lieblichste, weil die Vereinigung der Töne, die vollkommene Mischung eines tiefen mit einem hohen Ton, sich häufiger ereignet, <208> als dies bei anderen Konsonanzen geschieht, da die kleinere Saite nur einen Klang erzeugt, der sich nicht mit dem der größeren Saite vereinigt. Die anderen Konsonanzen haben mehr Töne, die sich nicht miteinander vereinigen, folglich konsonieren sie seltener und seltener mit der Hypate, je nachdem wie weit sie sich von der Oktave entfernt haben. Doch dies wird noch klarer bei den Konsonanzen der Quinte und der Quarte.

Satz III

Wenn zwei Saiten von gleicher Stärke in der Quinte erklingen, dann vereinigen sich die Klänge in der zeitlichen Proportion der Sesquialtera

Man stelle sich vor, dass die unten gezeichneten Linien die Querlinien darstellen, welche die Schwingungen der angeschlagenen Saiten durchlaufen. Gegeben sei also eine längere Saite AD, die, wenn sie angeschlagen wird, die Strecke ABED durchläuft. Die zweite, kürzere Saite EFG verhält sich zur ersten wie 2 : 3, das ist die Proportion der Quinte. Beide werden zur selben Zeit angeschlagen (wir reden nicht von der Saite, die von einem Ort zum anderen läuft, sondern von den Ton, der sich auf der Saite sich von einem zum anderen Ende bewegt und nach unserer Art des Verstehens die Luft anschlägt und somit erklingt, was ich gut zu beachten bitte), also laufen beide los, der Ton der größeren Saite von A nach D, der der kleineren von E nach G. Doch gleich, wenn die kleinere [zurückkehrend] in F angekommen ist, beginnt die größere in D zu erklingen. Hier also ereignet sich keine Vereinigung der Töne, da der Ton der größeren Saite später nach D gelangt als der Ton der kleineren Saite nach G. Auch bei EF [wenn die kleinere Seite diese Strecke zusätzlich zurücklegt] gibt es keine Vereinigung der Töne, weil die größere Saite bei E ihr Ende noch nicht erreicht hat.



Weil jedoch die Bewegung der größeren Saite von E nach A eine ebenso lange Strecke zurücklegen muss wie die Bewegung der kleineren Saite von E nach G, werden sich die Töne in A und G als den Enden der Bewegung beider Saiten zum ersten Mal vereinigen. Man sieht

[3] Übersetzung der in MU offensichtlich korrupten Passage nach ebd., S. 744.

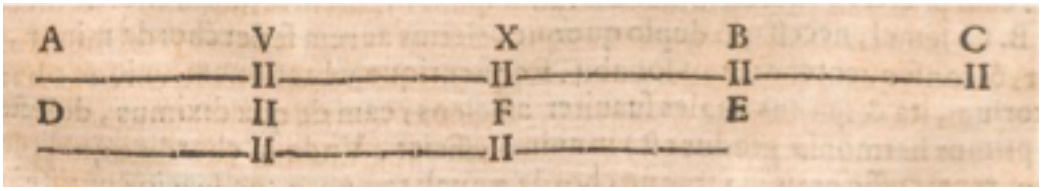
also, dass, wie sich die Schwingungen der Saiten verhalten, so auch die Töne. Da sich die Schwingung der kleineren Saite zu der der größeren, oder dem Hin- und Zurückschwingen, so verhält wie 3 : 2, verhält sich so auch der Ton der kleineren zur dem der größeren. Nachdem immer zwei Töne bei der kürzeren Seite übersprungen werden, verbindet sich der Ton, der aus der dritten Schwingung resultiert, mit dem der größeren. Von daher geschieht die Vereinigung des tiefen mit dem hohen Ton bei der Quinte langsamer als bei der Oktave, und folglich steht sie der Vorigen in Köstlichkeit etwas nach.

Satz IV

Zwei Saiten von gleicher Stärke erklingen in der Quarte, weil sich ihre Töne zeitlich in der Proportio sequitertia vereinen

Quarte

Gegeben sei als Strecke der ersten Saite A, von wo sie angeschlagen wird und durch AVXBC schwingt, und der Raum DFE der kleineren Saite. Es sollen sich aber Saite zu Saite und Strecke zu Strecke wie 3 : 4 verhalten, in der Proportio sesquitertia, in welcher die Proportion der Quarte besteht. Werden beide Saiten von ihren Enden A und D in Richtung C und E in Bewe-



gung gebracht, ertönt die Bewegung der kleineren, sobald sie nach E gelangt und zurückprallt, zuerst. Wenn sie von E nach F zurückgelaufen ist, <209> beginnt die Bewegung der größeren Saite bei C zu tönen. Hat die kleinere D erreicht, tönt sie zum zweiten Male, die Bewegung der größeren, die von C zurückläuft, wird aber Punkt X erreicht haben. Wenn die kleinere sich von F nach E weiterbewegt hat, tönt sie dort zum dritten Male, während die Saite mit der größeren Bewegung bei V ist. Bis dahin gibt es noch keine Vereinigung der Töne. Die wird zum ersten Male erreicht, wenn die Schwingung der größeren Saite von V nach C, die der kleineren von E nach D gelangt ist. Da nämlich beide Schwingungen gleichzeitig und in der gleichen Strecke das Ende ihrer Bewegung erreichen, also die größere in C und die kleinere in D, kommt es dort zur ersten Vereinigung, so dass die kleinere Saite, die bei dieser Konsonanz immer drei Töne auslässt, die sich nicht mit den Tönen der größeren Saite vereinigen, sich mit dem aus der vierten Schwingung resultierenden Ton schließlich vereinigt.

So muss man auch die übrigen Konsonanzen beurteilen, die umso unvollkommener sein werden, je weiter sie sich von der Einfachheit der Oktave entfernt haben und je seltener eine Vereinigung der Töne stattfindet, zum Beispiel bei der großen Terz, der kleinen Terz, beim Sextklang und ähnlichen. So vereinigt sich bei der Terz, nachdem immer vier Töne ausgelassen wurden, die sich nicht vermischen, die Schwingung nur mit dem fünften. Die kleine Terz lässt gar fünf partnerlose Töne aus und verbindet sich nur mit dem aus der sechsten Schwingung resultierenden Ton der größeren Saite. Man sehe sich die ausführliche Behandlung dieser Sache in der *Chordosophia* an [MU A 430ff.].

Wenn also die langsamen und die schnellen Bewegungen in einem rechten Verhältnis zueinanderstehen und sich leicht miteinander vermischen, entsteht eine Konsonanz. Stimmt

aber das Verhältnis nicht und lassen sie keine Vermischung und keine Vereinigung zu, entsteht eine Dissonanz. Die Bewegungen lassen sich umso leichter vereinigen, je ähnlicher sie sich sind, je näher an ihrem Ursprung, der Einheit oder dem Einklang sind.

Die Oktave ist die vollkommenste aller Konsonanzen.

Deshalb ist die Oktave die vollkommenste aller Konsonanzen, weil sie sich von der ersten, vollkommensten Proportion nur um eine Einheit von der Monade verschieden vollzieht. Von der Art ist die [Proportio] dupla, sie hat das Verhältnis 1 : 2. Ihr in der Vollkommenheit am nächsten ist die Proportio superparticularis oder die Quinte in der Proportio sesquialtera mit dem Verhältnis 2 : 3. Ihr folgt unmittelbar die Proportio sesquitertia, die sich 3 : 4 verhält und der Quarte zukommt, die nach der harmonischen Tonordnung als vollkommen[e Konsonanz], nach arithmetischer Ordnung aber als imperfekt und dissonant gilt. Insofern ist sie nur unter bestimmten Bedingungen [secundum quid] perfekt und konsonant. Hinzu kommt, dass diese Proportiones sesquialtera und sequitertia auch deshalb konsonant sind, weil sich aus ihrer Vereinigung die Oktave bildet. Sie könnten die konsonanteste von allen nicht bilden, wenn sie selbst nicht konsonant wären.

Aus drei Konsonanzen besteht die gesamte Musik.

Aus diesen drei Konsonanzen besteht die gesamte Musik, und die gesamte Musik ist nichts anderes als die Harmonie aus diesen drei Konsonanzen, und ohne diese ist kein Zusammenklang möglich. In vier Zahlen liegt die Ursache für die Konsonanzen oder der einfachen Intervalle oder der Kompositionen, von der aus die Konsonanzen sich bis zur Zahl 6 von der Vollkommenheit entfernen, das sind große Terz, kleine Terz und das große Hexachord, die große Sexte. Von diesen steht das erste Intervall in der Proportio sequiquarta, und hat das Verhältnis 4 : 5, das zweiten in der Sesquiquinta, mit dem Verhältnis 5 : 6, das der dritten in der Superbipatiente tertia mit dem Verhältnis 3 : 5. Diese nennt man die unvollkommenen Konsonanzen, durch die der ganze Kreis der Konsonanzen zusammen mit den perfekten ausgefüllt wird. Man sieht also, wie die aus der Einzahl hervorgehenden Konsonanzen in der Sechszahl den Umfang ihrer ganzen Vollkommenheit vollziehen, so dass außer den genannten andere gar nicht als Konsonanzen bezeichnet werden können. Wer hier tiefer eingedrungen ist, wird klar erkennen, auf welche Weise Gott die beste und größte Quelle aller Harmonie ist und wie die Welt von ihm ihren Ursprung nahm, die als Sechstagewerk von ihm geschaffen wurde. Doch das haben wir im dritten und vierten Buch auf den Seiten 100 und 187 ausführlich behandelt.

Diese Konsonanzen verursachen infolge ihrer unterschiedlichen Anordnung auf der musikalischen Stufenleiter auch eine unterschiedliche Anordnung von Ganztönen, Halbtönen, Diësen und chromatischen Tönen. Durch deren vielfältige Kombinationsmöglichkeiten wird auch der Hauch entsprechend der verschiedenen Zusammensetzung [complexio] der Menschen unterschiedlich beeinflusst. Daraus resultieren auch, wie oben bereits gesagt, die unterschiedlichen Affekte und Antriebe des Herzens. Wenn also unser Hauch nach dem Verhältnis der beschleunigten Luft bewegt wird, so bewegt er nicht anders als eine gezupfte Saite eine andere, die nicht gezupft wurde. Wenn so unsere Hauche Saiten wäre, könnten diese, wenn sie von Gesängen bewegt würden, die Harmonie vollkommen zum Ausdruck bringen, wenn sie von Melodien zum Schwingen gebracht würden, was ich mit den folgenden Experimenten verdeutlichen will.

<210> Experiment I

Über einen festen Tisch, gerade oder rund, sollen neun Saiten so gespannt werden, wie es unten im Schema erscheint. Die zwei Saiten A und F sollen in Länge, Größe und Spannung gleich sein, das heißt: sie sollen mit gleichklingender Höhe ertönen. Die übrigen sollen Ton für Ton gemäß dem Schema unten angeordnet sein.

Eine Saite bringt eine andere entfernte Saite zum Schwingen.

Wenn nun die erste von ihnen, die F-Saite, mit einem Plektrum angeschlagen wird, bringt sie alle gleichtönigen Saiten, die dieselbe Spannung haben wie sie, zum Resonieren, auch wenn diese nicht angeschlagen werden, nur mit dem Unterschied, dass die Saite, die näher und im Einklang ist, mehr klingt und sich deutlicher zu bewegen scheint. Zunächst wird deshalb die Bewegung und der Ton der im Unisono erklingenden Saite F im Verhältnis zum Ton der ersten Saite wahrgenommen. Sie regt die Oktave bei A an und macht sie erklingen, aber sie klingt ein wenig schwächer als die erste Saite, da sie doch schon ein wenig vom Unisono entfernt ist. Die F-Saite bringt auch die Quinte zum Schwingen, doch kaum mehr wahrnehmbar, da diese sich schon übermäßig vom Unisono entfernt hat. Legt man aber eine Feder auf sie, kann man ein Zittern der Saite bemerken, sei es auch noch so schwach. Das hat, soweit ich es weiß, noch keiner bemerkt, denn die meisten glauben, dass nur die im Einklang klingende Hypate und die Nete als andere Saite, die nicht angeschlagen wird, bewegt werden. Doch eingehende Erprobung hat mich das Gegenteil gelehrt, dass nämlich alle Saiten, die zur Hypate konsonant sind, schwingen, aber, wie ich gesagt habe, umso deutlicher, je näher die Konsonanzen ihrem Ursprung sind. Die Dissonanzen aber sind unempfindlich für die Anregung durch eine naheliegende Saite und verharren in ihrem Starrsinn [pertinacia].



Auch Orgelpfeifen bringen Saiten,
die proportional gestimmt sind, zum Schwingen.

Darüber hinaus regen nicht nur Saiten ähnlich gespannte Saiten zum Schwingen an, sondern auch [Orgel-]Pfeifen und Trompeten lassen Saiten erklingen, die sich einer ähnlichen Tonlage erfreuen. Als Bestätigung dieser Behauptung, um sie gründlich zu beweisen, möchte ich hier erzählen, was mir einst in Mainz passierte. Als ich nämlich in einem von einer Kirche getrennten Odeon während eines feierlichen Gottesdienstes mit bestimmten Aufgaben beschäftigt war, merkte ich, dass eine größere Lyra (einer der Kantoren hatte sie zuvor genau nach der Kirchenorgel gestimmt und hatte sie, als er ging, ohne die Saitenspannung zu lösen an der Wand aufgehängt zurückgelassen), ohne dass sie angeschlagen wurde und ohne dass jemand im Raum war, durch irgendeine verborgene Bewegung in Intervallen fortgesetzt erklang. Von der Neuigkeit der Sache begeistert, trat ich näher, um den geheimnisvollen Klang gründlicher zu erforschen. Dabei fand ich, dass der Organist zur gleichen Zeit exakt die Pfei-

fen der Orgel erklingen ließ, welche den Saiten besagter Lyra genau entsprachen. Diese Saiten wurden nicht anders zum Klingen angeregt, als wenn sie mit einem Plektrum angeschlagen worden wären. Diese musikalische Sympathie stellte ich später vielen Menschen vor, die sie sehr bewunderten. Danach habe ich versucht, eine solche Tonschöpfung auch an anderen Orten darzubieten, konnte aber keine Anordnung finden, die dem erwähnten Ort ähnlich war und die dort eher zufällig als bewusst erzeugt worden war. Denn ich habe herausgefunden, dass man für ein solches musikalisches Wunder eine genau Abstimmung der Orgelpfeifen mit den Saiten der Lyra, eine ganz bestimmte Entfernung zwischen beiden sowie eine ganz bestimmte Anordnung des Raums und der Mauern zur Weiterleitung des Tons finden muss. Über eine solche Konstruktion wollen wir, da hier nicht der Platz dafür ist, mit Gottes Willen an anderer Stelle ausführlicher sprechen. Nun bleibt es, die Ursache dieser wundersamen Wirkung zu erforschen.

<211> Kapitel V

Ursache für die Sympathie und Antipathie der Klänge

Erste Bemerkung: Bei der Betrachtung solcher Klänge ist dreierlei zu bedenken: Zuerst der Körper, der zum Klingen anregt, und der Körper, der von dem anderen zum Klingen bewegt wird. Zweitens eine bestimmte Proportion oder Ähnlichkeit zwischen den klingenden Körpern. Drittens ein dafür taugliches Medium, wie die Luft eines ist.

Wie eine Saite eine andere zum Schwingen bringt,
die nicht angeschlagen wird

Zweite Bemerkung: Ein Klang verbreitet sich nicht nur durch das Medium der Luft, sondern auch dort, wo immer er in einem Medium einen für seine Erhaltung tauglichen Körper findet, in dem er seine Kräfte ausspielen kann. Die Luft, die infolge eines Tones auseinandergerissen wird, drängt von sich und ihrer Natur aus wieder zur Vereinigung. Eine Bewegung oder ein Klang bewahrt seinen ununterbrochenen Verlauf besser und zuverlässiger in einem Körper, der für seine Ausbreitung geeignet und passend ist. Von solcher Art sind gespannte Saiten.

Daher folgere ich, dass eine zum Schwingen angeregte Saite eine andere, die nicht angeregt wird, aber in gleicher Weise gespannt ist, schwingen lässt, zunächst infolge der sehr großen Ähnlichkeit und des Verhältnisses, das zwischen dem klingenden und den zum Klingen gebrachten Körper besteht, weil ja die Ähnlichkeit und die Proportion als Nachahmerin der Ähnlichkeit gleichsam Basis und Grundlage der ganzen Bewegung sind. Zweitens infolge der bewegten Luft, da nämlich zur Bewegung des Tons Luft bewegt wird, und das Verhältnis zwischen Ton und Ton das gleiche ist, das zwischen erregter und erregender Luft besteht, wie oben gezeigt wurde. Daher kommt es, dass die vom Ton erregte Luft, die noch mit einem Bild des Tons erfüllt ist, den sie fortträgt, wenn sie auf einen ähnlichen Klangkörper trifft, der fähig ist, die Qualität aufzunehmen, die sie fortträgt, ihn so angreift, wie sie zuvor von dem Ton angegriffen wurde, wobei Luft und Ton in einem klangvollen und luftigen Körper aufgrund der ihnen eingeborenen Natur Vereinigung und Ausbreitung suchen. Deshalb bringt eine Saite eine andere zum Schwingen oder irgendeinen anderen Körper oder ein Musikinstrument wie die Saite, die ihr im Klang ähnlich und entsprechend ist: und zwar deshalb, weil die in gleicher Weise erregte Luft in einen Körper eindringt, der an Ausdehnung und Beschaffenheit dem ähnlich ist, von dem sie selbst erregt wurde. Von daher wird dieser Körper, der

von sich aus schon so ausgelegt ist und nach seiner Vollkommenheit und seinem Gut lechzt, ähnlich von den Schwingungen [vellicatio] der ihn umgebenden Luft erregt. Die Saite, die in der Oktave wiederklingt – mag sie auch nicht angeschlagen sein –, wird trotzdem von der unteren Saite erregt infolge der sehr großen Ähnlichkeit und der Proportionalität, die zwischen ihnen besteht.

Weshalb Knaben und Erwachsene sich
beim Singen um eine Oktave unterscheiden

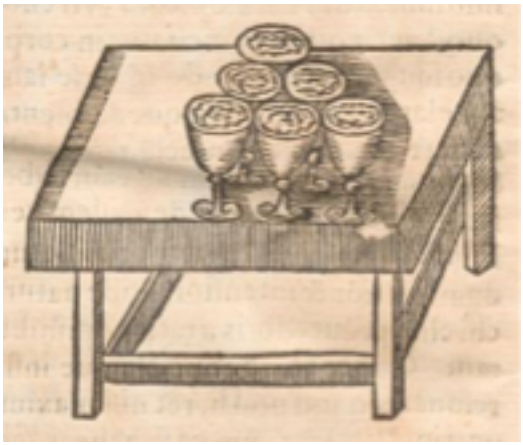
Nach Meinung aller unterscheidet sich die untere Saite nur durch die Tonhöhe. Daher meint man, es sei dieselbe. Doch nach dem Zeugnis von Aristoteles ist tatsächlich in der unteren der höhere Ton gleichsam in der Tiefe enthalten; er ist nichts anderes als eine höhere und gespanntere Wiederholung des tieferen Tons. Deshalb singen Frauen, Knaben und auch Eunuchen, wenn sie mit Menschen vorgerückten Alters psalmodieren, von Natur aus im Intervall der Oktave. Glocken und andere klangvolle Instrumente lassen die untere Oktave wie gemischt erklingen, was nicht sein könnte, wenn zwischen ihnen nicht die größtmögliche Ähnlichkeit und Proportionalität herrschten. Da sich außerdem die Luft außen an der Saite zu der inneren Luft der Saite verhält wie die Ausdehnung der Saite zur Saite selbst, und die in der Oktave erklingenden Saite die Proportio superdupla hat, kommt es, dass sie gemäß dieser Proportionalität auch die Luft erregt und in Bewegung setzt, die innen im Hörorgan ist und ihm zwischen den Membranen eingegeben ist.

Der Hauch im Herzen wird durch Klänge angeregt.

Nach dem bisher Gesagten ist klar, wie die Musik die unterschiedlichen Affekte des Herzens anregt. Sie hat nämlich die Kraft, das Gehör anzuregen mit Wohlgefallen oder mit Mitleid oder auf andere ähnliche Weise, je nach Art des Klanges und der bewegten Luft, die durch diese oder jene Proportion das Gehör anregt. Wenn nämlich die Luft, die auf diese oder jene Weise bewegt ist, vom Menschen in gleicher Weise eingeatmet wird, den Atem anregt, so werden gemäß der Unterschiedlichkeit der Klänge auch unterschiedliche Affekte bei den Lebewesen angeregt, so wie auch auf verschiedene Weisen, durch die bewegte Luft, die Hauche bewegt werden. Da ja das Herz der Thron der Hauche ist, nehmen diese die bebende, wirbelnde Luft in die Brust auf und klingen mit dem ihm nahegelegenen [Ton] zusammen, ihnen folgen die anderen Hauche, die in den übrigen Körperteilen liegen, welche die Muskeln bewegen oder sie ruhen lassen, wie es das Gesetz der Zahlen verlangt. Entweder schwillt es an durch die Anstachelung, oder es beruhigt sich durch einen gefassten Charakter, oder es ahmt in Langsamkeit die Ruhe nach. Nicht anders geht es bei den vorher erwähnten Saiten vor, wenn eine angeschlagene Saite irgendeine andere gleich gespannte Saite zum Mitschwingen bringt. Denn die Hauche, die im Herzen sind, werden durch die Bewegung eines Klangs von außen umso viel leichter erregt als eine Saite, je größer die Vereinigung ist. Daher blüht ein von tiefer Sorge bedrücktes und ermattetes Herz wieder auf und erhebt sich, wenn es die von außen ankommende Luft aufnimmt, <212> und fasst sich wieder, oder aber ein heiterer Mensch wird gehemmt oder auch herabgezogen, wenn die Luft auf gegenteilige Art fortgenommen wird. So leuchtet auch der Grund dafür ein, warum die meisten Menschen, auch wenn sie etwas anderes tun, mitsingen, wenn sie singen hören und warum alle die Lust nach Schreien befällt, wenn nur einer schreit oder warum die ganze Mannschaft oder die ganze Versammlung ruft oder aufseufzt, wenn nur einer im Kampf oder in einer Versammlung ruft oder klagt. Ich glaubte durch ein ausgezeichnetes Experiment aufzeigen zu sollen, wie unser Atem durch einen Klang von außen angeregt wird.

Experiment

Man nehme fünf Glasbecher von derselben Größe und Fassungsvermögens, die man so aufstellt, wie es in der Zeichnung unten dargestellt ist. Einen fülle man mit Brandwein [aqua vitae], den zweiten mit gutem Wein, den dritten mit feinem Wasser [aqua subtilis], den nächsten mit grobem Wasser [aqua crassa], etwa Meerwasser, oder auch mit Öl und den fünften mit gewöhnlichem Wasser [aqua communis]. Danach befeuchte man die Spitze eines Fingers und reibe damit am Rand eines jeden Bechers bis man das Klingeln vernimmt, das zu erzeugen wir in den früheren Experimenten gelehrt haben. Nicht ohne Verwunderung stellt man fest, dass dieser sehr hohe Ton alle übrigen Flüssigkeiten erzittern macht, und das umso heftiger, je feiner die Flüssigkeit gegenüber der anderen ist. Deshalb springt der Brandwein, welcher der feurigen oder cholerischen Natur entspricht, vor allen anderen im Glas in die Höhe, der Wein im Glas, welcher der sanguinischen Mischung entspricht, erzittert nur mäßig. Das feine Wasser jedoch, welches die phlegmatische Mischung darstellt, bewirkt gegenüber den anderen Flüssigkeiten nur eine langsame, schlaffe Bewegung. Das im Glas enthaltene grobe Wasser ist wegen seiner erdigen Verfassung zu kaum einer Bewegung fähig.



Genau so fällt das Ergebnis aus, wenn die Musik die Affekte unseres Herzens erregt. Wenn also unser Hauch fein und heiß ist, wird die Musik die Bewegungen des Stolzes, der Zügellosigkeit und des Zorns erregen. Ist er feiner, wird sie freundlichere, lieblichere Affekte von gemäßigter Beschaffenheit erregen, also die für Liebe, Freude und Frohsinn. Ist der Atem dichter, wird sie zu Tränen, zur Religion, zur Zufriedenheit und anderen Affekten der Empfindung anregen. Wenn er schließlich ganz kompakt ist, wie das der Fall ist bei Menschen, die von Trauer niedergedrückt sind, wird er zu jeglicher Bewegung unfähig sein und deshalb ist Musik bei Trauer vergebliche Liebesmüh [importuna narratio].

Durch dieses Experiment kann man auch erkennen, auf welche Weise ein Klang bei Menschen von unterschiedlicher Mischung unterschiedliche Wirkungen auslöst. Der Choleriker, der Sanguiniker und der Phlegmatiker werden jeweils anders bewegt, was alles an diesem einen Experiment klar wird. So ist die anregende Wirkung der Musik geradezu unwiderlegbar bewiesen, die zwischen gleich gespannten Saiten besteht, die aus unterschiedlichen tierischen Eingeweiden oder aus Metall gefertigt sind. Wie sich nämlich ein tiefer metallischer Ton zum Metall verhält, so auch ein Ton einer Saite zur Saite und Ton zu Ton etc.

<213> Teil II der Magia consoni et dissoni:

Die musurgisch-ärztliche Magie, oder: Medizin für und Behandlung von Krankheiten, die durch die Musik geheilt werden können

Vorrede

Wunderbare Wirkungen der Musik

Ärztliche oder medizinische Musurgie nennen wir die, welche bei der Behandlung von Krankheiten der Seele und des Körpers geradezu außergewöhnliche und geheimnisvolle Wirkungen erzielt. Denn wie im siebten Buch ausführlich gezeigt wurde, haben nach dem Zeugnis fast aller Historiker Terpander und Arion Menschen von schwersten Krankheiten mit Gesang geheilt, Herophilos hat die Venen von Kranken mit musikalischen Zahlen vermessen, Xenokrates hat die Irren von ihrem Wahnsinn mit den Weisen des Gesangs befreit, und andere, die die Wissenschaft der Musik besaßen, haben tauben Menschen den Gebrauch des Hörsinns wiedergeben können. Da diese Dinge teils bereits in den vorhergehenden Büchern erklärt wurden, teils noch im Folgenden erklärt werden müssen, möchte ich sie keinesfalls wiederholen, glaubte aber an dieser Stelle eine Erörterung über die Ursachen einiger Sachverhalte anfügen zu müssen.

Kapitel I

Über die Ursachen der wundersamen Heilung von Krankheiten, die mithilfe der Musik bewerkstelligt wird

Verschiedene Autoren geben verschiedene Gründe und Ursachen für diese wundersame Heilung an.

Die Kabbalisten schreiben alles den sephirotischen Röhren zu.

Die Kabbalisten schreiben nach ihrer Denkart alles den Kanälen der Sephirot zu, durch welche die göttliche Kraft in die einzelnen Glieder der Welt fließt. Über die Art und Weise, wie dies nach ihrer Behauptung geschehen kann, werden wir, wenn Gott es gibt, in unserem *Oedipus Ægyptiacus* im Traktat über die Deutung des Weltenbaums der zehn Sephirot sprechen.

Die Platoniker schreiben die außergewöhnlichen Wirkungen den Verbindungen der Welt [cairiae mundi] zu.

Die Platoniker verlegen nach ihrer Denkweise die Ursachen für solche wunderbaren Wirkungen in die harmonischen Verknüpfungen der Weltseele (die sie auch „Colchodea“ nennen), durch welche sie alles mit sich verbindet.

Astrologen und Alchemisten rechnen sie
dem Einfluss himmlischer Körper an.

Astrologen und Alchemisten rechnen alles den Einflüssen der Himmelskörper an. Da wir alle diese Begründungen in der *Astrologia consoni et dissoni* oder aber in der *Musurgia mundana* behandelt haben, verweisen wir den Leser dorthin.

Ich wundere mich doch sehr, dass so weise Männer natürliche Begründungen außer Acht lassen und auf so abwegige Meinungen verfallen, die sich so weit von jeder menschlichen Vernunft entfernt haben. Sie scheinen mir genauso zu handeln wie jene, die ihre Reichtümer zuhause zurücklassen und nach Indien ziehen, um dort die Reichtümer zu erwerben, die sie zuhause in größerer Zahl haben, und sich dabei unzähligen Gefahren aussetzen. Doch bevor wir die tatsächlichen Ursachen für die einzelnen Wirkungen angeben, wollen wir nach unserer Gewohnheit einiges vorausschicken, um unsere Beweise auf ein stabiles Fundament zu stützen.

Zunächst setze ich folgendes voraus: Nicht nur die Luft außen, sondern auch die in jedem Gegenstand vorhandene lässt sich nach dem Verhältnis des Tons bewegen, so dass Töne, wenn sie in der Proportio dupla stehen, in der Luft dieselbe Proportion ausprägen, wenn sie in der Tripla stehen die Proportio tripla, wenn sie in der Quadrupla stehen die Proportio quadrupla und so weiter. Die sichtbaren Formen [visibiles species], die sich von den Objekten kegelförmig [conice] im Medium ausbreiten, sind erst wahrnehmbare [sensibiles] [Formen], wenn sie tatsächlich [actu] von einem Organ und dem Sehvermögen empfangen werden, immerhin haben die Erscheinungen aller sichtbaren Dinge in der Luft aber doch rein und unvermischt Bestand (wie wir das in der *Ars lucis et umbrae* gezeigt haben).

Die hörbaren Erscheinungen
entsprechen der Eigenart der sichtbaren.

Wie nun die Luft ständig angefüllt ist mit den Bildern unzähliger Erscheinungen, wobei durch sie Abbilder von Objekten aller Art transportiert <214> und so die sichtbaren Formen in der Luft bewahrt werden, ebenso verhält es sich auch bei den hörbaren Formen. Es gibt dabei nur einen Unterschied: Die sichtbaren Erscheinungen verbleiben ständig, die hörbaren sind nur vorübergehend in der Luft, so dass wir, wenn uns die Bewegung der harmonisch bewegten Luft wahrnehmbar wird, die gleiche Harmonie, welche die Musiker hervorbringen, in einem bestimmten Teil der Luft wahrnehmen. Doch wird all dies im Folgenden noch deutlicher erklärt.

Zweitens setze ich voraus: Solche wundersamen Heilungen von Krankheiten können unter drei Aspekten betrachtet werden. Erstens unter einem übernatürlichen, zweitens unter dem Aspekt des Wirkens eines Dämons und drittens unter einem natürlichen. Zum ersten Aspekt gehören all jene Heilungen, die mit einem offensichtlichen Wunder verbunden sind. So hat Christus, unser Retter, Lazarus mit lauter Stimme von den Toten zurückgerufen und hat einem Tauben das Wort „Epphetah“ ins Ohr geflüstert und ihm damit das Gehör wiederhergestellt und ähnliche Wunder, von denen wir in der Heiligen Schrift und den Lebensbeschreibungen der Heiligen lesen.

Geheimnisvolle Heilung durch die Musik kann manchmal
auch mit Hilfe dämonischer Kraft durch einen Pakt geschehen.

Zweitens ist sicher, dass solche geheimnisvollen Heilungen, die die Musik erzeugt, manchmal mit Hilfe eines Dämons erfolgen, durch einen impliziten oder expliziten Pakt. Denn wie Magier, wenn sie einen Pakt mit einem Dämon geschlossen haben, irgendein Zeichen geben können, wodurch der Teufel die heilende Wirkung auslöst, so kann er sich auch der Musik oder eines Musikinstruments bedienen, um die besagte Wirkung zu erzielen. Mit solcher Kunst haben die Brüder des Rosenkreuzes einige, auch unheilbare Krankheiten geheilt, was wir später noch ausführlicher erklären werden. Drittens kann es durch die natürliche Kraft der Musik geschehen, worüber wir teils schon im Vorausgegangenen gesprochen, teils noch im Folgenden sprechen werden. Und allein eine derartige Kraft wollen wir an dieser Stelle behandeln.

Drittens setze ich folgendes voraus: Unser ganzer Körper ist luftdurchlässig [transpirabile], unsere Sehnen und Muskeln nehmen also denselben von einem Ton außen auf ein Material ausgeübten Druck auf wie auch Saiten, die über einen dünnen hölzernen Klangkörper gespannt sind. So wie diese nicht nur von einem proportionierten Ton in der äußeren Luft, sondern auch von der inneren ins Schwingen gebracht werden, so werden auch Sehnen und Muskeln durch Luft und den Hauch in Bewegung gebracht, der in ihnen als Chorführer der Bewegungsfähigkeit eingepflanzt ist. Wenn die Seele dann dieses proportionierte Gebilde wahrnimmt, muss sie notwendig die höchsten Einwirkungen von Freude und Traurigkeit unterlaufen.

Viertens setze ich voraus: Nicht jede beliebige Krankheit kann mit Hilfe der Musik geheilt werden, sondern nur die, die von der schwarzen oder gelben Galle abhängig sind. Ich glaube, dass Schwindsucht [Hecticum], Epilepsie, Gicht und sehr langwierige Krankheiten [lentissimi morbi] und auch solche, die ein lebenswichtiges Körperglied [vitale membrum] geschädigt haben, unmöglich geheilt werden können.

Fünftens setze ich voraus: Ein Musiker muss die Natur und die Zusammensetzung [complexio] dessen, den er heilen möchte, vollkommen erkannt haben. Außerdem muss er den richtigen Zeitpunkt, den geeigneten Ort und die beste Konstellation ähnlicher Umstände erfassen, ohne die er kaum die gewünschte Wirkung wird erzielen können. Nach diesen Voraussetzungen wollen wir jetzt zur Prüfung der geheimnisvollen Behandlung von Krankheiten zurückkehren, damit der wissbegierige Leser erkennt, was man davon zu halten hat.

Kapitel II

Wie David durch das Spiel seiner Kithara Saul von einem bösen Geist befreite

Um dieses Problem besser entwirren zu können, wollen zunächst den Wortlaut der Heiligen Schrift anführen. Dort liest man im I. Buch der Könige, Kap. 16 [1 Sam 16,23]: *„Wann immer so ein böser Geist Gottes Saul befallen hatte, nahm David seine Kithara, schlug sie mit seiner Hand und Saul erholte sich und wurde erleichtert. Der böse Geist zog sich von ihm zurück.“* Durch Musik also ist irgendein böser Geist Gottes vertrieben worden, wie es die Worte der Heiligen Schrift klar bezeugen. Auf welche Weise dies aber geschehen konnte, das erklären verschiedene Autoren unterschiedlich.

Rabbiner behaupten, dass David Saul
mit der Kraft des zehnsaitigen Psalteriums geheilt habe.

Die Rabbiner meinen, dass an dieser Bibelstelle David, als er Saul heilte, eine Kithara habe erklingen lassen, die zehnsaitig nach dem Beispiel des Weltenbaums der Sephirot gebaut und reich mit den Ausflüssen der zehn göttlichen Tugenden wie mit Früchten ausgestattet war, womit er diese Heilungswirkung erzielt habe. Sie behaupten nämlich, dass David jenes Gestirn gekannt habe, mit dem er den Zusammenklang habe vereinen müssen, um leicht den Wahnsinn zurückhalten und Saul befreien zu können, so erklärt es Rabbi Abenezra [Ibn Ezra] in Micra heggadolah. <215> Pico della Mirandola sagt in den mathematischen Thesen VII und VIII, die Musik bewege die Hauche, damit sie der Seele dienen, wie auch die Medizin sie antreibe, damit er den Körper lenken, und dass Musik den Körper durch die Seele heile, wie auch die Medizin die Seele heile durch Vermittlung des Körpers. Daraus kann man leicht schließen, wie David den rasenden Saul beruhigt hat.

Rabbi Abenezra hat sich törichte Begründungen [nugaces causas]
aus der Astrologie für Sauls Heilung ausgedacht.

Wer würde so nicht erkennen, dass Abenezras Meinung abwegig [vanissimum commentum] ist? David hat nämlich nicht die Aspekte der Gestirne betrachtet, als er den rasenden Saul zur Ruhe brachte, sondern so oft mit seiner Hand die Saiten angeschlagen, wie Saul es befahl, ob nun dieser oder jener Aspekt gerade vorherrschte.

Wir aber lehnen alle genannten Erklärungsversuche ab und behaupten, dass David Saul von Melancholie und von einer Wahnerscheinung befreit hat, die er selbst ganz und gar erkannt hatte, und daraufhin von einem Dämon befreit, und zwar nicht durch Heilkräuter, Säfte, Pillen oder andere Anwendungen, die die Melancholie vertreiben, sondern allein durch die Wirkkraft der Musik.

Was den Saft der Melancholie zersetzt

Doch wollen wir die Sache noch deutlicher beweisen: Man bemerke, dass diejenigen Stoffe die Raserei und den Wahn heilen, welche die Atmungsorgane frei machen, den Staub binden, Verschlüsse öffnen und das Herz befreien. Doch auch ein harmonischer Zusammenklang kann das bewirken. Da nämlich die Musik aus Klängen besteht, welche durch die Bewegung von Luft entstehen, werden dort, wo man solche Klänge benutzt, welche die luftigen, wilden Hauche bewegen, diese Hauche durch ihre Bewegung wärmere und schnellere Auswirkungen haben, wie das in der dritten Voraussetzung gesagt wurde, und jede Vermischung des melancholischen Saftes zerstreuen.

Wie David Saul mit Musik geheilt hat

Wenn jemand lieber will, dass wir von solchen Hauchen ablassen und ruhigere geltend machen, damit sie nicht den Kopf platzen lassen, müssen wir Klänge mit nur langsamen und kleinen Intervallen benutzen, damit auf den Zusammenklang der langsamen Bewegungen hin jene Hauche und die beißenden Dämpfe, die aus dem Magen, der Milz und aus der Oberbauchgegend [hypochondrium] ins Gehirn ziehen, langsamer werden und somit den Menschen ruhiger werden lassen. Die Musik Davids konnte Saul auf zwei Arten ruhigstellen. Erstens, indem sie Sauls Atem und seine Dämpfe so bewegte, erwärmte und verdünnte, dass sie den Saft der Melancholie, der sich in den Kammern des Gehirns verbreitet hatte, zerstäubte oder in zarte Schleier auflöste, die durch unmerkliches Schwitzen, Verdampfen und

durch die Atemöffnungen abgingen. Die zweite Art: Solange die Hauche den Saft der Melancholie zurückließen, konnte Saul, der von sich aus erdig ist und zu Bewegung gleichsam unfähig, nicht mehr rasen, bis der Hauch zurückgekehrt war, es sei denn der die Lebenshauche und tierischen Hauche ermahnten ihn und zogen ihn hier- und dorthin. Sie gingen aber, als sie – sozusagen mit gelösten Zügeln – zu den Ohren hinflogen, um die Harmonie zu erhaschen. Währenddessen wich die Raserei. Als sie wich, kehrte der Atem zurück, aber leichter und befreiter und konnte so die Melancholie für eine gewisse Zeit vertreiben, abschwächen, verringern und einen Teil davon hoffentlich mit harmloserem Dampf oder sonst einer harmloseren Haltung verbinden.

Daraus ist klar ersichtlich, dass diese Sache wohl kaum durch zufälliges Kithara-Spiel geschehen konnte, sondern nur durch große Kunstfertigkeit und Davids umfangreiche Erfahrung im Psalmodieren. Da nämlich David von höchster scharfsinniger Intelligenz und zudem als Waffenträger Sauls immer in seiner Nähe war, weshalb er dessen Gewohnheiten kannte, kannte er auch besonders gut seinen Geist, seine Neigungen, die Triebe seines Herzens und alles andere, wodurch das Leiden bewirkt wurde. Daher veranlasste ihn zweifellos nicht so sehr seine eigene, als vielmehr Gottes Eingebung, zur Kithara zu greifen oder zu einem anderen Instrument. Denn wie in „Schilte ha-gibborim“ geschrieben steht, spielte David 36 Instrumente und beherrschte alle vollkommen, wie das im Kapitel über die *Instrumentalmusik der Hebräer* gesagt wurde [MU A 48]. Er verstand es so sehr, den richtigen, geeigneten Klang auf die Körperflüssigkeit des Königs einzustellen, er schlug vielleicht auch einen Rhythmus beim Vortrag an, von dem er wusste, dass er für Sauls Gehör angenehm und für sein Vorhaben geschaffen war oder ihn durch metrische Sprünge soweit anregte, bis schließlich die gewünschte Wirkung erfolgte. Denn durch die harmonische Bewegung des Kitharaklangs verbunden mit dem Anblick seines Waffenträgers, eines schönen und schmuckvollen jungen Mannes, den er gewöhnlich bewunderte, wurde der Hauch in den Muskeln angeregt und die damit verbundenen Worte, die im Rhythmus an sein Ohr schlugen, erhoben sein Herz wie aus einem finsteren Kerker in lichte Höhen. So schaffte der zersprengte Atem, der finster und träge das Herz eingeschnürt hatte, schließlich Platz für die Erweiterung des Herzens. Aus dieser Erweiterung folgten notwendigerweise Freude und Ruhe von den Bürden.

<216> Corollarium I

Wie heilt die Musik die Dämonen der Melancholie?

Nach dem Gesagten wird klar, wie durch die Zerstreuung der Dämpfe eines umnachteten Herzens der böse Geist des Herrn vertrieben wurde. Da nämlich der Saft der Melancholie nebelhaft, dunkel und verschattet ist, bietet er sich als idealer Platz für Dämonen an, wie es bei den Dämonen des Wahnsinns [daemones phronetici], den vom Teufel Besessenen und den Menstruierenden sichtbar ist, die, weil bei ihnen schwarze Galle im Überfluss vorhanden ist, sich dazu eignen, unterschiedlichsten Dämonen in jenem nebligen Dampf einen Platz zu bieten und Opfer von die Seele verschiedentlich aufschreckenden Wahnvorstellungen zu werden. Die offenkundigen Kennzeichen dafür sind ungewöhnliche Handlungen, die sie vollbringen, dann auch das Sprechen verschiedener Sprachen, die sie eigentlich gar nicht können, die Vorhersage der Zukunft oder dies oder jenes vollbringen zu können, was man der reinen menschlichen Natur kaum zuschreiben kann. Der schwarze, klebrige, trübe Saft, da er sozusagen ein Werkzeug der Dämonen ist, eignet sich, das Herz auf wundersame Weise in

Aufruhr zu versetzen. So ist es nicht verwunderlich, dass mit der Zerstreuung der Flüssigkeit der Seele wieder ein Heimkehrrecht zur früheren Ruhe gewährt wird, wie wir dies auch später noch von den am Tarantismus Leidenden sagen werden.

Corollarium II

Nach dem Gesagten wird klar, auf welche Weise die Musik die Pest, Lykanthropie, Wahnsinn und andere Erregungen des Herzens bei all denen beseitigt hat, die wir oben erwähnt haben. Das geschah durch die Wohltat der Hauche, die, indem sie feiner, schneller und wärmer wurden, jene Säfte zersetzen, abschwächen oder abmildern, durch welche die Krankheiten entstanden sind. Sie heitern den Geist, der in der Vorstellung durch die Inbesitznahme durch die Krankheit die Seele mehr als billig niederdrückt durch solche Widrigkeit, in solchem Maße auf, dass er angeregt alle Atemströme vereint, um die Schwachheit zu vertreiben. Wegen der wirksamen Befehlsgewalt des Geistes rennen und rasen die Atemströme bald hier-, bald dorthin, solange dazu Befehle gegeben wurden, ungefähr nach der Art, wie einige aufgewirbelte Nordwinde die durch Ansteckung infizierte Luft reinigen und die Fäulnis der mit düsteren Dämpfen vermischten Luft eindämmen. Da nämlich der Lebensgeist aus Luft oder Äther besteht, ahmt er, sobald er hohe oder solche Töne wahrnimmt, die die Luft in schnelle Bewegung versetzen, diese Bewegung ihren Rhythmus oder ihre Klausel nach. Denn wie die Tätigkeit des Intellekts sich nach den Tätigkeiten der Fantasie, des Willens und des sinnlichen Strebens, nach Handlungen des Geistes und den Bewegungen der Einbildungskraft richtet, so dass die Bewegung des einen kaum von der des anderen unterschieden werden kann, ebenso folgen die körperlichen Atemströme, welche die Hauptwerkzeuge der Seele sind, leicht den Eindrücken und Bewegungen, die die Veränderung der Luft auslöst.

Kapitel III

Die wunderbare Geschichte von einem Dänenkönig, der durch die Kraft der Musik wahnsinnig wurde

Dass Musik nicht nur vom Wahnsinn heilen, sondern auch in den Wahnsinn führen kann, wird folgendes Beispiel lehren. Den Fall schildern Albert Krantz im fünften Buch, Kap. 3 seiner dänischen Geschichte [Dania] und Olaus Magnus folgendermaßen:

Als Erik, in sein Reich zurückgekehrt, den alljährlichen Reichstag abhielt, erfreute er sich am Fleiß vieler Soldaten, die gleichzeitig Künstler waren. Unter vielen anderen war auch ein Musiker anwesend, der von sich behauptete, er besitze die Fähigkeit, bei den Menschen jeden von ihm gewollten Affekt zu erzeugen. Er behauptete, er könne aus traurigen Menschen fröhliche, aus freudigen traurige, aus unzufriedenen gefällige, aus gefälligen unleidige, ja rasende bis hin zum Wahnsinn machen. Und je mehr dieser anpries, was er zu können behauptete, umso begieriger machte er den König, ihn auf die Probe zu stellen. Doch schon reute den Künstler seine Prahlerei und er wünschte sich, nicht so groß von sich gesprochen zu haben, denn es sei nicht ohne Gefahr, dies alles am König auszuprobieren. Darüber hinaus fürchtete er nicht ohne Scharfsinn, dass er, falls er weniger in die Tat umsetzte, als er gesagt hatte, <217> für einen Lügner oder Ähnliches gehalten werden würde. So bat er so viele

Leute wie möglich, den König von seinem Begehren abzubringen, doch bewirkte nichts. Je mehr er eine Probe seiner Kunst zurückwies, umso begieriger machte er den König.

Der dänische König wird durch die Kraft der Musik
in den Wahnsinn getrieben.

Als er erkannte, dass er nicht entkommen konnte, auch wenn er erfülle, was er prahlerisch angegeben hatte, bat er, sämtliche Waffen zu entfernen, mit denen man Verletzungen zufügen könne. Dann sorgte er dafür, dass außerhalb des Klangs der Kithara einige Leute da sein sollten, die er zu sich rufen und denen er befehlen konnte, ihm die Kithara aus der Hand zu reißen und sie dem Sänger auf dem Kopf zu zerschlagen. Nachdem alles, wie gewünscht, gemacht worden war, ging er mit seiner Kithara zum König, der in der Halle von wenigen Getreuen umgeben war.

Zuerst versetzte er die Zuhörer mit tiefen Klängen in Trauer, sang dann etwas dazu und verwandelte unter Beifall die Trauer in Freude, so dass nicht viel fehlte, dass die Hörer vor lauter Heiterkeit zerplatzt wären. Dann erregte er mit recht hohen ausgreifenden Klängen einigen Unwillen, der es ermöglichte, sobald er kräftig genug war, den König wüten und die Umstehenden es sehen zu lassen. Bald gab er denen ein Zeichen, die sich versteckt hatten, sie sollten eintreten und den schon rasenden König festhalten, nachdem zuvor nach Verabredung die Kithara zerschlagen worden war. Dann griffen sie den König an. Doch die Kraft des Mannes war so groß, dass er einige mit der Faust erschlug. Von zahlreichen Polstern überschüttet, kam er in seinem Wüten zur Ruhe. Doch nachdem er sich zurückgezogen hatte, schmerzte es ihn heftig, dass er gegen die gewütet, die er zuvor für seine treuesten Freunde gehalten hatte.

Man höre sich noch eine ganz wunderliche Geschichte an, die Saxo Grammaticus in seinem zwölfte Buch erzählt. Man erzählt, dass dieser König Erik, mit dem Beinamen „der Gute“, zu einem solchen Furor entbrannt sei, dass er erst die Türen des Palastes ausgerissen, und dann mit gezücktem Schwert vier Menschen durchbohrt habe. Sobald er sich in seinem Geist wieder beruhigt habe, ließ er seinen Sohn als Prokurator des Reichs zurück, reiste nach Jerusalem, um seine Morde zu sühnen, und soll in Zypern gestorben sein.

Treten hier nicht gewaltige Zweifel auf, wie der Klang einer Kithara eine solche unsagbare Kraft hätte haben können, dass sie den König aus sich und seiner Natur, dem Guten, Mildtätigen und Sanften herausreißen und in Raserei stürzen konnte? Denn dass Timotheus Alexander in die Raserei treiben und durch Kitharaklang zum Ergreifen der Waffen anstacheln konnte, verwundert wenig bei einem König mit überschäumender Galle und einem ganz und gar kriegerischem Herzen. Da der König von feurigem Atem ganz erfüllt war, der durch kriegerische Weisen noch beschleunigt wurde, konnte ihm von einem erfahrenen Kitharöden, dem Alexanders Charakter bekannt war, leicht Raserei eingeflößt werden. Doch wie dieser gute König von Dänemark sich zu so einer grenzenlosen Raserei des Geistes hat hinreißen lassen können, das verstehe ich ganz und gar nicht. Bestimmte Umstände machen mich vielmehr sicher, dass eine solche Wirkung jenseits der natürlichen war. Denn der Kitharöde bittet darum, dass die Kithara auf seinem Kopf zerschlagen wird, wenn der König in Raserei verfällt. Dann ist die Kithara zerstört und der König soll festgehalten werden. Dieser Vorgang birgt mit Sicherheit einen Pakt in sich. Denn wenn der Kitharöde, wie er von sich behauptete, sich darauf verstand, bei Menschen mit dem Klang seiner Kithara Affekte und Stimmungswechsel nach seinem Willen zu erregen, warum versuchte er nicht, den rasenden König mit sanfteren Klängen in einen milderen Zustand zurückzurufen, so wie dies die Historiker von

Timotheus und Pythagoras berichten, die junge Menschen, die in Liebesbegierde entbrannt waren, zur Besinnung zurückgerufen hatten? Auch sein Zagen, mit der der Kitharöde bereute, solche Wirkungen versprochen zu haben, zeigt klar und deutlich, dass er vorher wusste, dass die Wirkung beim König unweigerlich eintreten würde und er sich davor fürchten müsste, dass seinem Leben große Gefahr drohte. Ich kann auch den Grund nicht erkennen, weshalb er wollte, dass einige Höflinge außerhalb des Kitharaklangs dabei sein sollten, da Musik doch nicht geeignet ist, alle auf dieselbe Art und Weise zu rühren, wie gesagt, sondern jeder auf andere Weise erregt wird, wie es den Bedingungen unterschiedlicher Naturen entspricht. Hier wurde ohne Zweifel irgendein Pakt eingegangen, wodurch der Musiker bei allen dieselbe Wirkung so stark erzeugen konnte. Oder aber, wenn es kein Pakt war, dann würde ich behaupten, dass sich ein Dämon in diese Sache eingemischt habe, wie bei Saul, der, wie wir lesen, so in Raserei verfiel, als ein böser Geist ihn heimgesucht hatte, dass kein Kitharaklang Davids ausreichte, den Geist zu vertreiben. Denn mit Gewissheit wurde Saul nicht für immer von David geheilt, schließlich hat er zweimal versucht, den Sänger mit seiner Lanze zu durchbohren, wobei also der Klang der Musik nicht ausreichte, einen so heftigen Aufruhr von schwarzer Galle zu besänftigen, der von einem Dämon aufrechterhalten wurde. Gleichwohl konnte auch der sehr große Hass, den Saul gegen David hegte, zum größten Teil Davids Erfahrung in dieser Kunst aufwiegen.

So glaube ich, mit einem Wort, dass sich bei solchen ungewöhnlichen Heilungen, die durch die Musik bewirkt werden, immer auch ein übernatürliches Element zusammen mit dem natürlichen Vorgang besteht, zumal wenn diejenigen, die durch die Kraft der Musik bewirkt, so rasen, dass sie sich zu Morden hinreißen lassen, wie es im gegenwärtigen Beispiel und dem von König Saul deutlich wurde. Von denjenigen, die vom Tarantismus betroffen sind, auch wenn sie durch die Macht der Musik seltsame Verhaltensweisen annehmen und den Wahnsinnigen ähneln, habe ich noch nie gehört, dass sie gewalttätig werden, wie später berichtet werden soll. Wie darüber hinaus Taubheit, Ischias und andere Krankheiten <218> geheilt werden könnten, wird im Folgenden gesagt. Jetzt richten wir unsere Feder auf die Darstellung der Behandlung der Menschen, die von einer Tarantel vergiftet wurden.

Kapitel IV

Die außergewöhnliche Behandlung von Menschen durch Musik, die durch einen Tarantelbiss vergiftet worden sind

Meiner Meinung nach kann nichts staunenswerter sein als die Affekte und Wirkungen, die eine Tarantel bei den durch ihr Gift infizierten Menschen hervorruft. Einer untrüglichen Erfahrung vertrauend, glauben wir somit, alle Wirkungen, die bei der wunderhaften Behandlung der Krankheiten erzielt werden, an diesem alleinigen Beispiel aufzeigen zu können. Doch da wir diese medizinische Behandlung in unserer *Ars magnetica* sachgerecht behandelt haben, schien es uns richtig, sie hier nur zusammenfassend zu wiederholen, damit wir nicht verdächtigt werden, einen so bekannten Gegenstand der *Ars consoni et dissoni* übergangen zu haben.

Gestalt, Natur, Eigentümlichkeit, Herkunft, Verhalten und anderes der Tarantel haben wir ausführlich in dem zitierten Werk über den Magnetismus behandelt. Deshalb wollen wir das

übergehen und hier nur drei Untersuchungen vortragen, die, wie ich glaube, sehr notwendig zu unserem Vorhaben gehören.

Untersuchung I

Warum können Menschen, die am Tarantelbiss leiden, mit keinen anderen als harmonischen Mittel geheilt werden oder allein durch die Musik?

Welche Macht die Musik hat, Affekte des Herzens zu erregen und welches die Gründe für diese musikalische Energie sind, ist im Vorhergehenden ausführlich dargestellt worden. Nun bleibt, dass wir endlich darstellen, wie die Gewalt der Krankheit in den am Tarantelbiss Leidenden durch die Kraft der Musik ausgetrieben und dem Kranken die vollkommene Gesundheit wiederhergestellt werden kann. Ohne weitere Umschweife im Text wollen wir nun die Begründung beginnen, die wir uns vorgenommen haben.

Die Kraft des musikalischen Klangs

Da Saiten oder Stränge, wie wir im Vorhergehenden gezeigt haben, sehr große Kraft haben, die Luft auf die gleiche Weise zu erregen, in der sie selbst zum Schwingen angeregt worden sind, und durch diese proportionierte Mischung der Klänge eine für Ohren und Herzen angenehme Harmonie erzeugen, kommt es dazu, dass durch die Harmonie der Saiten, also durch ihre unterschiedlichen proportionierten Bewegungen, die Luft harmonisch angeregt wird, die von den eingedrückten Bewegungen der Harmonie angeregte Luft aber nach innen dringt, die Vorstellungswelt mit angenehmer Bewegung ergreift, die Muskeln sowie die Fasern der inneren Ströme auflockert und angenehm auf die Sammelpunkte des Hauchs einwirkt.

Wie der Kranke durch Musik befreit wird

Da die Muskeln und Fasern das Transportmittel für das verborgene Gift sind, welches ein scharfer, todbringender und galliger Saft ist, die sich im Innersten der Eingeweide verbirgt, kommt es dazu, dass gleichzeitig mit der Ausdünstung des Giftes die Ausdünnung und Erwärmung mit irgendeinem Jucken oder Zupfen alle Arten der Muskeln angreift. Wer dieses für ihn angenehme Rupfen süß erleidet, wird veranlasst, in Bocksprünge auszubrechen, ein Aufruhr des gesamten Körpers und der Säfte. Dem Aufruhr folgt Hitze, der Hitze eine Entspannung des ganzen Körpers und die Öffnung der Poren und auf die Öffnung der Poren folgt notwendig das Ausschwitzen des gesamten Giftes. Manchmal ist jedoch das Gift so tief eingedrungen, dass es durch ein einziges Herumspringen nicht ausgedampft werden könnte, dann wird es über Jahre hinweg allmählich Teilchen für Teilchen durch Bewegung ausgedünstet, bis es ganz aufgebraucht ist.

Verschiedene Menschen reagieren auf unterschiedliche Instrumente je nach der Art des Giftes, nach ihrer Mischung und ihrer Lebenssituation.

Die Tatsache, dass verschiedene Menschen auf unterschiedliche Musikinstrumente reagieren, ist meiner Meinung nach den verschiedenen Mischungen und Temperamenten sowohl von Taranteln als auch von Menschen zuzurechnen. Die Melancholiker nämlich oder die von Taranteln mit schwächerem Gift infizierten Menschen reagieren eher auf lärmende Pauken und laute Instrumente als auf Saiteninstrumente und Leiern. Weil ihre Körpersäfte dichter

und zäher sind, und die Hauche folgen dem Zustand der Körpersäfte folgen, <219> benötigt man für ihre Anregung und Zerstreuung größere Kraft.

Das Mädchen aus Tarent,
das nur mit Trommeln geheilt worden war

Es gibt eine schriftliche Überlieferung aus Tarent, dass dort ein Mädchen, das von einer Tarantel gebissen worden war, von keinem anderen Instrument zum Tanzen angetrieben werden konnte außer vom Lärm der Trommeln, von Büchsenknallen, vom Getöse der Trompeten und ähnlichen Instrumenten, die einen lauten Ton erzeugen. Ein träges Gift in einem Körper von träger und kühler Gemischtheit bedarf zu seiner Zerstreuung einer erheblichen Kraft. Choleriker hingegen und Sanguiniker werden leicht durch Weisen von der Kithara, Laute, Lyra und harmonisch zusammenklingenden Cembali geheilt, aufgrund der Beweglichkeit und Flüchtigkeit ihrer Atemströme.

Eine wunderliche und geradezu paradoxe Beobachtung bei Taranteln

Man kann sich aber über eine Sache wohl sehr wundern, dass nämlich dieses Gift bei Menschen infolge einer Ähnlichkeit der Natur das gleiche bewirkt, was es auch bei der Tarantel, ihrem eigentlichen Subjekt, auslöst. Wie nämlich das Gift einen durch Musik angeregten Menschen durch ständige Muskelkontraktion zu Tanzsprüngen anstachelt, so auch die Taranteln selbst. Niemals hätte ich solches glauben mögen, wenn ich es nicht durch die oben zitierten Patres, die absolut glaubwürdig sind, erfahren hätte. Sie überliefern, dass ein Experiment in dieser Sache in der Stadt Andria im herzoglichen Palast vor Augen eines unserer Patres und dem gesamten Hofe gemacht wurde.

Ein staunenswertes Experiment

Die Herzogin des Ortes hat befohlen, um das wunderbare Geheimnis der Natur zu lüften, eine mit Mühe gefangene Tarantel in eine mit Wasser gefüllte Schale auf einen darin schwimmenden, dünnen Stab zu setzen. Gleich darauf ließ sie einen Kitharöden rufen. Auf den Klang der Kithara zeigte die Tarantel zunächst keine Spur von Bewegung. Sobald der Spieler aber Töne anschlug, die zu den Körpersäften der Tarantel proportioniert waren, begann das Tierchen nicht nur zu springen, wobei es immer wieder ihre Füße in die Höhe warf und durch einen Aufruhr des ganzen Körpers erfasst wurde, sondern schien auch im Springen zu den musikalischen Zahlen einen Tanz darzustellen. Als der Kitharöde zu spielen aufhörte, hörte das Tierchen auch auf zu tanzen. Das, was die Anwesenden in Andria als sehr außergewöhnlich bestaunten, erlebten sie später in Tarent als ganz normal.

Eine Tarantel, die zu den ihr proportionierten Klängen tanzt

Dort fragten Spieler, die vom Magistrat offiziell für die Heilung und Tröstung der Armen besoldet wurden und es gewohnt waren, mit ihrer Musik zu heilen, für die Beschleunigung einer sicheren und leichteren Heilung ihre Patienten gewöhnlich erst danach, wo, an welchem Ort oder Feld und von welcher Farbe die Tarantel war, von der sie den Biss abbekommen hatten. Darauf wurde der Ort genannt, wo viele Leute sich die Mühe machten für alle Arten von Taranteln Netze auszulegen. Dann kamen die ärztlichen Kitharöden und versuchten sich an verschiedenen Tongeschlechtern, worauf sie erlebten, dass – gar wunderlich es zu sagen – bald diese, bald jene Taranteln tanzten, nicht anders als wie beim Erklingen zweier Polychorden, die einander gleichgestimmt sind, diejenigen Saiten schwingen, die in Tonart und Spannung gleich sind, während die anderen unbewegt bleiben. So sah man auch gemäß der Ähnlichkeit und Beschaffenheit der Taranteln, bald diese, bald jene tanzen. Sobald sie aber

sahen, dass eine Tarantel von der Farbe, die von einem Patienten genannt worden war, ins Tanzen verfiel, hielten sie dies für ein sicheres Zeichen und behaupteten entschlossen, dass sie damit diejenige musikalische Weise hätten, die sicher und richtig sei, in der rechten Proportion zu dem giftigen Saft der Tarantel stehe und sich am besten zur Heilung eigne, und waren sicher, dass sie ihre heilende Wirkung unfehlbar zeigen würde.

Folgerung I

Das Tier mit zäher Flüssigkeit wird einem ihr proportionierten Klang ausgesetzt.

So wird klar, dass sich bei der gleichen Tarantel derselbe Tanzeffekt einstellt, den sie beim Menschen durch ihren Biss bewirkt. Da nämlich die Körperflüssigkeit dieses Tierchens sehr zäh ist, und durch klingende Luft wegen seiner Feinheit sich bestens zur Aufnahme eines Tons eignet, dem sie ausgesetzt wird, deswegen verursacht die Flüssigkeit, die durch die Bewegung der schwingenden Luft erregt wird, eine Schwingung, die der ähnlich ist, die der Sänger erzeugt. So wird das Tier wie durch einen Juckreiz zum Tanzen angeregt, besonders dann, wenn der Klang zu der Flüssigkeit, die bewegt werden soll, proportioniert ist.

Zähe Spinnenfäden dienen als Saiten

Dass auch die zähe Körperflüssigkeit von Spinnen in der Lage ist, sich einem Klang auszusetzen, bezeugt Petrus Martyrus (Petrus von Verona) in seiner *Geschichte des östlichen Indiens*, wo er sagt, dass man mit Sicherheit in Indien eine Spinnengattung finde, deren ausgeschiedener Schleim so zäh sei, dass er nicht nur in Fäden austrete, sondern den Eingeborenen auch anstelle von Saiten diene wie solche aus Seide bei uns.

Dass ein Tier zum Tanzen angetrieben wird, das muss man, wie ich glaube, der Anordnung und Qualität ihrer Säfte zuschreiben, die von harmonisch schwingender Luft leicht zu bewegen ist. Wenn wir die schnelle Bewegung, <220> die in der zähen Flüssigkeit verborgen ist, mit unseren Sinnen wahrnehmen könnten, würden wir bestimmt eine Harmonie erkennen, die nicht unähnlich der ist, die die Sänger mit ihren Saiten erzeugen.

Die Ursache für den Tanz

Das bezeugen offensichtlich auch einige gesicherte Experimente, wie es oben schon gesagt wurde. Wir sehen nämlich, dass einige Menschen auf einen bestimmten Klang hin oder ein Knirschen von einem mächtigen Zahnschmerz befallen werden, solange dieses unangenehme Knirschen die muskeldurchzogenen Teile des Zahnfleischs durchrüttelt. Dies passiert auch, wenn man den Hals irgendeines Saiteninstruments mit den Zähnen erfasst. Der Hauch des gesamten Körpers wird infolge einer solchen Verbindung der Teile in Zuckungen versetzt und geschüttelt, die denen ähnlich sind, welche eine schwingende Saite in der Luft erzeugt. Dies wird sehr schön durch Experimente gezeigt, die oben im Magnetismus der Musik vorgeführt wurden.

Die Tarantel flößt mit ihrem Biss den Menschen eine dünne Flüssigkeit ein, die gewissermaßen das Beförderungsmittel für das heimlich eindringende Gift ist, so dass es sich, von der Sommersonne durch zeitweilige Hitzewellen angeregt, in den gesamten Körper ergießt, besonders aber in die Arterien, Muskeln und die inneren Fasern. Danach wird die Flüssigkeit allmählich verteilt, und so wird er dazu bereit, harmonische Bewegungen aufzunehmen. Und wenn er so bereitet ist für harmonische Verhältnisse welche die Muskeln zum Schwingen bringen, zwingt er den Geschwächten, ob er will oder nicht, in wilde Sprünge auszubrechen. Auf diese Art stellt sich auch die erwünschte Heilwirkung ein.

Folgerung II

Man entnehme zweitens, dass – ebenso wie nicht jeder Tarantel jede musikalische Weise entspricht, sondern nur bestimmten Tieren bestimmte Weisen – auch zum Menschen, der von dieser oder jener Tarantel gebissen wird, diese oder jene musikalische Weise passt. Einige Taranteln lassen sich nur durch heftigen Lärm in Bewegung setzten, wie das bei den Taranteln der Fall ist, die mit zäher Flüssigkeit ausgestattet sind – so auch im Menschen. Andere lassen sich leicht auf einen Klang hin bewegen, der ihnen proportional ist, wie jene, die mit feiner galliger Flüssigkeit ausgestattet sind. Durch Bewegung werden nämlich leicht die vergifteten Hauche verdünnt, die, weil sie schneidend und beißend sind, durch ihr Reißen jede Art von Muskel angreifen und so heftig zum Tanzen anreizen. Wenn also eine melancholisch machende [melangoga] Tarantel einen melancholischen Menschen gebissen hat, lässt sie ihn erstarren und macht ihn schläfrig. Hat eine cholerisch machende [cholerogoga] Tarantel einen cholerischen Menschen gebissen, macht sie ihn hektisch, haltlos wahnsinnig und bewirkt einen aggressiv rasenden Atem, und so weiter bei allen anderen, besonders wenn eine Musik der Körperflüssigkeit der Tarantel entspricht.

Welcher Klang jedoch zum Gift proportional ist, darüber kann man sich zu Recht wundern. Ich behaupte also, dass die Beschaffenheit des ausgeschiedenen Gifts zu bestimmten Zeiten genauso wie alle zeitweilig auftretenden Krankheiten eine Ausschüttung oder eine Bewegung der Körperflüssigkeit verursacht und dass die verdünnte Flüssigkeit durch die Stärke des Gifts wie dünne Fäden zwischen die Muskeln geblasen wird. Wenn diese infolge des Zustands der Säfte so beschaffen sind, dass sie sich leicht durch einen Klang von außen rhythmisch bewegen lassen, und sie dann einem gleichsam proportionalen Klang ausgesetzt sind, dann versetzen sie die Muskeln, an denen sie hängen, mit ihrer Bewegung und ihrem Zittern in Tanzbewegung.

Welche Musik am besten für Tarantelbisse passt

Von daher wird die Musik desto angenehmer für die von dieser Krankheit befallenen Menschen sein, je größer die Diminution des Tons der Stimmen und Noten ist, und zwar der hohen wie der tiefen Stimmen, je öfter er in Tonarten mit vielen Halbtönen geht, und je größer die Vermischung ist. Durch die Geschwindigkeit der Bewegung schüttelt sie die Muskeln heftiger durch und reizt stärker zum Tanzen. Deshalb statten die Kitharöden gewöhnlich ihre Melodien so weit wie möglich mit verschiedenen Diminutionen der Stimmen aus, und richten wegen des häufigen Vorkommens der Halbtöne ihre Stücke in der phrygischen Tonart ein.

<221> Kapitel V

Verschiedene Eigenheiten verschiedener Taranteln

Ganz und gar ungewöhnlich, ja sogar paradox könnte es jemandem zu Recht vorkommen, dass eine Tarantel infolge der Unähnlichkeit ihrer Naturen das Gegenteil einer anderen ist. Sie ertragen nicht ein und dasselbe Instrument, tanzen nicht denselben Tanz, haben nicht dieselben Bewegungen und nicht dasselbe Erscheinungsbild, sondern alles ist ganz verschieden.

Eine wunderbare Geschichte bestätigt,
dass Taranteln mit unterschiedlichen Fähigkeiten ausgestattet sind.

Als man dies einst einem Spanier berichtete, der damals in Tarent weilte, soll er die Sache zunächst mit Gelächter aufgenommen haben und wollte sich auch nicht beruhigen, als es ihm glaubwürdige Zeugen bestätigten, bis er bei sich selbst den Versuch machte. Also setzte er zwei in Farbe und Beschaffenheit unterschiedliche Taranteln, die er gefangen hatte, sich auf die Hand, reizte sie und ließ sie dazu an verschiedenen Stellen seiner Hand stechen. Nachdem er gebissen worden war und das Gift sich allmählich im ganzen Körper verteilt hatte, fühlte er bald heftigste Zuckungen und Todesängste. Eiligst rief man Kitharöden und Flötenspieler herbei, die unterschiedliche Arten von Harmonien für jede Art von Musik ausprobierten. Der Geschädigte merkte schließlich, dass eine Weise ihn heftig zum Tanzen reizte. Doch vergeblich: Wie sehr ihn auch das Gift einer Tarantel zum Tanzen antrieb, so sehr leistete das Gift der anderen Widerstand, das Gegenteil in der völligen Gleichheit der Substanz, und hielt ihn vom Tanzen ab. Wiederum probierte man eine andere Art von Melodie mit anderen Instrumenten. Und wahrlich, von einer fühlte er sich wieder mächtig zum Tanzen angetrieben. Doch wieder vergeblich: Das Gift, das ihn zum Tanzen reizte, wurde von dem Gift, das nicht dazu passte und geradezu gegenteilige Wirkung hatte, so behindert, dass das, was das eine als möglich zuließ, das andere unversöhnlich verweigerte. Der so im Kampf entgegengesetzter Qualitäten gefangene Kranke musste schließlich, da er kein Gegenmittel finden konnte für die sich sträubende Natur und das Toben feindlicher Säfte und weil der giftige Stoff sich nicht ausspeien ließ, nicht ohne Kummer und Mitleid der Anwesenden elendiglich sein Leben aushauchen. Mit seinem Beispiel lehrt er uns, wie leichtfertig und gefährlich es ist, sich ohne Vorsichtsmaßnahmen und Umsicht solch tödlichen Experimenten auszusetzen.

Musik muss das Gift ausdünsten

Wenn also das Gift nicht durch Musik ausgeschwitzt wird, kann der von der Tarantel Gebissene keinesfalls überleben oder muss zumindest ein elendes Leben voll schwerwiegender Symptome führen. Das bestätigen zwei weitere Beispiele: Ein Mönch aus dem heiligen Orden der Kapuziner war in Tarent von einer Tarantel gebissen worden, deren natürliches Begehren sie hin zu frischem Wasser zog. Als er durch dasselbe Begehren oder durch irgendeine magnetische Übereinstimmung und Beziehung zur Tarantel durch Begehren hingezogen wurde und ihm von seinen Oberen weder ein Bad und erst recht nicht das allgemeine Heilmittel für alle, nämlich den Tanz, zu gebrauchen erlaubt wurde, um die Macht der Krankheit zu brechen, da wurde er durch die starke Wirkung des beißenden Stoffs so erregt, dass er eines Tages wie von Sinnen aus seinem Kloster floh und, von heftigem Antrieb getragen, ins Meer sprang, um durch die Abkühlung ein Mittel zur Heilung der heftig quälenden Krankheit zu finden. Doch es kam anders: Wo er Heilung suchte, fand er den Tod. Unter dem heftigsten Wehklagen aller ging er im Meer unter.

Robertus Santorus, ein Edler aus Tarent, wurde durch einen unbemerkten Tarantelbiss allmählich in Todesnähe gebracht. Die Ärzte waren nicht in der Lage, Anzeichen für eine Krankheit zu diagnostizieren, bis endlich einem von den Umstehenden einfiel, was der Fall war, dass nämlich der Edle an einem Tarantelbiss leide. Dem Rat der Ärzte gefiel diese Vermutung. Ein sofort herbeigerufener erfahrener Sänger stellt sich dem im Todeskampf befindlichen und probierte anstelle von Wehklagen die gewöhnlichen Arten von Klängen aus, bis er einen hatte, der zu dem Übel proportional war. Der Edle, der unbewegt und von der helfenden

Hand seiner Angehörigen verlassen ans Bett gefesselt war, wurde durch die harmonischen Luftschwingungen aus seiner Starre und der tödlichen Bewegungslosigkeit ein wenig aufgeschreckt und begann endlich, die erschlafften Glieder zu bewegen. Dann streckte er die Arme aus, kam durch die Musik, die weiter fortklang, wieder zu Kräften und setzte sich im Bett auf, drehte den Hals hin und her und zeigte offenkundig die Anzeichen der durch die Musik empfangenen inneren Erquickung, während der Kitharöde beflügelt weiterspielte und der Edle sich auf seine Füße stellte. Was weiter?

<222> Er brach schließlich mit solcher Heftigkeit in Tänze aus, dass er kaum an sich halten konnte; er, der vorher unter der Wirkung des narkotisierenden Giftes begraben und an die Schwelle des Todes geführt schien, war durch die wunderbare Kraft des singenden Kitharöden wieder erweckt worden, erschien an allen Gliedern in Schweiß getränkt durch diese einzigartige Tanzübung zu voller Gesundheit wiederhergestellt und lebte danach frei von jeglicher Krankheit.

Warum erfreuen sich von der Tarantel gebissene Menschen so sehr an bestimmten Farben?

Es wurde behauptet, dass verschiedene Taranteln die unter Tarantismus leidenden Menschen zu verschiedenen Farben anreizen. Wie das sein kann, muss jetzt erklärt werden. Gleichsam durch Erfahrung überprüft, setze ich voraus, dass die Gebissenen eine Neigung zu der Farbe entwickeln, die auch die Taranteln zur Schau tragen, so dass diejenigen, die von roten Taranteln verletzt werden, zur roten, feurigen Farbe hingezogen werden, die von grünen zur grünen Farbe und so weiter. Genauso ziehen die Taranteln, die an Gewässern und Flüssen leben oder im Gemäuer von Zisternen, die Gegebissenen ebenfalls zum Wasser hin. Diejenigen, die an heißen und trockenen Plätzen leben, verleiten die Gebissenen gewöhnlich zu gelbgalligen Handlungen.

Wenn die Mischung eines Menschen der Tarantel entspricht, wird die Wirkung umso größer sein. Es gibt also einige giftige Tiere, die durch ihren Biss ganz dieselben Zustände bei anderen auslösen, die sie selbst erdulden. So löst eine Giftschlange, da sie ständig von höllischem Durst geplagt wird, einen ebenso großen bei einem Menschen aus, wenn sie ihn beißt. Gemäß dem Vers:

Ut sitis hanc torquens nullis extinguitur undis,
Sic rabidam morsu concitat illa sitim.

Wie der Durst, der sie quält, von keinem Wasser gelöscht wird,
so erzeugt sie durch ihren Biss verzehrenden Durst.

So erzeugt der Biss eines rasenden Hundes beim Menschen das Leiden, an dem auch der Hund leidet, nämlich Hydrophobie oder Wasserscheue; die Hornschlange erregt, wie ich von den Ägyptern weiß, bei einer Schlange wie auch beim Menschen die Pyrophobie oder die Angst vor Feuer und Licht durch injiziertes Gift. So bewirkt der Zitterrochen Starre und lässt die Glieder erstarren, genauso wie ein Vater, der an Gicht, Lepra oder Epilepsie leidet, mit seinem Samen seinem Sohn dieselben Krankheiten überträgt. Nicht anders scheinen die Giftstoffe verschiedener Taranteln infolge der in ihnen vorhandenen Eigenschaften durch einen verborgenen Magnetismus oder durch eine blinde Ähnlichkeit der Natur das Herz eines Opfers zu der Farbe zu verleiten, die die Taranteln selbst tragen oder an der sie sich erfreuen.

Dass nämlich eine Tarantel sich an einer bestimmten Farbe erfreut, erhellt daraus, dass, wenn man sie auf unterschiedlich gefärbten Flächen aussetzt, sie nach der Fläche strebt, die ihrer eigenen Farbe am ähnlichsten ist. Daraus folgt, dass, so wie die eigene giftige Flüssigkeit die Phantasie dieses Tieres zu dieser oder jener Farbe hinzieht, wie es zu etwas neigt, was mit ihrer Natur übereinstimmt oder dem Gegenteil davon, zum Angenehmen oder Unangenehmen, so erzeugt die gleiche Flüssigkeit, die sich durch den Biss im Körper eines Menschen verteilt, infolge einer magnetischen Beziehung und einer verborgenen, wunderbaren Entsprechung dieselbe Wirkung. Denn sobald dem Menschen eine Farbe begegnet, die mit dem Gift übereinstimmt, fühlt sich der Mensch bei ihrem Anblick bald wohl und angenehm berührt, schlecht jedoch, wenn er eine entgegengesetzte Farbe erblickt. Der Anblick der mit den Augen wahrgenommenen Farbe wird der Phantasie als etwas Angenehmes vorgestellt, und so kommt es zur Zerstreuung des Hauchs. Der zerstreute Hauch führt aber den angenehmen Anblick mit sich und vereinigt sich mit der Flüssigkeit, die mit dem mitgeführten Anblick übereinstimmt. Aus dieser wechselseitigen Vereinigung der Naturen ergibt sich ein angenehmer Zustand oder ein juckendes Kitzeln, das sich durch alle Fasern des Körpers ergießt, woraus schließlich die Lust und eine heftige Sehnsucht entstehen, sich mit dem ersehnten Objekt zu vereinigen und mit ihm zu verschmelzen. So wie jemand, der an einem Tarantelbiss leidet, infolge der Zahlenproportion und einer Mischung von tiefen und hohen Tönen, die der Giftflüssigkeit proportional und ähnlich ist, in einen solchen Zustand versetzt wird, dass er, wenn er seine Ohren auf die Instrumente ausrichtet, eine derartige Harmonie wahrnimmt, als ob er sie wegen einer Erschütterung der harmonisch schwingenden Luft mit den Ohren eingesaugt und sich einverleibt hätte, so wird auch der Gesichtssinn eines Gebissenen zu einer ihm sympathischen Farbe mit solch großer Begierde hingezogen, dass es so aussieht, als wolle er sie mit den Augen einsaugen und sich wegen des angenehmen Zustands und des Anreizes für die Atemströme einverleiben, die so bewirkt werden. Alle vom Hauch gesteuerten Kräfte werden in ihren Objekten <223> auf dieselbe Weise getragen, wie das im Magnetismus der Phantasie gesagt wurde.

Mit Recht könnte hier jemand fragen, warum wohl die Farbe Weiß etwas zerstreut, Schwarz versammelt, Rot entflammt, Grün, Purpurrot und Gold erheitern. Warum Grün und Blau Menschen, die von der Tarantel gebissen wurden, so sehr erfreuen, Rot und eine schillernde Farbe sie geradezu in die ungewöhnlichsten Leiden treiben, da dies doch nur durch das Anschauen passieren kann, das von sich aus keine Handlung erzeugt. Besonders weil es nur ein so unvollkommenes und vermindertes Wesen [imperfecta tantum ac diminuta essentia] hat, das einige real, andere intentional nennen, so dass es die Mitte bildet zwischen der Natur des Realen und der Idee des Seienden.

Meine Antwort: Die Formen der Farben [colorum species] hat eine Qualität, die wahrnehmbar und mit der Kraft zum Handeln ausgestattet ist, freilich mit einer geringeren Kraft als die Qualitäten, von denen sie unterschieden sind. Wer könnte wohl leugnen, dass das von der Sonne durch die Luft ausgesandte Licht und genauso die vom Feuer gespendete Wärme die Kraft zur Erwärmung haben? Licht ist also Erscheinung und Form [imago et species] der Sonne wie Wärme die stellvertretende Form [forma vicaria] des Feuers ist. Also verhindert nichts, dass Objekte durch angeschaute Formen gleichsam durch ihnen eigene, natürliche Kräfte die Sinnesorgane beeinflussen. So kommt es, dass das Gift der Tarantel für sich in Anspruch nimmt, zu dieser oder jener Farbe hinzulenken je nach seinem Zustand. Der Saft

im menschlichen Körper wird so angepasst, dass er unter der Führung des Hauchs in die Phantasie gelangt, wenn er von der Anschauung einer farbigen Sache geformt wurde.

So zeigt die Erfahrung, dass die Farbe Rot diejenigen wunderbar anregt, die von analogen Taranteln gebissen wurden, da nämlich durch die eigentümliche Wirkung des Rots die Augen wegen der Ähnlichkeit mit der Feuernatur angefacht und die Sehmuskulatur angeregt werden, wie man dies bei Löwen und Büffeln sieht. In den Augen ist die größte Kraft der Hauche versammelt. Diese Atemströme, die sich durch die Feuerfarbe entflammt verteilen, reizen zunächst die Sehmuskeln und dann auch die anderen, die dazu gehören und den restlichen Gliedern entsprechen, so dass infolge dieser Reizung ein sehr starkes Jucken zu spüren ist, woher auch die Bewegung kommt, die die Musik durch harmonische Luftschwingungen erzeugt. Deshalb spürt ein Mensch infolge jenes Objekts von angenehmer Farbe zusammen mit der Musik ein großes Wohlbehagen und wird, ob er will oder nicht, zu Sprüngen und zum Tanzen getrieben.

Die Harmonie wohnt den Farben inne.

Auch die Farben haben nämlich ihre Harmonien, die genauso wie die Musik erquicken. Diese Analogie der Harmonien besitzt eine sehr große Kraft bei der Erregung von Affekten im Herzen. Denn wie aus Gelb, Rot und Blau die höchst angenehmen Farben Gold und Purpur entstehen, so entsteht in gleicher Weise aus diesen beiden die herrlichste Farbe Grün. Und auf gleiche Weise, wie das Grün aus den schönsten Farben Gold und Purpur zusammengesetzt und vollkommen zusammengefügt ist, genauso ist die Konsonanz der Oktave aus Quarte und Quinte zusammengesetzt. Und so wie diese von allen Konsonanzen die Ohren am vollkommensten rührt, so rührt jenes [Grün] die Augen, so dass die Natur es uns offensichtlich allein für das Wohlbehagen und für die Erquickung der Augen geschenkt hat.

Warum spiegeln Menschen, die von der Tarantel gebissen werden, so unterschiedliche Bewegungen vor?

Dass die vom Tarantelgift Infizierten zeitweise unterschiedliche Arten der Erregung zeigen, ist schon oft gesagt worden. Die einen benehmen sich wie Soldaten, andere wie Fürsten und Gouverneure, wieder andere wie Faustkämpfer oder Aufwiegler [concionatores]. Man fragt sich also, woher diese Affekte kommen. Sicher ist doch, dass solche Leidenschaften vorher nicht vorhanden waren, die Menschen aber von ihnen merklich verändert werden, sobald sie den Klang von Musikinstrumenten hören. Das muss erklärt werden. Anzumerken ist, dass bestimmte Gifte, die auf außergewöhnliche Weise Macht über die Phantasie ausüben, weil ja durch deren Kraft die Flüssigkeiten im ganzen Körper angeregt werden und zum Gehirn hinauf strömen, danach in die Hauche und schließlich die Phantasie eindringen.

Die Phantasie, die heftig von einer bestimmten Sache besetzt ist,
verwandelt sich sozusagen in die Sache, welche sie begehrt.

Daher ist es kein Wunder, wenn diejenigen, die infiziert sind, mit Unterstützung ihrer Atemströme das zu sein glauben, was ihnen von der Phantasie vorgestellt wird. Daher scheint das von der Schlange verspritzte Gift, wie auch reichlich eingenommener Eisenhut, die Menschen in Fische, Gänse, Enten oder Wasservögel zu verwandeln. Da nämlich ein solches Gift infolge seiner Stärke und wegen des unerträglichen Durst, den es erregt, das Verlangen nach Wasser erzeugt, nimmt die Phantasie mit Hilfe der Häuche Abbilder von dem auf, was

sie anzieht, und gaukelt sich kräftig und stark selbst Wasser vor, an dessen Anblick und Getränk sie sich unerschöpflich erfreut. So wird die Phantasie das zu sein begehren, <224> was sich an den erwünschten Dingen am meisten zu erfreuen pflegt, so wie alle Wasserwesen es tun, und da folglich die Stärke der Krankheit ständig Phantasiebilder erzeugt, die zur erwünschten Sache anstacheln, gaukelt sich die beschädigte Phantasie vor, eines von ihnen zu sein. So wünschen sich fiebernde Menschen manchmal, Fische zu sein, um so durch ungehindertes Trinken ihren Durst löschen zu können. Im Gegensatz dazu treibt das durch den Biss eines tollwütigen Hundes zugezogene Gift zur Wasserscheu und bewirkt ständig, dass man sich ein Hund zu sein einbildet. Die Phantasie ist nämlich vom Bild des beißenden Hundes besetzt und wird von allem, was dem Wasser entgegengesetzt ist, so beherrscht, dass sie nicht einmal die Vorstellung von Wasser zulassen kann, weshalb man von Hydrophobie, Wasserscheue spricht.

Nicht anders muss man hinsichtlich der Taranteln argumentieren. Da es entsprechend der Natur unterschiedlicher Taranteln auch unterschiedliche Gifte gibt, können auch unterschiedliche Säfte aktiviert werden. Wenn deshalb beispielsweise ein Tarantelgift die Qualität hat, die Galle zu erregen, wird es jene scharfe und beißende Flüssigkeit im Menschen recht heftig erregen, die ihm ähnlich und in gleicher Weise beim Choleriker vorhanden ist. Wenn sie ins Gehirn eindringt, treibt sie die Phantasie zu dem an, wozu sie auch sonst eine Neigung hat. Erschüttert durch harmonische Luftschwingungen breitet sie sich aus und ergießt sich in alle Glieder. Diese werden durch die Reizung stimuliert und führen bald Bewegungen aus, die zu der angeregten Flüssigkeit passen, auch Handlungen, wie gesagt, die Unwillen erregen, solche des Zorns, der Raserei und des Wankelmuts und ähnliche. Leidenschaften des Verstands werden erregt, die durch das Blinken von blank gezogenen Schwertern und den Anblick rot gefärbter Objekte immer weiter angestachelt werden, wie das oben schon gesagt wurde. Das galleförderndе Gift wirkt bei phlegmatischen Menschen deutlich milder. Genau so gilt es für blutfördernde Taranteln bei Phlegmatikern, bei melancholiefördernden Taranteln bei sanguinischen, im phlegmatischen und melancholischen Menschen. Da dies aber bereits aus dem Vorausgegangenen bekannt ist, will ich es hier lieber übergehen.

Kapitel VI

Auf welche Weise Prophezeiungen und Weissagungen durch harmonische Weisen verursacht werden können

Aus der Heiligen Schrift ist uns bekannt, dass immer wieder Prophezeiungen durch die Kraft eines musikalischen Zusammenklangs geschehen sind, besonders an einer Stelle des 1. Buchs der Könige, Vers 5 [1 Sam 10,5–6 und 10], wo Samuel den zum König gesalbten Saul zu einer Schar von Propheten schickt. Als diese ihm entgegenkamen, sah er vor ihnen Psalter, Pauke, Flöte und Kithara und sie selbst weissagen. Da kam der Geist Gottes zu ihm und er weissagte in ihrer Mitte. In Paralip. I, Kap. 25 [1 Chr 25]: Die Söhne Asphats, Hemans und Hispias werden von David abgeordnet zu den Ämtern und prophezeien beim Klang von Kithara, Psalter und Zimbel. In 3. Könige Kap. 4, Vers 15 [2 Kön 3,15] kam die Hand des Herrn über Elisa, als ein Psalm gesungen wurde etc. Es fragt sich also, welche Kraft und Wirksamkeit Musik haben kann, damit sie solch einen wunderbaren Einfluss auf den Menschen auswirken kann, auch wenn sie nicht übernatürlich mit der Gabe der Prophetie ausgestattet sind. Doch damit wir

das gründlich erörtern können, wollen wir zunächst klären, was wir hier unter „Prophetie“ verstehen.

„Prophetie“ ist also nichts anderes als jene Vorahnung und Vorhersage von zukünftigen Dingen oder auch die göttliche Eingebung [instinctus Die], durch die, wenn sie über jemanden kommt, er Geheimnisse des Herzens und andere Geheimnisse offenbart. Solches kann auf natürlichem Wege nicht geschehen, so dass jemand, der jene Geheimnisse und Beschlüsse Gottes durch Anflug des Heiligen Geistes ohne eigenes Bemühen kennt, ein Prophet genannt wird. Von Prophetie kann man sprechen, wenn mit Hilfe eines bösen Geistes viele Dinge bewirkt werden, die dem menschlichen Sinn fremd sind, wie es bei vom Teufel besessenen Menschen geschieht und einst bei jenen, die von einem poetischen Wahn getrieben wurden. Wir behandeln hier nicht die wunderhafte Hervorbringung der Prophetie, sondern nur die natürliche. Zu der stellen wir die Frage, ob sie wirklich durch Musik hervorgebracht werden kann. Dazu gibt es unterschiedliche Ansichten unterschiedlicher Autoren.

Die Astrologen geben gemeinsam mit den Magiern die anima colcodea[4] als Verteilerin der Formen [distributrix formarum] als Grund an. Von dieser, gaukeln sie sich vor, nimmt jede magische Kraft ihren Anfang. So sei es geschehen, dass Saul im Beisein eines Lautenspielers zum Propheten wurde. Sie glauben nämlich, dass die Seele je nach den verschiedenen Graden der Raserei Wunder wirkt, so dass ein durch musikalische Raserei erregtes Herz aus seinem Gefängnis entflieht und die Fesseln der Gliedmaßen ungehindert überwindet. Vom göttlichen Geist angeregt, begreife es dann alles und sehe die Zukunft voraus. Ich verschweige vieles Unwürdiges, was sie sich ausgedacht haben, um das ihnen Gefällige zu untermauern. Da wir uns vorbehalten haben, sie in anderen Werken zu widerlegen, wollen wir uns hier nicht länger aufhalten. <225> Einige glauben zu wissen, dass der Geist, wenn er Zusammenklang wahrnimmt, die Harmonie des Himmels überdenkt und dann, durch die Köstlichkeit jenes lieblichen Erlebnisses angelockt, wenn er bedenkt, wie wunderbar jene Harmonie der Himmelkörper sei, sofort aus den Banden des Körpers davonfliege, bis er von der Kenntnis der Zukunft erfüllt zurückkehrt. Dabei erschüttere und ergreife wie in Raserei der Geist den ganzen Körper. Solche Albernheiten wurden schon an anderer Stelle zurückgewiesen.

Auf welche Weise also das Vermögen zu prophezeien und zu weissagen aus musikalischen Weisen entstehen kann, will ich offenlegen. Ich behaupte, dass die Musik lediglich äußerlich die Prophetie unterstützt, insofern sie das Herz aufmerksam macht und von irgendwelchen anderen Gedanken zurückruft, damit es der einzigartigen Harmonie offensteht. So sagen nämlich Lautenspieler und Kitharöden, dass sie niemals glücklicher seien als wenn sie mit der Laute ihren Gesang darbieten. Nicht dass es so wäre, dass Gott diese Vorbereitung nötig hätte, genau so wenig wie er einen Traum nötig hat, um etwas zu enthüllen und ein Herz zu erleuchten: Doch um sich auf irgendeine Art den Naturen der Dinge anzupassen, möchte er, das Propheten immer wieder den Psalter benutzen, damit ihr zur Harmonie vorbereitetes Herz die göttliche Eingebung empfangen kann, die keine Einbildung und keine Vorstellung von vergänglichen Dingen stören sollen. Denn abgesehen davon, dass Gott die Harmonie selbst ist, wollte er auch, dass die Herzen der Propheten sich für ihn durch den harmonischen

[4] Al-kadḫuḏāh ist ein (ursprünglich persischer) Ausdruck der arabischen Astrologie; er bezeichnet den Planeten, der zum Zeitpunkt der Geburt einen bestimmten Abschnitt der Ekliptik beherrscht. Dieser Terminus wird in der Renaissance in bislang noch nicht genau rekonstruierter Weise kombiniert mit Avicennas Bezeichnung des untersten, sogenannten „aktiven“ Intellekts als wāḥib aṣ-ṣuwar, was lateinisch übersetzt wurde als dator formatorum.

Zusammenklang vorbereiten, bevor sie seiner Eingebung teilhaftig werden, damit die Seelen sich durch die Harmonie auf Gott zu bewegen und sich mit ihm vollkommen vereinigen. Aus dieser Vereinigung erfolgt dann die Bewegung der Seele hin zu der Erkenntnis der verborgenen Dinge der Zukunft. Je ähnlicher jemand Gott durch diese verschiedenen Vorbereitungen wird, desto größer ist die Vereinigung mit Gott, und je größer die Vereinigung, von desto größerer Gnade ist das Geschenk, das von Gott über ich gegossen wird [maioris gratiae charisma perfundetur]. Deshalb lesen wir, dass besonders die heiligen, von der Sorge um vergängliche Güter befreiten Männer Gottes, die sich nur der Betrachtung der himmlischen Dinge widmen, die Gabe der Prophetie empfangen.

Meinungen über die Ursachen der Prophetie

Die Harmonie tritt also nur vorbereitend [dispositive] zur Prophetie hinzu, keinesfalls bewirkend [effective], da eine solche Wirkung alle Möglichkeiten der Musik bei weitem übersteigt. Es gibt aber in unserer Zeit einige dumme Philosophenheinis, die glauben, es gäbe in der Luft so etwas wie die Idee von allen Dingen, das sei entweder jene platonische Seele oder der Einfluss der Himmel oder der Zusammenstoß der Atome, wodurch Affekte und Eingebungen hin und her mitgeteilt werden können, so dass man, wie sie glauben, weit entfernt liegende Dinge auf natürlichem Wege erkennen könne. So entstehe manchmal auf natürlichem Wege Prophetie im Herzen des Menschen – woraus deutlich wird, dass nichts so abwegig ist, dass es nicht seine Anhänger fände. Wie nämlich freie Handlungen [liberae actiones] in der Luft ihr Abbild hinterlassen könnten, das, glaube ich, können sie ebenso wenig erklären, wie die menschliche Schwachheit diese Abbilder erfassen kann. Einige Platoniker setzten als Ursache für eine so bewunderungswürdige Wirkung eine erkennende Weltseele an. Sie glauben nämlich, dass die Seele eines durch Harmonie angeregten Menschen gewissermaßen ein Teil von jener ist und dass sie, wenn sie sich von der körperlichen Vorstellungswelt gelöst habe, Anteil gewinnt an derselben Erkenntnis, die die Weltenseele hat. Weil sie aber behaupten, dass jeder Körper, ja die ganze Welt von jener Seele durchdrungen werde, halten sie es nur für nötig, dass die Seelen der einzelnen Menschen von jedem Hindernis befreit würden, damit sie durch die harmonische Vereinigung vereinigt dasselbe erkennen könnten, was auch die Weltenseele erkennt.

Da jedoch der platonische Einfall zur Weltenseele der rechtgläubigen Lehre [orthodoxa] widerspricht, widerlegt er sich offensichtlich selbst. Es gibt noch andere, die die Kraft der ganzen Welt in unsere Seele verlegen, so dass sie, wie jene zu wissen glauben, alles erkenne, wenn sie sich selbst betrachte, und sich unter Zurücklassung aller Äußerlichkeiten ins Zentrum des Geistes zurückziehe. Einige von ihnen befreien den tätigen Intellekt von dem Vorstellungsbild [phantasma], auch wenn er im Körper selbst sitzt, so dass er ohne Hinwendung zu körperlichen Vorstellungen Erkenntnisse gewinnen könne: So, meinen sie, entstehe Prophetie. Da wir solches schon anderen Orts zurückgewiesen haben, bleibt nur übrig, dass, über die die Heilige Schrift spricht, durch das Singen der Psalmen nur vorbereitet wird, wie Gott sich ja auch vieler einfacher Dinge gewissermaßen als Zeichen bedient, um seine Gnade den Menschen zu gewähren. Doch da wir dies und Ähnliches ausführlich in der *Magia Ægyptiorum* [Œd. Æg. 2.2., 11. classis] behandeln wollen, verweisen wir den Leser dorthin.

<226> Kapitel VII

Die sehr starke Wirkung der Musik, die sie ausübt um Körper zum Schwingen zu bringen, sowie Körper, die ihrem Klang entweder schaden oder ihn fördern können

Man muss nicht bezweifeln, dass die größte Kraft der Musik darin besteht, Körper zum Schwingen zu bringen. Wenn nämlich größere Glocken angeschlagen werden, wenn Kriegsgeschosse explodieren, Donner widerhallt, wie groß ist doch die Erschütterung von Luft, Häusern, Fenstern und sogar Türmen! Die wächst manchmal so stark an, dass die Menschen durch den lauten Knall, ich will nicht sagen, nur angedonnert, sondern sogar richtig niedergestreckt, getötet werden [exanimes]. Doch wollen wir über derartige Klänge nicht reden, sondern nur über den, durch den einige Gegenstände allein auf diesen und keinen anderen Klang hin, und sei er auch lauter, zum Schwingen kommen. Weshalb eine Saite zu einer anderen, gleichgespannten erklingt, nicht aber auf die Explosion einer Bombe hin, ist doch recht verwunderlich. Es gibt liegt nämlich eine verborgene Kraft in bestimmten Klängen, nur auf bestimmte Körper, wenn sie dazu proportional sind, einzuwirken, so dass sie nur diese bewegt und keine anderen. Nur auf die einen Gegenstände wirkt diese Kraft, auf anderen nicht. Wie der Magnet seine Kraft nicht auf Holz, Blei oder ähnliche Materialien ausübt, sondern nur auf Körper, die ihm ähnlich sind, so gibt es auch bestimmte Klänge, die dazu geeignet und proportioniert sind, bestimmte Körper zum Schwingen zu bringen. Wenn jemand diese Proportion kennt, wird er mit ihrer Hilfe zweifellos die größten Wunder der Natur vollbringen können.

Es passiert immer wieder, dass bei vielen Menschen, die sich gleichzeitig unterhalten, eine Stimme einen Stuhl erzittern lässt, während die anderen Stimmen keine Wirkung tun. Ich habe immer mal wieder bemerkt, dass eine Pfeife einer Orgel eine bestimmte Saite einer größeren Lyra so heftig zum Schwingen brachte, dass sie mit einem Plektrum angeschlagen schien. Dass ein Stein von ungeheurer Größe immer auf den Ton einer bestimmten Orgelpfeife hin immer gezittert hat, aber wenn diese Pfeife schwieg und die anderen klangen keine Bewegung gezeigt habe. Mersenne berichtet auch die wunderbare Geschichte, die sich bei dem ehrwürdigen Orden der Franziskaner in Paris ereignete: Wenn dort die Orgel gespielt wird, wird der Fußboden in einem Bereich des Durchmessers des Quadrats, dessen Seiten die Maße der Orgel sind, derart erschüttert, dass man fürchten muss, dass sich die Erde auftue. Dies wird aber kaum bemerkt, wenn man näher an die Orgel heran- oder weiter weggeht.

Daraus ergeben sich die wichtigsten Begründungen [maxima argumenta] einer natürlichen Magie und Erklärungen für geradezu paradoxe Wirkungen, wie etwa, wenn sich Statuen nur auf einen bestimmten Klang hin bewegen und zu einem anderen nicht, worüber wir in der *Thaumaturgia sonorum* ausführlich sprechen wollen. Auf gleiche Weise sieht man bei den tiburtinischen Wasserfällen einen eisernen Ring an einem Haus in der Nachbarschaft angebracht, der durch das laute Geräusch des Wasserfalls ständig in Bewegung ist. Auch ich habe in meinem Museum ein Polychord, bei dem eine bestimmte Saite und keine der anderen die zum Klang einer Glocke in der Nachbarschaft durch wundersame Macht zum Klingen gebracht wird. Doch darüber sehr ausführlich im Folgenden. Die Ursache für dieses Phänomen ist keine andere als eine proportional harmonische Bewegung der Luft, durch welche ein

Körper, wo immer er sich befindet, der zum Klang proportional ist, von einer ähnlichen Gattung von Bewegung betroffen wird. So weit haben alle Erfahrungen das bestätigt, die wir im ersten Teil dieses Werkes vorgetragen haben.

So schließe ich: Wenn jemand die Proportion kennt, in der der Ton eines Instruments zu den Hauchen, Muskeln und Arterien des menschlichen Körpers steht, wird ihm nichts leichter fallen, als einen Menschen in jeden beliebigen Affekt zu treiben und ihn zu Sprüngen zu verleiten, die zur Musik proportional sind, wie wir das von den Menschen gesagt haben, die von einer Tarantel gebissen worden sind. Wenn dieser zudem die Proportion jedes Klangs kennen würde, in der er zu den vier Körpersäften steht, gäbe es nach meiner Überzeugung kein noch so hartnäckiges Übel, keine noch so tiefgreifende Krankheit, die er nicht allein durch die Kraft dieses Klangs vertreiben könnte. Das haben wir ausführlich und mit Sachkenntnis in der *Medizin der Konsonanz und der Dissonanz* behandelt. Man kann solche Klänge in zwei Gruppen einteilen: entweder sind sie proportional oder disproportional. Die ersteren haben wir als in Harmonie zum menschlichen Körper stehend und gesundheitsfördernd erwiesen. Von den disproportionalen behaupten wir, dass sie eine gegenteilige Wirkung auf den menschlichen Körper haben, wir sprechen es aber einen Klang „disproportional“, wenn er wegen seiner Stärke geeignet ist, <227> zu verletzen oder im Körper einen schmerzlichen Zustand auszulösen. Bei heftigem Donner, so lesen wir, seien schon sehr viele ohnmächtig [exanimatus] geworden und Schwangere hätten auch schon Fehlgeburten gehabt. Weil ja aus einem lauten Knall Schrecken [terror] entsteht und infolge des Schreckens das Blut aus den Extremitäten ins Zentrum zusammenfließt, kommt es infolge eines solchen Zusammenflusses zu Angstgefühlen, Blässe und zur Schwächung des Atems und der Bewegungsfähigkeit der Organe, woraus Ausfallserscheinungen oder Ohnmacht erfolgen.

Exkurs über den Fang des Schwertfisches (allgemein pesce Spada genannt), der an der mamertinischen Küste zu einer festgesetzten Jahreszeit stattfindet, und ob die Musik eine Wirkung auf Tiere ausübt

Es ist verwunderlich und kaum zu glauben für diejenigen, die einen solchen Fang noch nicht gesehen haben oder dabei gewesen waren. Durchgeführt wird dieser Fang meines Wissens nach in keinem anderen Meer Europas außer in dem von Sizilien und hauptsächlich in der Straße von Messina im Mai. So geht er vor sich:

Erfahrene Fischer kommen im besagten Monat an einem verabredeten Tag in aller Frühe zu dem Teil des sizilianischen Meeres, den sie „Pharo“ nennen, um ihr einzigartiges Tun mit einem Nachen zu vollbringen. Einer der Fischer, ein besonders erfahrener und kräftiger, nimmt mit einer Lanze für seine ebenso einzigartige Aufgabe ausgerüstet, auf dem Vorderdeck des Nachens Platz, ein zweiter lockt mit besonderen Worten die überall verborgenen Fische hervor. Sobald ein Fisch die Worte gehört hat, kommt er, wunderlich zu sagen, wie durch die Worte angelockt in die Nähe, zeigt sich dem mit der Lanze ausgerüstete Fischer auf dem Vordeck, der in größter Eile seine Lanze schwingt und ihn durchbohrt. Der große Monat bringt so eine fette, herrliche Beute. Weil das genaue Verfahren dieses Fischfangs an dieser Stelle außerhalb unserer Untersuchungen liegt, muss es nicht weiter erwähnt werden. Doch möchte ich noch sagen, wie diese Fische sich auf bestimmte Worte und besondere Stimmen und keine anderen zeigen. Viele glauben, dass diese Worte reine Erfindungen und nur solchen Seeleuten bekannt seien. Einige wieder glauben, dass mit solchen Worten die Fische wie mit einer Zauberformel geködert werden. Als ich am 17. Mai 1638 nach Messina übersetzte, erlebte ich diese Vorgehensweise der Fischer, als ich beim Fischfang anwesend war und hörte die Worte, mit denen sie Fische gewöhnlich anlocken. Es sind die folgenden:

Mamassu di paianu
Palletu di paianu
Maiassu stignela
Palletta di paenu palè
La stagnela
Mancata stignela
Pro nastu vardu pressu da visu, & da terra

Das also sind die Worte, die ich aus der Fischer Munde vernommen habe, auf deren Vortrag ein Schwertfisch wie angezogen sich bald bei dem Nachen einfand. Auf welche Weise das geschehen konnte, da es ja die Geister vieler Leute quält, bleibt uns noch übrig zu erklären.

Anzumerken ist, dass diese Anziehungswirkung auf die Fische durch Worte auf zwei Weisen geschehen kann: Entweder physisch oder natürlich, oder paraphysisch oder widernatürlich, zum Beispiel infolge eines Pakts mit einem Dämon, sei er implizit oder explizit. Wird eine solches auf die letztere Weise bewirkt, wie viele glauben, kann diese zu Recht unter die Beschwörungsformeln [incantationes] eingereiht werden. Wir wissen doch, dass viele Schlangen, Vögel und andere Tiere durch das Murmeln bestimmter Worte, mit denen ein Pakt vollzogen wird, verzaubert werden und gewohnt sind, sich an einem Ort zu versammeln. Da aber zu solchen Vorgängen, die durch einen Pakt unternommen werden, andere abergläubische Vorstellungen als diejenigen bei physikalischen Vorgängen und andere verkehrte Umstände gehören, die die Zeit, den Ort, die Lage und die Zahl der Wörter berücksichtigen, also den physikalischen Vorgängen geradezu entgegengesetzt sind, könnte ein erfahrener Philosoph aus solchermaßen erwähnten Umständen schließend, die richtigen physikalischen Vorgänge von den abergläubischen leicht unterscheiden. Lange hatte ich auch die feste Überzeugung, dass der besagte Fang des Schwertfischs durch Zaubersprüche und Gaukelei erfolge, bis ich die Sache richtig durchdachte und erörterte und zu dem Schluss kam, dass der Fangvorgang ohne jeden Aberglauben vor sich gehe. <228> Von daher habe ich ganz wunderbare natürliche Wirkungen darunter verborgen gewittert. Das will ich erklären. Ich lege zunächst zugrunde, wie wir das auch schon andernorts an vielen Stellen erklärt haben, dass jeder Klang

von seinem Erzeuger aus kugelförmig in seine gesamte Umgebung verbreitet wird und sogleich die Körper bewegt, die in seiner Bahn stehen, einige mehr andere weniger. Da aber Körper nicht so beweglich sind, geschieht es, dass ein Ton, wo immer er auf einen Körper trifft, der zu ihm proportional und konsonierend ist, nur diesen in Bewegung versetzt, während unzählige andere, also nicht proportionale unbewegt bleiben, wie wir dies in der *Magie von Konsonanz und Dissonanz* und anderen Stellen dieses Werks ausführlich gezeigt haben. Unter vielen Saiten klingen nur jene, die den Einklang oder die Oktave darstellen, die übrigen bleiben unbewegt. Deshalb kann ein bestimmter Ton irgendeiner Orgelpfeife einen Stein, Stuhl, ein Gitter oder eine Statue in Bewegung versetzen, die keine andere Pfeife bewegen kann.

Weshalb Tiere sich an einigen Tönen erfreuen,
vor anderen aber zurückschrecken

Auf gleiche Art, lehrt uns die Erfahrung, dass Tiere vor einigen Tönen zurückschrecken, sich an anderen dagegen erfreuen. Schweinegrunzen [Grunnitum porci] verabscheuen fast alle Tiere wegen der Gewalt, die es dem Atem zufügt. Der Bär dagegen erfreut sich an einer Flöte, weil ein solcher Ton seinem Atem schmeichelt. In gleicher Art wirkt die Nachtigall auf Alle mit ihren musikalischen Weisen wegen der natürlichen Verteilung des Lebenshauchs und der Nähe zu harmonischen Weisen, die ihr innewohnt, ein.

Dasselbe muss man von einem kunstgerechten Klang oder einem artikulierten [sonus articulatus] sagen, der auf fast alle Tiere eine größere Wirkung ausübt als ein unartikulierter. Ersterer berührt nämlich die Phantasie der Tiere mehr und bewegt sie stärker als der zweite. Deshalb geben Hirten ihren Hunden, Pferden, Schafen und Ziegen Namen, damit sie sich bei ihnen einfinden, wenn sie gerufen werden, und ihnen folgen. Mit Sicherheit hat ein Delphin, der von einem Knaben mit dem Namen Simon gerufen wurde, immer gehorcht, wie die Autoren berichten. Auch Petrus Martyr berichtet in seinem Buch über Amerika von einem Fisch von ungeheurer Größe, Manati genannt, der, mit „Martin“ angesprochen, aus dem Wasser springt und aus den Händen von Leuten, denen er begegnet, Futter annimmt. Deshalb können Tiere auch mit bestimmten Worten gefangen werden, nicht aber mit anderen, weil solche Worte und keine anderen durch ihren artikulierten Klang die Kraft haben, die Phantasie und den Hauch der Tiere zu bewegen, so dass auf den Klang Bewegungen folgen.

Bei einem derartigen Schwertfischfang kann das Gleiche geschehen. Die zitierten Wörter und keine anderen besitzen nämlich diese Kraft, den inneren Hauch und die Phantasie des Tieres anzuregen und schmeichelnd einzuwirken, was aus sicherer und unbezweifelbarer Erfahrung bekannt ist. Da nur diese Wörter und keine anderen in der richtigen Proportion stehen, um die Hauche des Tieres anzuregen, wie auch bei Menschen nicht jede Musik alle erfreut, sondern nur eine, die zu ihrer Mischung eher proportioniert ist, muss man über Tiere dasselbe sagen. Die Wörter sind nicht gänzlich erfunden, es sind schon richtige Wörter, doch im Lauf der Zeit so verdorben, dass sie wie ohne Bedeutung erscheinen können. Und dies ist, so glaube ich, der Grund dafür, warum der der Schwertfisch auf besagte Worte gehorcht, unter Wahrung des Urteils der besseren Philosophen. Wenn jemand etwas Besseres vorbringt, werde ich das zu ihrem Gefallen nicht unwillig unterschreiben, das verspreche ich.

Kapitel VIII

Gewinnt die natürliche Kraft von Kräutern, Pflanzen und Tieren, wenn sie mit musikalischen Weisen verbunden wird, zusätzliche Kraft bei der Behandlung von Krankheiten?

Unter den Philosophen der Alten Pythagoras, Theophrast und Ismenias von Theben, denen von den Neueren in gleicher Weise abergläubisch Giambattista della Porta nachfolgt ist, mangelte es nicht an denen, die nicht nur selbst glaubten, sondern auch andere davon zu überzeugen suchten, dass eine mit Wolfsdarm bespannte Kithara, wenn sie angeschlagen wird, Schafe betäubt und durch Schreck tötet. Trommeln, die mit der Haut von Elefanten, Kamelen oder Wölfen bezogen sind, sollen mit ihrem Klang Pferde in die Flucht schlagen und in Raserei versetzen. Eine mit Vipern- oder Schlangendarm bespannte Lyra mit ihrem Klang Schwangere zu Fehlgeburten veranlassen.

Experimente des Autors mit Saiten aus Wolfs- und Schafsdarm

Um ja nichts unversucht zu lassen, habe ich ein Experiment mit Saiten aus Wolfsdarm gemacht. Ich habe also nicht ohne Aufwand zwei Polychorde fertigen lassen, eine mit Wolfsdarm, das andere mit Schafsdarm bespannt. <229> Das Polychord mit dem Wolfsdarm habe ich in einem Schafstall anschlagen lassen und danach alle beide außerhalb. Doch konnte ich in keiner Weise ein Erschrecken der Schafe oder jenes sagenhafte Reißen der Saiten aus Antipathie bemerken. Doch auch das ließ mich nicht ruhen: So habe ich den Kopf eines Wolfs auf den Schafspferch gelegt und sein Herz und Geschlechtsteil einem Schaf an den Hals gebunden. Doch den der Phantasie entsprungenen Schrecken konnte ich niemals wahrnehmen, durch den Schafe infolge der Gegensätzlichkeit angeblich, wie sie behaupten, hinweggerafft werden. Ja ich habe sogar beobachtet, dass ein Wolfsjunges mit Schafen genauso vertraut war wie ein Hund und ohne jeden Schrecken mit ihnen umging. Seit dieser Zeit habe ich mir vorgenommen, nichts Derartiges mehr zu glauben, wenn ich nicht die Erzählungen durch meine eigenen Experimente geprüft hätte.

Wenn die geheimen Erforscher der Philosophie diesen Grundsatz anwenden würden, würden nicht mehr riesige Folianten mit so vielen Schauer- und Wundergeschichten vollgestopft und gedruckt und die Katheder der Lehrer nicht mit Märchen und Lügengeschichten belastet und angefüllt. Es ist meiner Meinung nach eines Philosophen unwürdig, etwas diesem Ähnliches hervorzubringen, zu dem er nicht zuvor ein Experiment gemacht hat. Aber ich will auf das zurückkommen, was ich mir anfangs vorgenommen habe.

Giambattista della Porta glaubte (worüber ich mich bei einem sonst so klugen Mann wundere), dass einige Krankheiten durch die Kraft der Musik vertrieben werden könnten, wenn Flöten aus dem Holz von Pflanzen gefertigt würden, die durch natürliche Sympathie auf besagte Krankheiten Bezug nähmen. Wenn jemand zum Beispiel eine Flöte aus dem Stängel der Nieswurz schnitzte, könnte er mit ihrem Klang Wahnsinnige [lymphaticos] behandeln. Man sagt nämlich, dass diese durch Einnahme von Nieswurz geheilt würden. Schnitzte man in gleicher Weise eine Flöte aus Pappelholz, könne man mit ihrem Klang Ischias-Beschwerden lindern, denn eine Salbe aus Pappelholz hilft sehr gegen die Hüftschmerzen. So könne man auch den Zuhörer zur Liebe reizen, wenn man eine Flöte aus dem Stängel der Stendel-

wurz verwendet werde, Wahnsinnige könne man mit einem aus Zimteiche hergestellten Instrument heilen. Genau so mache eine aus den Knochen einer Gabelweihe hergestellte Flöte Haubenlerchen und andere Vögel infolge der Kraft der Antipathie unbeweglich.

Mir fehlte die Zeit, wollte ich hier alles alberne Zeug der Ahnungslosen und alle Ammenmärchen anführen. Wer könnte so wenig und nur an den sozusagen äußersten Rändern in die Philosophie eingetaucht sein, der nicht sähe, dass dies keinerlei Beziehung zur Musik hat. Wenn solche Dinge heilende Wirkungen auf einige Krankheiten haben, so können sie diese sicherlich ganz ohne Unterstützung durch einen Klang allein durch natürliche Anwendung ausüben.

Wie Klänge Heilmittel für Krankheiten sein können

Außerdem lautet meine Begründung so: Entweder bewirkt ein musikalischer Klang diese Effekte oder die heilende Wirkung liegt im Material der Flöte oder beides zugleich. Im ersten Fall ist die Wirkung des mit dem Klang verbundene Material überflüssig, im zweiten ist der Klang überflüssig, um den heilenden Effekt zu erzeugen, denn vergeblich geschieht etwas durch viele, was durch wenige geschehen kann. Sollte schließlich der dritte Fall eintreten, geschieht es entweder, weil der Ton jene heilende Kraft nach Art eines Transportmittels trägt oder aber durch eine verborgene Sympathie die neu aus der Vereinigung beider entsteht. Keines von beiden kann, ja darf der Fall sein. Nicht das erste, da die Kräfte der natürlichen Dinge die für sich selbst ausreichende Fähigkeit besitzen, um Objekte zu verwandeln und zu verändern, die sich innerhalb ihres Einflussbereichs befinden, ohne es notwendig zu haben, zusätzlich ein Transportmittels zu erwerben, das es fortträgt. Man füge hinzu: Wenn die intentionalen Formen[5] eines Tones gänzlich ungeeignet ist, etwas anderes zu transportieren, der er ja selbst des Transportmittels der Luft bedarf, um sich in Länge und Breite auszubreiten, kann er mit Sicherheit einem anderen nicht geben, was er selbst nicht hat, das heißt, wenn er ein Transportmittel bereitstellen kann um den Ausfluss der Kräfte in etwas anderes zu befördern, so kann daraus keine neue Sympathie entstehen, da auch die Kraft eines Tons und die, die als verborgene des natürlichen Gegenstands in der Flöte sitzt, nach ihrem Wesen [essentia] ganz verschieden sind und intentionale Formen keine Eindrücke aufnehmen können.

Falsch ist also, was sich diesbezüglich die Hirne von Menschen ausdenken, die zur Unzeit Freudenfeste [maleferiatores] feiern. Denn nicht der Klang hat im eigentlichen Sinne Sympathie, noch ist er die Ursache für die erwähnten Effekte, sondern die harmonisch schwingende Luft, die den Hauch nach dem verschiedentlichen Gesetz der Zahlen anregt. Es kommt wenig nur darauf an, ob die Flöte, die ein Hirte benutzt, um die Schafe anzulocken, aus Holunderholz oder aus dem Gebein von Wölfen gemacht ist, durch den Ton beider Flöten werden die Schafe eingefangen. Genau so war es unnötig, dass Ismenias von Theben ein Instrument aus Pappelholz benutzte, um Hüftschmerzen zu vertreiben oder dass Xenokrates ausgehöhlte Nieswurzstängel brauchte, um Wahnsinnige zu heilen. Sie konnten das mit Instrumenten leisten, die aus jedem beliebigen geeigneten Material gefertigt waren, da Musik Krankheiten mit keinem anderen Eigenschaft [qualitas] heilt als mit der, welche verdichtete Atemströme

[5] Species intentionales (sensibiles und intelligibiles) sind besonders nach scholastischer Lehre Formen, Bilder, die von den Gegenständen sich ablösen, die Luft passieren (»per aërem volitant«) in das »sensorium commune« (s. d.) des Wahrnehmenden dringen: www.zeno.org/Eisler-1904/A/Species+intentionales

entwirrt und befreit, die befreiten verdünnt, träge und melancholische Dämpfe auflöst, das beschwerte Herz erleichtert und endlich, wenn die Krankheitsursachen beseitigt sind, die Gesundheit wiederherstellt. Lächerlich machen sich aus diejenigen, <230> die von der Pest befallene Menschen mit dem Klang einer Kithara heilen wollen, die aus dem Holz eines Weinstocks oder Lorbeerbaums gemacht ist, und zwar deshalb, weil Wein, Essig und Lorbeer verderbende Wirkungen [pestifera] abhalten. Dumm ist es ferner zu glauben, dass eine aus dem Holz der Stendelwurz gefertigte Flöte zur Liebe anreize oder aber zur Keuschheit eine aus dem Holz des Keuschlammbuschs [Agni casti], da beide zur Zügellosigkeit verleiten, wenn man aufreizende Weisen anstimmt, beide aber auch zur Keuschheit verleiten wenn man züchtige und zurückhaltende Weisen gebraucht. Allein die harmonisch schwingende Luft, die einen der Harmonie ähnlichen Rhythmus erzeugt, kann als Ursache für die so wunderbare Heilung bezeichnet werden. Der Musiker erzeugt einen der Luftschwingungen vergleichbaren harmonischen Rhythmus, die Luftschwingung, die mit demselben harmonischen Rhythmus in Form gebracht ist, vermittelt ihn durch die Fähigkeit des Gehörs dem Hauch und so bewegt der durch diesen harmonischen Rhythmus angeregte Hauch seinerseits das Herz zu den verschiedenen Affekten, zur Liebe, Freude oder Trauer, je nach Beschaffenheit der Bewegung. Durch die Bewegung entsteht die Zerstreuung des Staubs, also des Drecks, der die lebendigen Glieder besetzt hält. Haben sich diese, also die Ursachen für Krankheiten, zerstreut, so muss notwendig die gewünschte Gesundheit nachfolgen.

Wie Saul durch die Kraft der Musik von einem bösen Geist befreit wurde

Auf diese Weise wird völlig klar, wie Saul, der von einem bösen Geist befallen war, schnell wiederhergestellt wurde, als David sang. Da nämlich Saul ein Übermaß vom melancholischen Saft hatte infolge von Neid und Traurigkeit, die recht eigentlich die passenden Brutstätten der Dämonen sind, geschah es (wie man das auch sehen kann bei Menschen, die von Dämonen besessen sind, bei Wahnsinnigen und Verrückten), dass durch den Gesang Davids solche dunstigen Atemströme auseinander gezogen und die Nebel des belasteten Geists aufgelöst wurden, und dadurch der Dämon, sozusagen von seiner Brutstätte vertrieben, verschwand. Gleich kam der Geist wieder zu Ordnung und Ruhe.

Das war jetzt doch wohl etwas ausführlicher als angemessen. So soll all dies zur Wunderheilung von Krankheiten durch Musik auch genügen. Wer wissbegierig mehr zu erfahren wünscht über die Harmonie der Pulsschläge, den Zusammenfluss der Hauche, über die wunderliche Sympathie und Antipathie von Mensch zu Mensch oder, was dasselbe ist, die Konsonanz und Dissonanz ihrer Naturen und Mischungen, die unter verschiedenen Menschen hervortreten, der soll sich an die *Arzt- oder Heilkunst der Konsonanz und Dissonanz* wenden [S. 213ff.], wo er viel Neues und bisher Unbekanntes zu dieser Materie finden wird.

Teil III:

Die Wunder wirkende Musik

[Teralogia Musica]

oder:

Von ominösen Klängen

[De portentosis sonis]

Kapitel I

Definition und Einteilung der ungeheuerlichen Klänge

[soni prodigiosi]

Ein ungeheuerlicher Klang ist nichts anderes als irgendein ungewöhnlicher Klang, der gemacht ist, um irgendetwas anzuzeigen. Wenn er die Ohren heftig erschüttert und die Zuhörer seine Ursache nicht kennen, zwingt er sie zur größten Bewunderung. Es gibt davon drei Arten: eine natürliche [naturalis], eine widernatürliche [praeternaturalis] und eine übernatürliche [supernaturalis] oder wunderwirkende [miraculosus].

Zu den Wunderklängen gehört der berühmte große Klang nach Joh 6, der unvermittelt ertönte, als Christus mit seiner Rede zu Ende war, und die Zuhörer mit großem Staunen erfüllte. Von solcher Art war auch die Musik der Engel bei Christi Geburt und so auch jenes Geräusch am Pfingsttag nach der <231> Apostelgeschichte [2,2]: „Plötzlich kam ein Brausen vom Himmel wie ein gewaltiger Wind“. Von dieser Art sind die Klänge, die überall in der Heiligen Schrift erwähnt werden, also der Schall der Tuben auf dem Berg Sinai, als Moses von Gott die Gesetzestafeln erhielt.

Kapitel II

Der Fall der Mauern von Jericho, der durch den Klang von Trompeten erfolgte

Ob ein der berühmte geheimnisvolle Klang der Trompeten und das Geschrei der Menschen den Fall der Mauern von Jericho physikalisch erklärbar [physice] verursacht hat oder ob er aber durch ein Wunder [miraculose] geschah, ist strittig. Rabbi Ralbag glaubte als erster, dass sie durch die Gewalt des Klangs [vehementia soni] gefallen seien. Der gleichen Meinung waren auch die ehrwürdigen Kirchenväter, also der heilige Augustinus in der [1]06. Predigt über die Zeit. „Später“, sagt er, „sei man zur Stadt Jericho gekommen und ihre Mauern seien auf das Geschrei der Menschen und den Schall der Tuben bis auf die Fundamente zusammengestürzt.“ Der Heilige Hieronymus sagt im Brief an Abigaus, „die Mauern von Jericho sind durch den Schall der Tuben der Priester zusammengefallen.“ Dasselbe behauptet auch der heilige Ambrosius im dreißigsten Buch, Kap. 10 der *Origines homil*. Von den Jüngeren glaubt Mersenne, dass die Mauern durch die Gewalt des Schalls eingestürzt seien, ja er gibt sogar die Proportion zwischen dem bewegten und dem bewegenden Objekt vor.

Da dies mehr einfallsreich ist als wahr, wollen wir uns damit nicht länger aufhalten, sondern nur kurz bemerken, dass es ein Wunder war, dass diese Mauern auf den Klang hin, wie auf ein Zeichen für den Willen Gottes hin, einstürzten. Auf natürliche Weise hätten sie nicht bewegt werden können (was auch immer Mersenne behauptet). Das beweise ich so: Kein noch so gewaltiger, lauter und vielfacher Klang von Menschen oder Trompeten allein könnte eine Mauer oder überhaupt eine Masse auf natürliche Art niederreißen oder bewegen. Das zeige ich so: Für einen Klang kommen drei Dinge zusammen: Zuerst der Zusammenstoß zweier fester oder beinahe fester Körper, zweitens das Durchbrechen und Zerreiben der Luft oder eines ähnlichen Körpers, der zwischen den beiden gefangen ist. Drittens eine Zerstreuung dieses durchbrochenen und zerriebenen Körpers und sein Entweichen, als ob er flöhe.

Und dies ist es, von dem irgendetwas bewegt und fortgetrieben werden kann. Wenn es nämlich so flieht und sich zurückzieht, treibt es, wenn er auf einen Körper trifft, diesen an, setzt sich, wenn es irgendwie geht, fort, und bewegt zudem die benachbarte, im Weg liegende Luft und setzt sich stetig fort. Andernfalls müsste es in Körper eindringen, und die Luft ist auch von sich aus und wie freiwillig bereit, Bewegung aufzunehmen. die ferne Luft wird aber nicht immer bewegt, weil der Anstoß für diese Fluchtbewegung allmählich schwächer wird und so irgendwann vom Fortschreiten und Anstoßen ablässt.

Doch bei diesem Vorstoß und dem Anstoß anderer Körper muss man zunächst bedenken, dass, damit es lang und kräftig fortschreiten und anschlagen kann, es zunächst mit großer Kraft gebrochen, zerrieben und zusammengedrückt werden muss. Zweitens darf es nichts Leichtes oder Dünnes sein, sondern von größerer Qualität. Denn wenn diese am Anfang fehlt, hört die Fluchtbewegung auf der Stelle auf und es findet schon am Anfang keine starke Bewegung der umgebenden Luft statt. Wenn sie später nicht vorhanden ist, wird der Ton von der umgebenden Luft zusammengepresst, die sich in Länge und Breite ausgebreitet hat, und kann weder selbst vorankommen noch etwas anderes vorantreiben. Obendrein kommt noch hinzu, dass die Kraft selbst der stärksten Klänge gering ist in einem freien Medium, wie es offene Felder sind, und dass sich in der leeren Luft, die uns umgibt, die Luftströme leicht auflösen und verteilen, so dass die meisten Philosophen behaupten, zu entfernteren Ohren gelange nicht der richtige, tatsächliche Ton, sondern sozusagen nur sein Bild oder Abbild.

Wenn ein Klang tatsächlich eine solche Kraft hätte, wären für die Eroberung von Städten keine anderen Rammböcke und Wurfmaschinen nötig als der schlichte Klang von Menschen, Pferden, Trommeln, Trompeten und Geschossen. Was ich aber im vorhergehenden Teil gesagt habe – dass ein Ton große Kraft auf bestimmte Dinge ausüben und sie bewegen kann, wie wenn eine Orgel mit ihrem Klang einen Stein zum Zittern bringt oder eine Statue oder sonst etwas –, davon möchte ich, dass es nur bezüglich der harmonischen Lufterregung verstanden wird. So ist es möglich, dass ein einziges kleineres Rohr eine große Masse bewegt, die zehn Pfeifen nicht bewegen können, die größer sind als das genannte Rohr. An dieser Stelle reden wir also nicht genau über die heftige Luftbewegung, sondern über die Bewegung von Klängen, von der wir behaupten, dass sie irgendeinen Körper bewegt, der zu ihr proportional ist. Genau so wie wir von einer Saite sagten, <232> sie setze eine andere in Bewegung. Wenn nämlich auf einem Polychord zwölf Saiten gespannt sind, von denen die erste und die letzte im Unisono erklingen, also gleich gespannt sind, dann sage ich, dass die eine von den

beiden die andere zum Schwingen bringt, aber keine von den zehn anderen Saiten eine andere bewegen könnte, auch wenn sie alle angeschlagen werden. Man sieht also, dass ein Körper einen um einen anderen zu bewegen nicht die Heftigkeit der Luftbewegung benötigt, sondern eine proportionierte und harmonische Bewegung zum zu bewegenden Körper. Was nun die oben zitierten Aussagen der Heiligen Kirchenväter betrifft, sage ich, dass keiner von ihnen geglaubt hat, dass allein durch die natürliche Kraft der Trompeten und des Geschreis der Menschen die Mauern von Jericho niedergerissen und zerstört worden seien, sondern als ein Zeichen diente, nach dessen Setzung Gott persönlich oder durch den Dienst seiner Engel die Stadt vernichtete und verwüstete. Resultat: Die Zerstörung von Jericho ist nicht durch den Schall der Trompeten auf natürliche Weise verursacht worden, sondern ganz ausdrücklich durch ein Wunder. Wir wollen nun dieses Thema verlassen und uns der Beschreibung weiterer Klänge zuwenden.

Kapitel III

Wunderklänge der zweiten Klasse, die durch natürliches Handeln, das jedoch menschliche Kraft übersteigt, hervorgebracht werden

Wir reden hier über einige Wunderklänge, die keine übernatürliche, aber auch keine natürliche Kraft zu haben scheinen, sondern von Engeln oder guten oder bösen Geistern zu guten oder bösen Zwecken erzeugt werden.

Wunderliche Geschichte über einen Zauberer,
der mit seinem Spiel Kinder verzauberte

Im Jahre des Herrn 460 ereignete sich etwas schier unsagbar Wunderbares in Hameln, einer Stadt, die in Niedersachsen an der Weser gelegen ist. Die Erzählung geht so: Da die Bewohner der Stadt in diesem Jahr durch eine ungeheuer große Schar von Ratten und Mäusen belästigt wurden und das Übel ständig zunahm, so dass man fast nichts mehr fand – weder Frucht noch Saatgut –, das nicht durch den Hunger der Nager geschädigt war, und ständig unterschiedliche Pläne gehandelt wurden, um ein so unangenehmes und schädliches Übel zu beseitigen, da erschien plötzlich ein Mann von wundersamer Gestalt, den man zuvor noch nie gesehen hatte. Er versprach, sofort sämtliche Mäuse zu entfernen, die es in diesem Bereich gab, wenn man sich mit ihm nur über eine bestimmte Summe Geldes einigen würde. Gesagt, getan. Der Lohn wurde ihm versprochen und der Mann zog aus seinem Ranzen, den er sich umgebunden hatte, eine Flöte und begann, sie sofort zu blasen. Und siehe, ein ungeheurer Zug von Ratten brach aus allen Ecken der Häuser, aus den Mauern und Bodenlöchern hervor und folgte dem ungewohnten Klang des Flötenspielers bis an den Fluss. Die Ratten folgten dem Flötenspieler, der sein Kleid geschürzt hatte und in den Fluss gestiegen war, tauchten freiwillig ins Wasser ein und ertranken allesamt.

Nachdem der Mann seine Zauberei beendet hatte, verlangte er den versprochenen Lohn. Als aber die Bürger Ausflüchte suchten zu der versprochenen Summe, beschimpfte er sie mit drohenden Worten und sagte, wenn sie ihm den Lohn nicht gäben, würde er von ihnen einen anderen Lohn eintreiben, der viel größer sei als der versprochene. Man lachte über die Drohungen. Am folgenden Tag um die Mittagszeit erschien besagter Mann wieder im Aufzug eines Jägers mit schrecklichem Blick und einer purpurroten Filzkappe von ungewöhnlichem Schnitt und blies sogleich eine andere Flöte, die sich deutlich von der ersteren unterschied.

Und siehe, alle Kinder der ganzen Stadt zwischen vier und zwölf Jahren kamen hervor und folgten dem geheimnisvollen Klang. Außerhalb der Stadt gab es am Weserufer in einem Berg eine Höhle, von ihrer Größe geeignet als Unterstellplatz für Zugvieh. In diese Höhle führte der Jäger alle Kinder mit sich hinein. Seit dieser Zeit ist kein Kind jemals wieder zum Vorschein gekommen, und niemals hat man erfahren, was mit den Kindern geschehen ist und wo sie geblieben sind. Durch dieses wunderliche Ereignis wurde die ganze Stadt ihrer Söhne beraubt und bis zum heutigen Tag zählt man dort gewöhnlich die Jahre nach dem Verschwinden ihrer Söhne. Ich war selbst in dieser Stadt, habe diesen Berg gesehen und konnte mit großem Staunen die Geschichte betrachten, die in einer Kirche auf einem kleinen Bild dargestellt ist. <233> Jetzt fragt man sich also, was das wohl für ein Klang einer Flöte gewesen ist, der eine solche Kraft besaß.

Meine Antwort: Ohne Zweifel war es ein Dämon gewesen, der auf Gottes geheimen Ratschluss hin die verhexten Kinder in einen anderen Teil des Erdkreises geführt hat. Denn eine Chronik von Siebenbürgen [Chronica Transylvaniae] berichtet, dass ungefähr zu dieser Zeit in Siebenbürgen Kinder mit einer unbekannten Sprache plötzlich aufgetaucht seien, die sich dort niedergelassen und ihre Sprache so verbreitet hätten, dass man bis auf den heutigen Tag in Siebenbürgen nichts anderes als sächsisches Deutsch spreche. Mehr über solch wunderliche Klänge siehe bei Johannes Eusebius von Nürnberg, Cornelius Gemma und anderen.

Kapitel IV

Wunderklänge von Glocken

Unter allen Glocken, die mit wundersamem Klang die Welt staunen machen, besetzt die berühmte Glocke von Vililla sicher den ersten Rang als beständiges Wunder in Spanien, über die Varius im zweiten Buch, Kapitel 14 seiner Schrift *De Fascinatione* [über die Verhexung] schreibt. Im Königreich Spanien, in dem Städtchen, das Vililla genannt wird, in der Diözese Saragossa, gibt es eine Glocke, die man die „Miraculosa“ nennt, „die Wunderbare“. Sie schlägt einige Monate, bevor der Christenheit [Christiana republica] etwas Ungünstiges passiert, von selbst an, ohne dass jemand sie anstößt. Die Bezeugung dieser Sache durch öffentliche Tafeln, auf denen mehrere Zeugen aufgeführt sind, welche die früheren Vizekönige [proreges] dieses Reichs mit eigner Schrift davon gemacht haben, habe ich mit eigenen Augen gelesen. Unser Marin Mersenne hat sie mit folgenden Worten beschrieben: 36.000 Schritte unterhalb von der Stadt Saragossa liegt das Städtchen Vililla am Ufer des Ebro, das entstanden ist aus den Ruinen einer römischen Kolonie in Ilergaones, noch heutzutage durch keine Sache und keine Erinnerung an die Großväter berühmter als durch die Glocke. Die Menschen dort sind überzeugt, dass sie, die niemand bewegt, mit ihrem ungewöhnlichen und sonderbaren Schlag für jeden Teil des Landes die wichtigsten Ereignisse anzeigt. Dummheit oder Wahrheit, ich will es nicht erörtern. Doch werden als Zeugen für dieses dunkle Wunder nicht unbedeutende Männer zitiert. Sie berichten, dass diese Glocke einen Tag, bevor die Könige gefangen genommen wurden, von selbst angeschlagen hat.

Weiterhin habe sie am dritten Tag der Kalenden des Novembers und an den Nonen des folgenden Januars dreimal geläutet, zu welcher Zeit der Mailänder Vertrag geschlossen und Aragon in die Freiheit entlassen wurde. Außerdem hörten ausnahmslos wichtige Zeugen, wie der Nürnberger es bezeugt, dass die Glocke vor dem Tod von Philipp II. und noch einige Male in jüngster Zeit geläutet hat. Eine ähnliche Glocke gibt es auch bei den Japanern, die jedes Mal von selbst läutet, wann immer dem Reich große Aufstände und Unruhen drohen. Johannes Lupus, der Bischof von Monopoli berichtet, dass eine kleine Glocke im Kloster Zamora der Dominikaner gewöhnlich am dritten Tag vor dem Tod eines Geistlichen [religiosus] von selbst läutet, auch wenn zu der Zeit keiner krank im Bett liegt. Derselbe Autor überliefert uns, dass es eine ähnliche Glocke im Kloster des Heiligen Dominikus in Cordoba gegeben habe, die obendrein mit ihrem Klang noch das Schicksal eines Bruders dieses Klosters oder eines anderen bedeutenden Mannes dieses Ordens vorhergesagt habe. Ähnliches berichtet Angelo Rocha über den Klang einer anderen Wunderglocke im Kloster der Dominikaner in Salerno, welche die Sterbenden vorab benennt. Gibellinus berichtet in seiner Vita des Heiligen Menulphus, dass in Deutschland im Kloster Botkensi eine Glocke auf gleiche Weise durch ihr selbstständiges Geläut den Tod eines Mönchs angezeigt habe.

Es gibt noch andere Musikinstrumente, die von selbst klingen, wenn schwere Gefahren für ein Reich drohen. So kündigen beim Grab des Heiligen Jakob von Compostela Kriegsinstrumente und Lärm bevorstehende Aufstände an. Andere sagen Siege der Christen über die Ungläubigen voraus, wie zum Beispiel die Knochensammlung von Ferdinand Gonzales, darüber informiere man sich bei dem Nürnberger. An dieser Stelle könnte ich noch unzählige Beispiele für Wunderklänge anführen, doch wer mehr darüber wissen will, der soll im *Theatrum vitae humanae* über Wunder lesen, bei Ägesippus und Josephus über die Zeichen der Vorhersage des Untergangs von Jerusalem und außerdem noch bei Cornelius Gemma in seinen Kosmosbetrachtungen und bei anderen. Übrig bleibt noch, herauszufinden, wie ein solcher Klang erzeugt wird. Sicherlich nicht auf natürliche Weise, deshalb muss er wohl auf übernatürliche Art zustande kommen. Ich behaupte also, dass solche Wunderklänge mit Hilfe der Schutzengel wegen der Verdienste eines Heiligen verursacht werden, der aus allein Gott bekannten Zwecken und Gründen, dann die irgendein Reich bedrohende Übel <234> vorherzusehen als einzigartiges Privileg von Gott empfangen hat. Dennoch kommen solche Klänge auch manchmal durch Täuschung von Dämonen zustande, wie einst bei dem Wunderklang der Orakel. Dazu lese man unseren *Œdipus hieroglyphicus* in der *Abhandlung über die Orakel der Alten* [Tractatus de Oraculis veterum]. Auch an verfluchten Orten passiert dies manchmal, dazu del Rio und Thyraeus. Nachdem wir solche Wunderklänge verlassen haben, die doch sehr weit außerhalb des Bereichs unseres Vorhabens liegen, wenden wir uns wieder der Beschreibung der Klänge zu, deren Ursachen keiner richtig versteht, obwohl sie natürlich sind.

Kapitel V

Die verborgenen Ursachen für einige Klänge, zum Beispiel der schreckliche Klang der Höhle Smellen in Finnland

Wir wollen nun einen Blick werfen auf die berühmte schreckliche Höhle in Finnland, die Olaus Magnus im elften Buch, Kap. 3 seiner *Historia de gentibus septentrionalibus* beschreibt. Sie liegt in der Nähe der Küstenstadt Wiborg, die dem Moskowiter Land benachbart ist.

Die staunenswerte Kraft eines Tons in einer Höhle in Finnland

Ihre geheimnisvolle Kraft besteht darin, dass, wenn ein lebendes Tier hineingeworfen wird, der in ihr erzeugte schreckliche Ton die Ohren der in der Nähe Stehenden so in Beschlag nimmt, dass sie weder hören noch reden noch stehen können. Schlimmer noch als das heftigste Bombardement betäubt er den Gehörsinn oder durchbohrt die Ohren, so dass sie sich kaum selbst erkennen. Dies scheint aber kein müßiges Werk der Natur zu sein.

Doch soll dieses Wunderwerk der Natur nicht sinnlos erscheinen: Wenn nämlich Feinde herandrängen, lässt der Gouverneur des Landes die Ohren aller mit Wachs verstopfen und diejenigen, die überleben wollen, sich in Kellern und Höhlen verstecken. Dann schützt er sich selbst und schleudert ein an einem Seil oder einer Lanze befestigtes Tier in den Schlund der Höhle. Dort wird augenblicklich ein so grauenhafter Ton erzeugt, dass die belagernden Feinde im Kreis wie Schlachtvieh niedersinken und niedergesunken lange Zeit betäubt verharren. Wieder zu sich gekommen, beschließen sie, nicht mehr den Kampf zu suchen, sondern ihr Leben durch Flucht zu retten. Auch kommt es vor, dass Menschen, die mit Waffen und Gewalt nicht von der Raserei des Kriegs abgehalten werden können, allein aus Erschrecken über die brüllende Natur zusammensinken und überwältigt werden. Magnus berichtet außerdem, dass diese Höhle mit mehreren Mauern umgeben wurde, um zufällig Vorbeikommende vor der Gefahr zu schützen. Mehr als alle anderen Feinde haben (nach dem gleichen Gewährsmann) die Ruthener, die dadurch Tausende ihrer Männer verloren, mit diesem Unglück Bekanntschaft gemacht und davon ihren Nachkommen erzählt. Plinius berichtet von einer ähnlichen Höhle in Dalmatien, die sich in einem ungeheuren Erdspalt jäh nach unten erstreckt. Wenn man in sie ein leichtes Gewicht hineinwirft, schießt selbst an einem ruhigen Tag ein einem Wirbel ähnlicher Sturmwind hervor. Von einer ähnlichen Höhle auf einer spanischen Insel in Amerika berichtet auch Petrus Martyr. Dort entsteht ein so schauerlicher Ton und wütet ein so andauernder, heftiger Sturm, dass sich ihr niemand ungestraft auf fünf Meilen zu nähern wagen kann, ohne Gefahr für sein Leben oder Ertaubung zu befürchten.

Die Ursache für einen so geheimnisvollen Klang – wenn wahr ist, was Olaus Magnus berichtet –, ist nichts anderes als der natürliche innere Zustand eines Bergs. Der vervielfältigt einen Ton infolge einer unendlichen Schallreflexion und erregt dabei die Luft. Da die so erregte Luft keinen anderen Ausweg haben kann außer durch die Öffnung und den Eingang der Höhle, verwundert es nicht, dass sie dort einen zusammengepressten, gedrängten und derartig schrecklichen Ton zusammen mit einem heftigen Wind erzeugt. Ich höre, dass man auch in den Schweizer Alpen etwas Ähnliches finden kann, besonders an dem Berg, den man wegen seiner Form „Cucumis“, also Gurke nennt, auf dessen Gipfel man einen tiefen Schlund sieht. Wirft man durch dessen Öffnung ins Innere des Bergs ein kleines Steinchen, erzeugt er so gewaltige Töne, dass es den Umstehenden nicht nur einen Schrecken einjagt, sondern sie

wegen der Heftigkeit des ausströmenden Windes zur Flucht zwingt. Es gibt nämlich im Inneren der Berge eine wunderbare Kraft für die Schallverstärkung. Die gibt es auch in tieferen Gräben, wie uns die Erfahrung lehrt. In Fulda, meiner Heimat, gibt es im Berge der Heiligen Jungfrau [dem Frauenberg] einen Graben, der eine Tiefe von ungefähr 300 Handbreit hat. Ein dort hinein geworfener Stein erzeugt ein solches Geräusch, dass es einem wie die Explosion eines Geschosses im Krieg erscheinen könnte. Dasselbe, erinnere ich mich, habe ich auf dem Berg einer Liparischen Insel beobachtet, so dass ich die Höhle des Olaus Magnus keineswegs für eine fabelhafte Erfindung halte, da ja denen, die in der Welt herumkommen, überall Spuren solcher Klänge entdecken. Doch weil wir uns diese Wunder der Berge für den *Mundus subterraneus* vorbehalten haben, verweisen wir den wissbegierigen Leser dorthin.

<235> Kapitel VI

Der Wunderklang einiger Küstenstriche am Bottnischen Meerbusen

Schreckliche Klänge an der Küste des Bottnischen Meerbusens

Während Olaus Magnus über die höchsten Berge des Bottnischen Meerbusens berichtet, erwähnt er auch einen geheimnisvollen Klang aus den Höhlen an der Küste. Deren Quelle, sagt er, kann sich wegen der Lautstärke niemand nähern. Infolge des Zusammenschlagens der hohen Wellen wird man so erschreckt, dass man allein durch die Furcht fast umkommt, wenn man nicht durch jähen Ruderschlag oder einen starken Wind flüchten kann. Die Füße der besagten Berge haben durch Ein- und Ausgang des Wassers einige gewundene Spalten und Kanäle im Innern durch eine staunenswerte Arbeit der Natur ausgebildet, in denen jener grausige Ton durch den langen Strudel gleichsam einen unterirdischen Klang erzeugt. Einige Leute, die unbedachtsam dessen Ursache erforschen wollten und sich ihm genähert haben, verloren erstaunt ihr Leben, als sich dort ihre Schiffe mit Wasser füllten. Dieser grausige Laut, der über viele Meilen an die Ohren der Schiffer dringt, mahnt sie, die Falle der hinterhältigen Geschwätzigkeit im großen Bogen zu meiden, die man nicht aushalten kann, wenn man näher dran ist. Über einen ähnlichen Berg berichtet auch Vinzenz von Beauvais mit diesen Worten: „Beim Tartaros gibt es einen kleinen Berg, in dem, wie man sagt, eine Spalte ist, aus der sich im Winter so heftige Stürme ergießen, dass dort die Menschen kaum und nur bei Lebensgefahr passieren können.“ Die Ursache dafür ist keine andere als verborgene Kaskaden unterirdischer Wasserströme, wie wir ausführlich in unserer *Mundus subterraneus* zeigen werden. Das wird auch bei der oben erwähnten spanischen Höhle deutlich.

Pausanias berichtet, dass die Küste des Ägäischen Meeres den Klang einer Kithara nachahmt. Das hat sicher keine andere Ursache als die Beschaffenheit unterschiedlicher Aushöhlungen der Küste, die den Ansturm der anbrandenden Wellen aufnehmen, die Geräusche verstärken und den von Ferne lauschenden Menschen einen irgendwie harmonischen Klang darbieten. Denn niemand kann, denke ich, bezweifeln, dass Größe und Kleinheit der Höhlen bei der Erzeugung eines Klangs dasselbe bewirken wie ausgehöhlte Klangkörper, wie etwa die Größe unterschiedlicher Fässer.

So wird auch eine andere Schwierigkeit mit dem geheimnisvollen Klang gelöst, den man in einem Küstenberg des Quatomalensischen Meeres in Neuspanien [Mexiko] wahrnimmt, wenn in der Nähe der Ostwind weht. Davon berichtet Johannes de Laet in seiner Geschichte der neuen Welt. Er sagt, dass der Klang sich so sehr dem Klang unserer Orgeln annähert, so

dass die Einheimischen ihn Chor der Götter [Chorea deorum] nennen. Seine Ursache ist nichts anderes als Kanäle unterschiedlicher Größe im Berg. In ihnen schlägt die durch die Gewalt des Meeres in die Höhlen hineingedrängte und komprimierte Luft so an den Öffnungen der Kanäle an, dass das gleiche geschieht wie bei Zinken, Pfeifen und Körpern, die, wenn sie dem Wind ausgesetzt sind, verschiedentlich bewegt und angeblasene werden.

Hier wollen wir noch anfügen, was Clemens von Alexandrien Wunderbares über einige Berge in Britannien und Persien erzählt. Er beschreibt es im sechsten Buch seiner *Stromateis* mit folgenden Worten: „Andere, die auch Geschichte geschrieben haben, behaupten, dass es auf einer britischen Insel eine in einen Berg eingelassene Höhle gäbe, die an ihrer Spitze einen Schlund habe. Wenn der Wind in die Höhle blase und in der Rundung einer Aushöhlung anschlage, höre man den Klang einer Zimbel, die häufig angeschlagen werde. Wenn in den Wäldern Blätter durch dauerndes heftiges Blasen des Windes bewegt werden, entsteht häufig auch ein Klang, der dem Gesang von Vögeln ähnelt.

Wunderbare Geschichte von drei Bergen in Persien

Übrigens berichten diejenigen, die persische Geschichten über Orte geschrieben haben, die im Land der drei heiligen Könige [in Magorum regione] bemerkenswert sind, von drei Bergen, die sich in einem weiten Feld hintereinander erheben, von denen der ersten ein Geräusch erzeuge wie das Geschrei von nicht wenigen tausend Menschen, als ob sie in der Luft wären. Wenn man zur Mitte käme, würde man einen noch stärkeren und zugleich deutlicheren Lärm hören; am Ende schließlich höre man einen Päan singen, als ob jemand gesiegt hätte. Die Ursache für solche Geräusche besteht, wie ich glaube, in der Aufgelockertheit [levitas] und den Ausgehöhltheit [concavitas] des Geländes. Deshalb wird der dort einfallende Wind reflektiert und verursacht heftigen Lärm, wenn er sich in demselben Gelände fortpflanzt.“ Wenn es wahr ist, was Clemens über die britannischen Berge sagt, dann kann mit Sicherheit die Ursache für jenen geheimnisvollen Klang nichts anderes sein als die ausgehöhlten und den Berg in unterschiedlicher Größe durchlöchernden Kanäle, durch welche eine solche Disposition entsteht. Eine im Berg eingelassene Höhle leitet den aufgenommenen Wind weiter <236> in die Kanäle, wo er enger zusammengepresst wird, an die Öffnungen anschlägt und so unterschiedliche Töne erzeugt, wie wir das oben von den Bergen des Quatomalensischen Meeres gesagt haben.

Drei unterschiedliche Aspekte hat das Geräusch, das nach Clemens’ Bericht die drei persischen Berge erzeugen. Denn das Geräusch der vorbeiziehenden Heere oder Karawanen, das dort reflektiert und innerhalb der Aushöhlungen der Berge durch unterschiedliche Reflexionen verstärkt wird, wird, da es das Getöse eines vorbeiziehenden Heeres wiedergibt, wenig überraschend als Lärm eines chaotischen Heeres vernommen. Die Reflexion des Lärms vom ersten Berg durch den zweiten ausgehöhlten verdoppelt einmal durch unmittelbare, dann aber auch durch reflektierte Geräusche einer vorbeiziehenden Karawane ausgiebig den Lärm. So ist es kein Wunder, dass man einen vermehrten Tumult hört. Dass der dritte Berg, der etwas weiter entfernt ist, infolge der natürlichen Beschaffenheit des Bodens und der alpinen Aushöhlungen so etwas Ähnliches wie den Päan-Gesang eines Chores wiedergibt, wird sicher auch den nicht wundern, der die vorhergehenden Klangwunder gründlich betrachtet hat.

Corollarium

Naturwunder in einem Hörspiegel oder Auditorium

So wird verständlich, dass ein ungeheuer großer Felsen, der nach innen ausgehöhlt ist, auf 50 Schritte eine leise Stimme wiedergeben kann, was man, wie P. Gaspar Paez S. J. in seiner *Geschichte der Abgründe* beschreibt, in den Bergen Goias finden kann. Es gibt in diesen Bergen einen ungeheuren Felsen, den die Natur mit solchem Fleiß ausgehöhlt hat, dass er denen, die ihn von weitem sehen, wie ein Spiegel erscheint. Ihm gegenüber, sagt der Autor, stehe ein weiterer Fels, auf dessen Spitze alles gehört werden können, was aus beliebiger Entfernung auch noch so leise gesprochen werde. Wenn Leute am besagten Ort schreien, wird der Lärm so verstärkt, dass er als Geräusch eines ganzen Heeres erscheint. Die Opferpriester [sacrificuli] dieses Ortes kennen die geheime Kraft der widerhallenden Natur und verkünden, um sich als Götter zu gebärden, den Menschen, die sich auf dem Gipfel des Berges aufgestellt haben, mit geheimnisvoller Stimme allerlei Ratschläge für die Zukunft. Diejenigen aber, die sich von Gottes Stimme berührt glauben, werden nicht selten in großes Unglück gestürzt, wenn sie sich beeilen, die Befehle unbedacht auszuführen. Wenn dies wahr ist, dann kann dies, wie ich glaube, auf keine andere Weise geschehen als durch ein phonokamptisches Objekt, dem von der Natur eine parabolische Gestalt gegeben wurde. Dort fließen alle Erscheinungen des Schalls in der Umgebung in einem Punkt zusammen, der auf den aufragenden Felsen ausgerichtet ist. So lassen sich viele von Historikern überlieferte Dinge auflösen, die von den meisten gewöhnlich für Märchen und Aberglaube gehalten werden.

Herbersteins Bericht in der Ruthenischen Geschichte

Siegmund von Herberstein erzählt, dass es in der Provinz Candora, einem Land im äußersten Norden, einen Fluss gebe, den wegen der ständigen Erscheinung von Bildern und der Stimmen von Mensch und Tier, die gewöhnlich dort am gegenüberliegenden Ufer zu hören sind, niemand bisher überquert habe. Er sagt auch, dass besonders im Sommer kaum ein Tag oder eine Woche vergehe, an dem nicht solche geheimnisvollen Stimmen zu hören sind. Ich glaube mit Sicherheit, dass diese Wunderzeichen nichts anderes sind als echte Stimmen von Mensch und Tier, die auf den Feldern diesseits des Flusses entstehen und durch die ausgehöhlten Spiegel der jenseitigen Felsen reflektiert werden. Sie erfüllen die einfachen und unkundigen Menschen, die sich am Ufer aufgestellt haben, mit unbegründeter Furcht und panischem Schrecken, da Menschen nichts leichter übertölpeln kann als die spielerische Geschwätzigkeit einer solchen Natur.

Ein außerordentlicher Fall

Gerolamo Cardano berichtet im achtzehnten Buch seines *De subtilitate* über eine ähnliche Täuschung, die einem Vertrauten passierte. „Als ein Freund von mir“, sagt er, „an einem Fluss entlangging und keine Furt fand, begann er zu rufen: ‚Oh?‘ Ihm antwortete ein verborgenes Echo: ‚Oh?‘ Er hielt es für einen Menschen und fragte italienisch: ‚Onde devo passar?‘ ‚Passa‘, lautete die Antwort. Er darauf: ‚qui?‘ Antwort: ‚qui‘. Doch gerade dort lärmte laut in einem tiefen Schlund das Wasser, deshalb fragte er erschrocken noch einmal: ‚Devo passar qui?‘ Das Echo antwortete: ‚passa qui?‘ Mehrmals fragte er dasselbe und erhielt immer dieselbe Antwort. Als meine Freund zwischen Furcht und der Notwendigkeit zu schwimmen schwankte und auch schon die Nacht dunkel und kühl bevorstand, glaubte er, ein Dämon wolle ihn überreden, dass er sich kopfüber in den reißenden Fluss stürze.“ Nach seiner Rück-

kehr erzählte er die Sache Cardano, der ihm beweis, dass dies Ereignis nicht durch den Hinterhalt eines Dämons und auch nicht durch die Täuschung seiner Fantasie, sondern durch das Spiel einer scherzenden Natur bewirkt wurde. Ein Wunder einer solchen Natur erlebt man auch in den Ruinen des Palastes des Dionysios in Syrakus, wo in einem Raum die Natur Klänge so genau reflektiert, dass ich mich nicht erinnern kann, etwas Wunderbareres in ähnlicher Form je gehört zu haben. Vieles wäre an dieser Stelle noch zu sagen über die geheimnisvolle Reflexion von Stimmen und Klängen, doch da wir all dies der Behandlung im Folgenden vorbehalten haben, beenden wir hiermit die Teratologie und wenden uns der „Echosophie“ zu, also der Lehre vom Echo.

<237> Teil IV

Magie der Phonokamptik

oder: Die Reflexion von Schall, bewunderungswürdige Werke und Effekte

Vorrede

Was ist ein Echo?

Das Echo ist ein Scherz der übermütigen Natur [ludibundae naturae iocus]*. Dichter nennen es eine Stimmerscheinung* [imago vocis]*, nach dem berühmten Vers von Vergil* [*Georgica* 4.50]*:* „Felsen klingen und an verschiedene schlägt die Stimme an und es entsteht eine Erscheinung der Stimme.“ [Saxa sonant, variisque offensa resultat imago.] *Von Philosophen wird das Echo reflektierte, widerhallende oder zurückfließende Stimme* [reflexa, repercussa, reciproca vox] *genannt, von den Hebräern bat col, Tochter der Stimme. Seine Natur ist so geheimnisvoll, dass sie bis heute verborgen liegt und es keinen gibt, der es erklärt hätte. Zwar ist bekannt und fast schon Allgemeinwissen, dass es die Reflexion einer Stimme ist, aber auf welche Weise, woraus, mit welcher Ausbreitung, Geschwindigkeit und über welche Entfernungen es entsteht, das ist so unbekannt wie kaum etwas anderes. Offensichtlich kann die Anhäufung von Schwierigkeiten, die einem begegnen, überhaupt nicht abgetragen werden außer von einem, der ausgerüstet mit größter Erfahrung und einzigartigem Fleiß diese Nymphe einfängt, die mit wunderbarer Geschicklichkeit flieht und entschlüpft, was aber bisher noch keinem gelungen ist.*

Beschreibung der Natur des Echos

Ich jedoch habe im Verlangen, ihr nachzuspüren, verborgene Schlupfwinkel in den Wäldern, abgelegene Orte in Hainen und Bergen, unwirtliche Flächen in Tälern, Einöden, Feldern und Sümpfen durchforscht und nichts unversucht gelassen, um ihrer verborgenen Natur habhaft zu werden. Doch wenn ich ihr nachstelle, entflieht sie; wenn ich ihr davoneile, folgt sie mir. Spreche ich sie schmeichlerisch an, verspottet sie mich schmeichelnd, rufe ich sie laut, wie wenn die Begleiter durch lautes Rufen herbeigeholt die Stimmen verdoppelt werden, bleibt sie unerbittlich. Manchmal flieht sie, unwillig die Antwort verweigernd. Manchmal gibt sie auf ein einziges Wort in ganz ungewöhnlicher Geschwätzigkeit zehn andere zurück. Als ich von ihrem Wankelmut und dieser Unbeständigkeit wieder und wieder verspottet wurde, mit was für Gesang, mit allen möglichen Musikinstrumenten versuchte ich nicht, die flüchtige Göttin zum Stillstehen zu bringen und sie mit Reden, die einmal ernsthaft, dann auch schmeichelnd abgefasst waren, mit allen Mitteln sie zu besänftigen. Aber genauso wie sie die Einsamkeit der Wälder gewohnt ist, ist sie auch unwillig, sich zähmen zu lassen und entwich mit Leichtigkeit allen meinen Versuchen. Endlich nahm ich mir die Geometria anacamptica [die Geometrie der Reflexionen] *zum Gefährten, näherte mich ihr wild entschlossen von Neuem, und durch den Scharfsinn* [der Geometrie] *kam es endlich dazu, dass sie sich stellte und meine Wünsche voll und ganz erfüllte.*

Mit Hilfe der Geometrie muss die Natur des Echos erforscht werden.

Was mir hinsichtlich des Echos auf meinen Ausflügen an verschiedenste Orte aufgefallen ist, das, so scheint mir, sollte ich dem wissbegierigen Leser in dieser Abhandlung mitteilen, damit er den unermesslichen Schatz der Klänge deutlicher erkennen kann. Gut scheint mir auch in dieser dreigeteilten Abhandlung eine Kostprobe von diesen wahrlich wunderbaren Dingen zu geben. Zuerst stellen wir neue Verfahren und Regeln der Kunst der Phonokamptik vor, zweitens erschließen wir die phonokamptische Architektur oder Echometrie aus den tiefsten Geheimnissen der Natur. Drittens führen wir die Echotektonik oder den Bau von akustischen Instrumenten, den wir phonokamptische Katoptrik nennen. Auf vielfältige Weise und mit sicher beachtenswerten Erfindungen werden wir beweisen, dass nichts in jener geheimnisvollen Magie der Katoptrik enthalten ist, was nicht auch die Phonokamptik darstellen könnte

Giuseppe Biancani schrieb als erster über Echometrie

Auch wenn unser Giuseppe Biancani meines Wissens der erste war, der über Echometrie geschrieben hat[6] (dabei hat er sich sicher ein großes Lob bei den Nachkommen verdient) und wir auf seinen Spuren wandeln wollen, befriedigt uns keineswegs das, was er uns überliefert hat. Unser Mut steht nach Höherem, wir lassen immer wieder neue Quellen unterschiedlicher Erfindungen sprudeln und versuchen, in der Echometrie das Niveau zu erreichen, das eine derart verborgene Wissenschaft, die nur so wenigen bekannt ist, offenkundig wie nach eigenem Recht fordert.

Was wird der Autor leisten?

Ich habe keinen Zweifel, dass Könige und Fürsten, die hierdurch angezogen werden, in Zukunft die magischen Bauten der Alten für die Darbietung beliebiger Klänge mit allem Eifer wiedererrichten werden. Doch lassen wir ab von aller Umschweife der Worte und wenden uns der Sache selbst zu. Um in unserer Echosophie gründlich vorangehen zu können, halten wir es für richtig, zunächst Definitionen, Axiome und Postulate vorauszuschicken, wie man es in der Geometrie gewohnt ist, um die Regeln der Kunst zu befolgen und überall methodisch korrekt vorzugehen.

<238> Definitionen

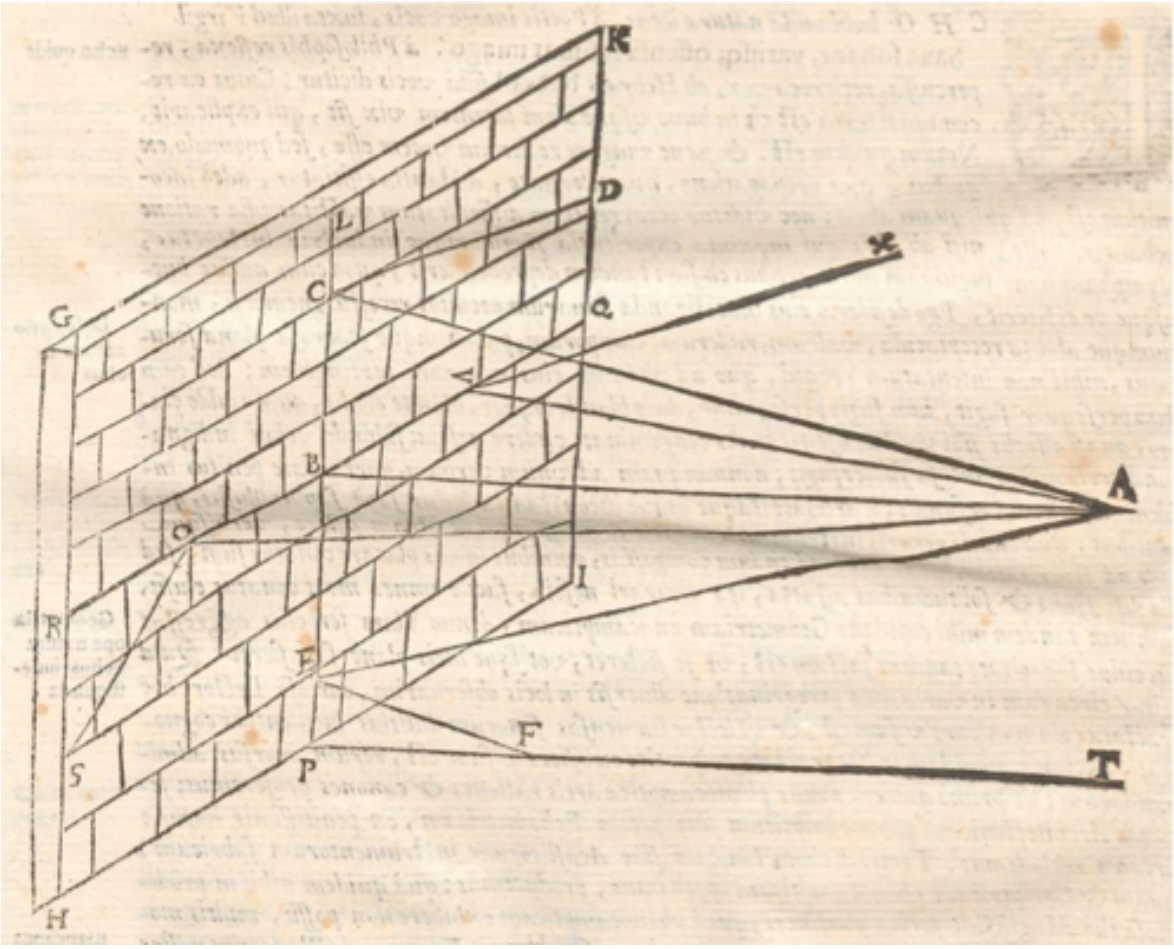
1) Die Magie oder die Kunst der Phonokamptik ist *die noch verborgene Wissenschaft der Klänge, in welcher wir durch die Kraft einer reflektierten und vervielfachten Stimme erstaunliche und in ihren Ursachen noch unbekannte Effekte aufzeigen.*

2) Phonokamptik ist nichts anderes als die *Reflexion eines Tons* [reflexio vocis], die die Griechen und nachher auch andere „Echo“ nannten.

3) Schallzentrum [centrum phonicum] wird der *Punkt genannt, von aus die Linien des Schalls ihren Anfang nehmen* wie in der Abbildung unten der Punkt A.

[6] *Echometria, id est Geometrica traditio de Echo*, Bologna 1620.

4) Extrempunkt [punctum extremum] ist der *äußerste Punkt auf der phonokamptischen Linie, an dem eine Reflexion noch die Ohren erreicht* wie hier die Zentren B O V C E.



5) Phonokamptisches Objekt [Obiectum phonocampticum] nennt man jedes Hindernis, das den Schall reflektiert wie die Wand G K H L.

6) Phonokamptisches Medium [Medium phonocampticum] nennen wir jenes Medium, durch das sich Schall ausbreitet.

7) Klanglinie, schallende oder klingende Linie [linea phonica sive sonora aut vocalis] ist die, auf der der Schall verläuft und zurückkehrt wie in der Abbildung die Linie A B. Davon gibt es mehrere wie folgt.

8) Eine orthophone Linie oder eine gerade Klanglinie ist diejenige, auf welcher der Schall dorthin zurückkehrt, von wo er hergekommen ist. Solcherart sind alle Linien, auf denen der Schall in senkrecht [normaliter] von einer Mauer zu einem klingenden Körper reflektiert wird. In der Abbildung stellt die Linie AB eine solche dar. Sie entspricht dem Normalenstrahl eines Lichtes [radius normalis lucis].

9) Eine loxophone Linien man eine Klanglinie, die schräg auf die gegenüberliegende Mauer fällt und in demselben Winkel reflektiert wird, wie in der Abbildung die Linien OS und CD. Die gibt es in vier Varianten: <239> einmal wird von unten aus in die Höhe reflektiert wie CD von C ausgehend, die heißt anophon, d.h. nach oben schallend. Oder sie ist catophon, d.h. nach unten schallend, von oben nach unten reflektierend wie EF von AE aus. Drittens nach rechts reflektiert wie VX oder nach links wie OS.

Klangdreieck [Triangulum phonicum] wird das genannt, das orthophone und loxophone Linie gemeinsam mit dem Abstand des Reflexionszentrums vom Normalenpunkt bilden. Das sind ABC oder ABE.

10) Aktionslinie [Actionis linea] heißt die gesamte Länge der Klanglinie, innerhalb deren Schall wahrnehmbar ist.

11) Phonoptotischer Winkel oder Einfallswinkel ist der, den die Klanglinie mit dem phonokamptischen Objekt bildet, wie der Winkel ABC oder die Winkel AOB; AVB; AEB,

12) Phonokamptischer Winkel heißt der, den die Linie des reflektierten Schalls mit dem phonokamptischen Objekt bildet wie die Winkel LCD, SOR, PEF, XVQ.

13) Winkel der Schallstreuung [confusionis soni] ist der Winkel, der aus zwei konischen oder zylindrische Phonismen gebildet wird, die sich schneiden.

14) Polyphonismus ist die Vervielfachung des Schalls, der in einem konkaven Körper mehrfach reflektiert wird, wie Phonismus nicht anderes ist als der Vorgang, bei dem sich der Schall sphärisch, konisch oder zylindrisch zerstreut.

15)		parabolisch		parabolische	
16)	Ein phonokamptisches Objekt, das	hyperbolisch	ist, ist von einem konkaven Körper die	hyperbolische	Oberfläche
17)		elliptisch		elliptische	

18) Akustische Hilfsmittel [Organa Acustica] sind Instrumente, die, an die Ohren angepasst, große Kraft dazu besitzen, Schall zu verstärken.

19) Phonoklastischer Körper wird der genannt, in dem der Schall gedämpft wird, Phonoclasis ist also die Brechung des Schalls.

Axiome und Hypothesen

1) Jeder phonoptotische Winkel ist gleich dem phonokamptischen Winkel oder, was dasselbe ist, jeder Einfallswinkel ist gleich dem Reflexionswinkel.

2) Jedes Phon- oder Schallzentrum strahlt mit geraden Linien kreisförmig aus.

3) Die Natur erreicht im Schall nur auf den kürzesten Strecken ihr Ziel.

4) Man kann immer nur das hören, was eine Schalllinie erreichen kann.

5) Ein Schall der durch vielfältige Reflexion an einem Punkt hin- und herläuft [in unum radiante]*, verstärkt sich deutlich.*

6) Schall reflektiert entweder auf sich selbst oder auf einen gegenüber liegenden Teil.

7) Schall erreicht umso langsamer die Ohren, je weiter entfernt das anakamptische Objekt ist und umso schneller, je näher es ist.

8) Der Schall wird gemessen anhand der Aktivität der Schalllinie.

Postulate und Vorgaben

1) Gegeben ist in einem phonokamptischen Objekt irgendein Punkt, an dem eine Reflexion geschieht. Wie bestimmt man die reflektierte Linie?

2) Von welchem Punkt im Objekt kann zu einem beliebigen Punkt eine Reflexion ausgelöst werden?

Physiologische Vorspiele über die Natur des Echos oder die Schallreflexion

Vorspiel I

Schall äfft das Licht nach

Was ist Schall?

Wie im ersten Buch gezeigt wurde, ist Schall nichts anderes als eine wahrnehmbare Qualität, die mit dem Gehör wahrgenommen werden kann. Aber Schall ist keine Bewegung kollidierender Körper, wie manche meinen. Allerdings folgt der Schall auf die Kollision von zwei Körpern, freilich nicht unvermittelt, <240> sondern vermittelt durch die Brechung der Luft, die dazwischen liegt. Daher haben Körper, die mehr Luft haben und lockerer sind, größere Kraft zum Klingen, weil die Luft in lockeren und luftigen Körpern eher gebrochen wird als in dichteren und solchen ohne Luft.

Für einen Klang ist die Kollision zweier fester Körper nicht immer notwendig.

Daher ist auch für einen Klang nicht immer notwendig, dass zwei feste Körper miteinander kollidieren. Ein Anstoßen von Luft und Wasser ist am besten geeignet, einen Klang hervorzubringen, wie es uns Pfeifen, die Meeresbrandung oder der Donner deutlich lehren. Wenn also infolge der Kollision zweier beliebiger Körper die Luft gebrochen wird, entsteht ein Klang, der vom Punkt der Kollision genauso wie die Gestalt von Farben [colorum species] sich in einer Kugel ausstrahlend ausbreitet. Wie nämlich Farben ihre Gestalten als Stellvertreter eines Objekts strahlenförmig überallhin aussenden, so auch der Schall seine Gestalt. Ferner ist das Medium des Schalls, durch das seine Gestalt zum Hörer getragen wird, nicht das Subjekt des Schalls, sondern zweifellos Luft und Wasser. Hinsichtlich der Luft gibt es keinen Zweifel, hinsichtlich des Wassers verschafft uns die Erfahrung Gewissheit, weil ja Plinius berichtet, dass Fische sich gewöhnlich auf einen bestimmten Ton hin zusammenrotten.

Wasser ist Grundlage [subiectum] des Schalls.

Derselbe berichtet auch, dass Fische, die leise mit Namen gerufen wurden, gewöhnlich erschienen sind, und dass sie sich sehr fürchten, wenn es donnert. Das könnte ja nicht sein, außer sie hören unter Wasser. Auch Taucher waren es gewohnt, unter Wasser lautere Geräusche wahrzunehmen, und das umso leichter, je näher sie der Wasseroberfläche waren. Das ist ein offensichtliches Anzeichen dafür, dass Schall durch die Luft in lockeren Körpern, wie es Wasser, Holz und Mauern sind, zu der Hörfähigkeit dringt.

Ähnlichkeit der Strahlung des direkten
und des reflektierten Schalls in Luft und Wasser

Wasser ist also ein Medium für den Schall, wenn er auch flüssiger und leichter durch Luft als durch Wasser transportiert wird. Wie sich nämlich ein Lichtstrahl zu einem dichten Medium verhält, in dem er gebremst und abgestumpft wird, so wird auch ein Schallstrahl in einem dichten Medium gebremst. Also werden Schallerscheinungen durch die Dichte des Wassers abgeschwächt und abgebremst genauso wie sichtbare Bilder [species sensibiles] in einem dichten Medium. Deshalb hören wir bei Regen und bei Nebel weniger, als wenn die Luft rein ist.

Weshalb in einer mit Teppichen geschmückten Halle der Klang nicht so rein ist

Auch wird in einer mit Teppichen ausgelegten Halle der Schall gedämpft und absorbiert und ist so schwerer wahrnehmbar, als wenn die Wände von Verkleidung frei sind. Daraus kann man auch die Begründung dafür ableiten, weshalb an einem Ort, an dem viele Menschen sind, Musik so matt bleibt, weil sie absorbiert wird und an den gewölbten Konturen [ora concava] des menschlichen Körpers ihre Kraft verliert. In einer Halle, deren Boden mit Wolle oder Streu bedeckt ist, wird Schall so gedämpft, dass man ihn kaum wahrnehmen kann. Mehr darüber im Folgenden.

Schall imitiert das Licht

Dies vorausgeschickt, muss nun gezeigt werden, dass der Schall das Licht nachäfft, das heißt, dass er in fast allen Vorgangsweisen das Licht imitiert. Das tue ich nun. Zunächst muss man wissen, dass der Schall eine Kugel [sphaera] seiner Kraft hervorbringt, wobei er nur innerhalb ihrer wahrgenommen werden kann, außerhalb keinesfalls. Doch diese Kugel kann sich nur bilden durch gerade Linien, die sich von der Schallquelle aus über ein Medium gleichsam wie aus ihrem Zentrum nach allen Seiten ausbreiten. Die Ausstrahlung des Schalls ahmt also sehr genau das Ausströmen des Lichtes nach und bei der Übertragung gibt es keinen anderen Unterschied, als dass das Licht sich in instantaner, der Schall aber in sukzessiver Bewegung durch die Luft ausbreitet.

Dass es sich bei Licht und Schall irgendwie um dieselbe Sache handelt, das scheint auch Vergil anzudeuten, wenn er sagt:

Dann hört man deutlicher ein Feuer. [Tum clarior ignis auditur; Aeneis 2.705f.]

Wie auch im sechsten Buch: Durch den Schatten sah man Hunde bellen. [Visaeque canes latrare per umbram; Aeneis 6.257]

Parallelen und Vergleich des Lichts mit dem Schall

So kann einem nichts vor die Augen kommen, was sich nicht auch analog dem Gehör darbieten könnte. Wie es nämlich dem Licht eigen ist, unterschiedliche Farben der Körper darzubieten nach den unterschiedlichen Richtungen, die die einfallenden oder auch reflektierten Strahlen auf die Oberflächen einschlagen und von da zu den Augen gelangen, so ist es dem Schall eigen, die unterschiedlichen Qualitäten der Körper mit Hilfe der bewegten Luft darzubieten, die auf die Körperoberfläche trifft und aufschlägt, so dass wir in schöner Übereinstimmung sagen können, dass Farben nichts anderes sind als unterschiedliche Aussendungen und Reflexionen von Strahlen in einem Medium, wie auch Schall nichts anderes ist als unterschiedliche Luftbewegungen. Wenn nämlich jemand die feinsten Bewegungen der Luft sehen könnte, wenn irgendein Musikinstrument ertönt, sähe er mit Sicherheit nichts anderes

als ein Bild, das mit ausgezeichneter Vielfalt von Farben schattiert ist, mit der sich die verschiedenen Qualitäten der klingenden Körper den Augen darbieten, wie es bereits gesagt wurde. Außerdem: Wie Licht, abstrakt betrachtet, unsichtbar ist, so auch der Schall: Nichts in dieser Welt können wir sehen außer farbigen Oberflächen, die so weit wie möglich das Sonnenlicht vertreten, und die anderen leuchtenden Körper. Dass Licht unsichtbar ist, zeigen uns zur Genüge die Hohlspiegel, auf denen keinerlei Spuren von Strahlen zurückbleiben, außer an dem Punkt, an dem alle Strahlen zusammenlaufen <241> unter Verwendung eines undurchlässigen, reflektierenden Körpers.

Kein Akzidens ist für sich wahrnehmbar.

Um es genauer auszudrücken, kein Akzidens ist für sich wahrnehmbar, außer durch die Körper, die es tragen, oder durch die Quantität, die ihm Ausdehnung verleiht, ohne die es zu einen Punkt und ins Nichts verschwindet. Wie also das Licht ohne die Luft unsichtbar ist, so auch der Schall, der, wenn die Luft ihn für uns wahrnehmbar macht, uns etliche Qualitäten der Körper aufzeigt, die wir nur mit Hilfe des Schalls erkennen können. Wenn jemand ein wenig tiefer in die Natur des Lichts blicken würde, würde er finden, dass es nichts anderes ist als irgendeine Bewegung zum Beispiel der Luft, die ein Abbild des ersten Bewegers mit sich führt, also des lichtaussendenden Körpers, um es den Augen darzubieten unter dem Namen und der Erscheinung von Farbe oder Licht. So ist auch der Schall nichts anderes als eine Bewegung derselben Luft, die verschiedene Eigenschaften ihrer Ursache mit sich führt, also der Körper, die sie bewegen. Daher bietet sie uns deren Abbild unter dem Namen und der Erscheinung von Schall. Die wahrnehmbare Form zum Beispiel einer klingenden Glocke bietet sich gewissermaßen unter derselben Erscheinung einem Tauben dar, unter der sie sich auch den Ohren eines Blinden nähert. Ja, wie das Licht sich ohne den aktualisierenden Einfluss des Körpers, von dem es ausgeht, nicht erhalten kann, so auch der Schall nicht ohne die Luftbewegung.

Licht gelangt auf dieselbe Art und Weise zu den Augen
wie Schall zu den Ohren.

Lächerlich machen sich all diejenigen, die glauben, Schall könne man in eine Röhre einschließen und über längere Zeit erhalten, wie wir es ausführlicher in unserer *Magia echotectonica* darstellen wollen. Doch lehrt uns die Erfahrung recht gut, dass wir mit größeren Vergnügen beschenkt werden, wenn wir eine Geschichte oder eine lebhafte Beschreibung lesen oder sie von einem ausgezeichneten Redner hören, der sie mit Wort- und Satzfiguren wie mit Farben ausschmückt, als wenn wir dasselbe mit unseren Augen sehen würden.

Wie zudem die Erscheinungen von Objekten auf verborgene Weise das Auge und den Sehnerv veranlassen, mit Hilfe der Hauche ein ähnliches Bild zu erschaffen, so veranlasst die Erscheinung eines klingenden Körpers, die durch die Luft transportiert wird, die eingepflanzte Luft, dem akustischen oder Hörnerv ein Bild den klingenden Körpers darzustellen. Daraus wird untrüglich mit aller Klarheit die ungeheuer große Ähnlichkeit von optischen und akustischen Körpern deutlich in dem, wie sie beim Menschen Sehen und Hören tun und hervorbringen.

Wie schließlich das Licht in einem dichteren Medium gebrochen wird so auch der Schall, wie später noch ausführlich gezeigt wird. Was ist Schall, der von einem sehr porösen und weichen Körper aufgenommen wird, anders als der Schatten des Schalls, der auf ein Hindernis gerichtet wird, damit er sich nicht weiter ausbreiten kann?

Folgerung

Um wie viel ein Ton innerhalb des Wassers tiefer ist als außerhalb

Demnach folgt eine Methode der Bestimmung, um wie viel ein Ton innerhalb von Wasser im Verhältnis zu einem Ton desselben Klangkörpers außerhalb des Wassers tiefer ist und folglich um wie viel Luft dünner ist als Wasser. Durch Experimente ist vor noch nicht allzu langer Zeit von einem bedeutenden Mathematiker herausgefunden worden, dass der Klang einer Glocke, der zum Beispiel außerhalb von Wasser zwei Tonstufen hatte, im Wasser hingegen fünf Stufen hatte, folglich um eine kleine Dezime tiefer war. Die Ursache dafür ist nichts anderes als die Dünnheit und Dichtheit verschiedener Medien. Innerhalb von Wasser leistet das Wasser der Gestalt des klingenden Körpers mehr Widerstand als außerhalb. Aus diesem Widerstand resultiert die langsame Bewegung des Mediums, aus der Langsamkeit folgt dann der tiefere Ton. Wie nämlich das eine Medium sich zum anderen verhält, so verhalten sich auch die Schwingungen in einem Medium zum denen im anderen und wie die Schwingungen zu den Schwingungen verhält sich auch Ton zu Ton. Wenn also die Töne sich wie 5 : 2 verhalten, wie es in dem vorgeschlagenen Beispiel der Fall war, wird auch die Bewegung der Luft zu der Bewegung des Wassers in demselben Verhältnis stehen. Daher verhält sich die Porosität der Luft zu der Dichte des Wassers wie 125 : 8 [$5^3 : 2^3$].

Der Phonismus ähnelt dem Photismus.

Man sieht also, dass Phonismus und Photismus hinsichtlich ihrer Vorgänge ganz parallel verlaufen, mit Ausnahme der Fortbewegung, die bei der Ausbreitung von Licht instantan, bei der des Schalls sukzessiv ist. Auch kann sich Schall nicht nur in geraden Linien ausbreiten, sondern auch in Krümmungen, was offensichtlich wird, wenn er durch Kanäle und Röhren oder ähnliche Schallwege geleitet wird, in denen er nicht nur gut transportiert, sondern meist auch noch verstärkt und gekräftigt wird, ja sich sogar noch weiter ausbreitet als in freier Luft, wie später in verschiedenen Experimenten beweisen werden wird.

<242> Vorspiel II

Das Objekt der Phonokamptik

Die geheimnisvolle Kraft des Echos

Ein phonokamptische Objekt sind nicht nur Mauern, Felsen, Wände oder ähnliche harte und feste Körper, sondern auch die Erde, Bäume, Blätter, Holz, einfache Erde, auch wenn sie porös ist, und dann vor allem Wasser und alle Flüssigkeiten, die sich dafür eignen, Stimmen und Klänge zu reflektieren. Diese Sache machte mich auf wunderbare Weise mehr als einmal ganz verdattert, als ich nicht nur einmal mitten auf dem Feld, das zwischen Rom und Tusculum liegt, wo es keine Mauer und keine Bäume gibt, sondern nur Gestrüpp, unwirtliche Felsen und Ackerfurchen, dennoch mit größter Bewunderung ein Echo hören konnte. So können also selbst die kleinsten Gegenstände eine solche Wirkung auslösen. Dass das Gebüsch

und die besagten Ackerfurchen das Echo verursacht hatten, stand mir deswegen fest, weil ich zu anderer Zeit, als ich den genannten Ort wieder beging und die Furchen eingeebnet, die Büsche ausgerissen waren, kein Echo mehr hören konnte.

Viele Echos, die einst sehr berühmt waren, sind in unsere Zeit verschwunden, weil entweder Mauern eingerissen oder andere anakamptische Objekte verändert und ausgetauscht worden sind. Jean-Jacques Boissard berichtet in seiner *Topographia Romae*,[7] dass es am Grabmal der Caecilia Metella, das heute Capo di Bove heißt und am Prätorianerlager liegt, das einst sicher berühmteste Echo gegeben habe. Obwohl ich es mit einzigartigem Bemühen gesucht habe, konnte ich es nicht mehr finden. Ich habe aber den Text von Boissard beigefügt, damit der Leser erkennen kann, was man über seine Verhältnisse wissen muss. So heißt es in der *Topographia Romae*:

„Das Grabmal der Meteller hat eine runde Form, die aus quadratischen weißen Marmorblöcken wie ein gewaltiger Turm erbaut ist. Es ist innen gewölbt und der obere Teil ist offen. Seine Mauern sind ungefähr 24 Fuß stark und mit einem Winkel ist ein Balkon angebracht. An seinem Rund sind Köpfe von Rindern aus Marmor gemeißelt, die von Haut und Fleisch befreit sind, wie es gewöhnlich bei Opferungen üblich war. Sie sind mit Bändern verbunden und mit Girlanden umwickelt, an denen eine Menge von Früchten, Blumen und Blättern angebracht ist, die man landläufig ‚Festones' nennt. In den Zwischenräumen sind Opferschalen aufgestellt. Es sind ungefähr zweihundert Rinderköpfe, deshalb heißt das ‚Capo di bove'. Kenner der Antike wollen wissen, dass eine doppelte Hekatombe [zweimal Hundert] *von Rindern beim feierlichen Begräbnis der Caecilia Metella geopfert worden ist, deren Namen man vorne auf dem Grabmal auf einer großen Tafel aus Marmor gegenüber dem Tor der Prätorianerburg lesen kann: Caeciliae Q[uinti]. [C]retici F[iliae], [uxori] Metelli Crassi* [für Caecilia, Tochter des Quintus Creticus und Frau des Metellus Crassus]. *Wenn jemand am Fuß des Hügels, auf dem der Turm erbaut ist, einen ganzen Vers aus einem Epos vorträgt, wirft ein wunderbares Echo denselben Vers zurück und spricht ihn mehrmals deutlich aus. Ich habe gehört, dass der berühmte erste Vers aus Vergils Aeneis deutlich und unversehrt achtmal wiederholt wurde und später noch einige Male durcheinander. Nirgends sonst kann man unter den Völkern ein solches Echo hören: Das, sagt man, ist durch ein so bedeutendes Kunstwerk erzeugt worden, damit bei dem feierlichen Begräbnis der Cäcilia das Weinen der Trauernden, ihr Rufen und das Wehklagen bei der Bestattung ins Unermessliche vervielfacht werde, während jene doppelte Hekatombe geopfert und die Begräbnisspiele dargeboten wurden."* Soweit Boissard.

Wohl von dem Wunsch nach dieser Besonderheit überkommen, erforschte ich dieses Echo mit großem Bemühen zwei- oder dreimal, doch vergeblich. Dieses Echo zu finden gelang niemals, auch nicht irgendeinem anderen wissbegierigen Menschen hier in Rom. Dass die Lage dieses Ortes für ein Echo nicht eben günstig ist, sieht leicht, wer unsere folgenden phonischen Vorübungen gründlich erforscht. Daher weiß ich nicht, wie der Autor das so kühn hat behaupten können. Ist vielleicht das Verhältnis des Ortes verändert? Wurde ein gegenüberstehendes Gebäude abgerissen? Obwohl ich dies mit großer Anstrengung untersucht habe, habe ich nichts gefunden, was in den hundert Jahren zerstört geworden wäre, seitdem der Autor bezeugt hat, selbst das Echo gehört zu haben. Daher müssen wir die Sache anderen,

[7] Jean-Jacques Boissard (* um 1528 in Besançon; † 30. Oktober 1602 in Metz) schrieb *Romanae Urbis Topographiae et Antiquitatum* (6 Bde.), Frankfurt 1597–1602.

wissbegierigeren zur weiteren Untersuchung überlassen. Ich bin mit Sicherheit einige Male ganz um die Mauern herumgegangen und habe geforscht, aber ich konnte nichts von dem finden, was der besagte Boissard beschrieben hat, ich schwöre es.

Warum es kein Echo in abgedeckten Brunnen gibt:
Echo im Vatikanpalast

Dass Wasser ein anakamptisches Objekt sein kann, lehrt uns die Erfahrung, da fast alle Brunnen ein sehr deutliches Echo erzeugen, wie es der Brunnen im Hof des Vatikanpalastes bestätigt. Er wirft selbst die leisesten Stimmen von Menschen so klar zurück, dass man schwören könnte, in ihm würden sich Menschen verbergen. Allerdings wirft der Brunnen umso deutlicher alles zurück, je mehr er mit frischer Luft ausgestattet ist. Wird er nämlich mit einem Dach oder einem Laken abgedeckt, gibt er nichts wieder. Die Ursache dafür ist <243> nichts anderes als eine doppelte Reflexion, von denen eine von der Wölbung aus nach unten gerichtet ist, die andere vom Wasser aus nach oben. So müssen die Reflexionen durcheinandergehen und können nichts klar und deutlich wiedergeben. Da zudem das Wasser eine spiegelglatte Oberfläche hat, die sich bestens für die Reflexion eignet, ist es kein Wunder, dass es eher ein Echo gibt an der Oberfläche von Seen, Teichen, Flüssen und Meeren, als wenn man sich anderswo aufhält.

Warum Brunnen so reflektieren

Brunnen verdeutlichen dies vor allen anderen, die, wenn sie sehr voll von Wasser sind, einen zehnfachen Widerhall mehr haben als die ohne Wasser, zumal wenn die Oberfläche gewölbt ist und sich der Kugelform annähert. Wir schließen also, dass jedes Feste und Flüssige ein anakamptisches Objekt sein kann. Sie tragen den Schall umso reger davon, je glatter sie sind, genauso wie ein sehr reiner Spiegel [speculum tersissimum] Licht oder Figuren besser zeigt als ein weniger reiner und glatter.

Wasser eignet sich besonders für Reflexion.

Zweitens folgern wir, dass Wasser sehr reflexionsfähig ist wegen seiner spiegelartigen Oberfläche.

Woher kommt das Brummen im Wald?

Drittens folgern wir, dass alle anderen Objekte, die rau und weich sind, auch reflektieren können, aber schwächer und ungeordnet wie bei den grasbewachsenen Hängen der Berge und wie in Wäldern, die sich eines großen Bestands an gewaltigen Bäumen erfreuen. Da gibt es keine klare Reflexion, sondern infolge unterschiedlicher und vielfältiger Reflexion von Baum zu Baum bleibt nichts mehr außer einem gewaltigen Geräusch wie ein ungeordnetes Brummen und Klingeln, das dem ähnlich ist, welches man gewöhnlich in Brunnen hört. All dem werden wir im Folgenden ausführlicher nachgehen.

Vorspiel III

Das phonokamptische Medium oder die Wirkungslinie [linea actionis]

Zwei Aspekte des schallreflektierenden Mediums: physikalisch und mathematisch

Hier muss das Medium in zweierlei Hinsicht betrachtet werden: als physikalisches und als mathematisches. Das physikalisch Medium ist jener lufterfüllte Raum, durch den sich der Schall ausbreitet, und er ist von unterschiedlicher Qualität und Beschaffenheit. Das mathematische Medium ist die Größe oder Kleinheit des Abstands der Ausbreitung des Schalls, der seine Dauer misst. Beide wollen wir kurz in diesem Vorspiel behandeln und den Anfang mit dem mathematischen Aspekt des Mediums machen.

§ 1

Die Wirkungslinie des Schalls

Die Wirkungslinie, was das ist und wie vielfältig sie ist

Wirkungslinie oder Schallstrahl nennen wir die, die den Verlauf der Ausbreitung von Strahlen oder Schall begrenzt. Es gibt sie zweifach: einfach und vermischt. Die einfache oder direkte Verlaufslinie ist die, an welcher die Ausbreitung des Schalls endet, man spricht auch vom Radius des kugelförmigen Schallverlaufs. Die gemischte Linie wird aus dem Einfall und der Reflexion des Schalls gebildet, die wir deshalb auch die direkt-reflektierte nennen, auch wenn Biancani sie der direkten oder einfachen gleichsetzt. Streng genommen muss sie dennoch notwendig kleiner sein. Es ist doch wohl sicher, dass Schall, der an eine Mauer prallt, dort gleichsam gebrochen wird und dabei etwas an seiner Stärke einbüßt, schwächer zurückkehrt als der auf der direkten Linie, von dem man weiß, dass er sich, wenn ihn kein Hindernis hemmt, kraftvoll und einförmig zerstreut ausbreitet, was wir ausführlich in der *Ars lucis et umbræ* bewiesen. Um wie viel diese gemischte Wirkungslinie kleiner ist als die einfache, kann nur schwer festgelegt werden. Ich halte jedenfalls den Unterschied für so klein, dass er eher aus Vernunftgründen als aus Wahrnehmung festzustellen ist. Ohne Bedenken kann man ihn also physikalisch der direkten Linie gleichsetzen und so machen wir es hier und haben es auch in der *Ars lucis et umbræ* auf Seite 576 gemacht. Denn der Schall, welcher im benachbarten Medium eine Zeitlang verstärkt wird, kann wiederherstellen, was durch den Anprall verloren gegangen ist.

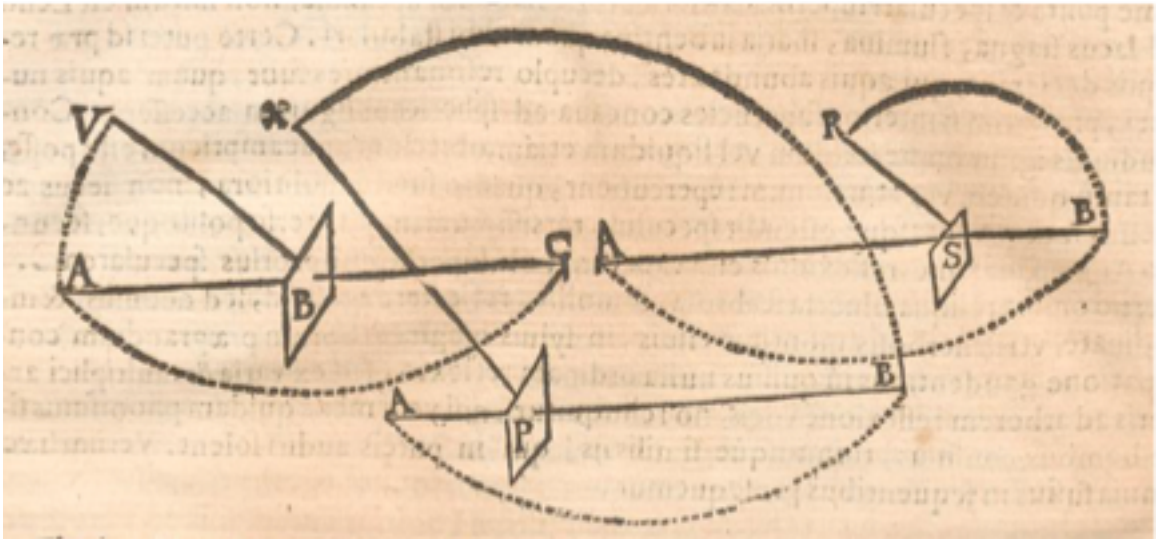
Man kann diese Linie jedoch in Hinblick auf drei Fälle betrachten.

Erster Fall

Die reflektierte Linie ist gleich der einfallenden Linie. Dann nimmt das phonokamptische Hindernis notwendig die Mitte der Verlaufslinie ein. So soll im ersten Fall die Wirkungslinie AC sein, der anakamptische Widerstand in B, im Mittelpunkt der Linie. Der Radius AB von der Reflexion von B nach V wird so groß sein wie AB oder wie BC, der Hälfte der ganzen Wirkungslinie AC.

<244> Zweiter Fall

Wenn aber die reflektierte Schalllinie länger ist als die einfallende Linie, dann wird das phonokamptische Hindernis jenseits der Mitte hingesetzt wie in S. Die reflektierte Linie SR wird so groß sein wie SB, der Rest der ganzen direkten Schallinie AB, wie es die Darstellung für den zweiten Fall zeigt.



Dritter Fall

Wenn aber die Linie des reflektierten Schalls um die Hälfte größer ist als die gesamte Linie, dann muss das phonokamptische Hindernis diesseits der Mitte der Wirkungslinie aufgestellt werden wie bei P. Die Linie der Schallreflexion PX wird dann so groß sein wie PB, der Rest der ganzen direkten Linie AB. Daraus wird klar und deutlich, dass die Linien des geraden [orthophon] wie auch die des schrägen Schallverlaufs [linea loxophona] zusammen mit der reflektierten Linie der direkten Schallverlaufslinie gleich sind.

§ 2

Die Geschwindigkeit, mit der Schall durch ein Medium verläuft oder die Größe der Schalldistanz

Große Schwierigkeit bei der Ausmessung der Echodistanz

Nichts fand ich so zweifelhaft und verwirrend wie die Unsicherheit und Ungereimtheit bei der Bestimmung des Zwischenraums des Echos. Biancani legt 24 geometrische Schritte für die kleinste Distanz fest, das ist also jene kleinste Distanz, die eine Silbe deutlich unterscheidbar nach der ersten an die Ohren derjenigen dringen lässt, die rufen. Mersenne setzt dafür 69 Fuß an. Ich habe mir sehr genau die Versuche aller angesehen und immer Unterschiede gefunden, so dass ich schließlich darüber verzweifle, dass meiner Meinung nach bei dieser Materie kaum etwas Genaues festgelegt werden kann.

Überprüfung mit jeder Art von Instrument

Denn als ich eine Prüfung unternommen habe mit der Stimme, mit einer Trompete und einem Klatschen von ein und derselben Stelle aus, habe ich herausgefunden, dass, je lauter ein Schall ist, er umso schneller reflektiert wird, so dass der Schall einer Trompete eine Stimme, die die Silben unterscheidbar ausspricht, undeutlich macht, der Schall eines Klatschens sie

aber so absorbiert, dass man kaum etwas deutlich hören konnte. Deswegen wundere ich mich ungemein, wie es dem guten Mersenne einfallen konnte zu behaupten, dass der Schall, der von ein und derselben Stelle ausgeht, immer gleich schnell sei.

Die Erscheinungsformen des Schalls
werden durch die Wellenbewegungen der Luft begrenzt.

Wenn nämlich die Gestalten des Schalls intentional wären, dann könnte man ohne Zweifel, wie es bei den sichtbaren Erscheinungen deutlich ist, etwas schließen bezüglich jener Gleichheit der Geschwindigkeit. Doch da die Gestalten des Schalls meist nicht intentional, sondern real sind und durch die Wellenbewegungen der Luft wie auf einem Fahrzeug transportiert werden, wird sich der Schall mit Sicherheit je nach Heftigkeit der erregten Luft immer schneller und schneller fortbewegen. Genauso wie ein Ball, je fester der Aufprall ist, mit dem auf eine Mauer trifft, desto schneller zurückspringt und folglich auch umso weiter. Auf gleiche Weise verhält sich auch die Bewegung des Schalls, nur das und nichts anderes lehrt uns die sinnlich wahrnehmbare Erfahrung. Das ist so richtig, dass selbst Mersenne es in seiner französischen *Harmonia universalis* im dritten Buch auf Seite 214 zugeben muss. Dort sagt er, er habe im Tal derer von Montmorency bei dem Haus von Orinessonia ein Echo wahrgenommen, das bei Nacht vierzehn Silben zurückgeworfen habe, bei Tag aber nur sieben, das heißt die Hälfte davon.

Warum man nachts ein Echo
vollkommener wahrnimmt als am Tage

Die Ursache dafür ist keine andere als die große Ruhe und die ungestörte Beständigkeit der nächtlichen Luft. Am Tage wird die Luft durch unzählige Bewegungen verteilt und auseinandergerissen, folglich wird auch der Schall, der wie durch mannigfaltige Widerstände behindert wird, weniger schnell eintreffen. <245> Wenn es solche Widerstände nicht gibt, und der Schall sich in einer bestimmten Distanz immer isochron, also gleich schnell bewegen würde, dann kann nicht erkennen, weshalb am Tage das Echo nicht ebenso viele Silben zurückwirft wie bei Nacht. Dass es am Tage nur sieben Silben zurückwarf, nachts aber vierzehn, ist ein sicheres Zeichen dafür, dass der Schall sich am Tage langsamer bewegt aus dem eben genannten Grund und demnach die letzten sieben Silben in dem aufgeregten und von vielerlei Bewegungen aufgestörten Medium erschlaffen und dann allmählich absterben.

Die Fehleranfälligkeit des zeitmessenden Instrumentes
durch die Schwingung von Saiten

Wenn einer am gleichen Ort ein Klatschgeräusch in die Luft geschickt hätte, dann dürfte es mit Sicherheit keinen Zweifel geben, dass dies auch am Tage alle Silben wiederholt hätte. Die zeitliche Gleichheit der Schwingungen auf dem zeitmessenden Instrument spricht keineswegs für dieses Experiment oder die gleich lange Dauer der Bewegung zweier verschiedenartiger Kugeln, die aus großer Höhe auf die Erde fallen. Wenn diese Experimente in einem großen Raum stattfinden, sind sie meist verdächtig und stecken voller Täuschungen. Alleine ein Versuch in 500 Fuß Höhe wird zeigen, dass sie nach einer Kollision in einem ungleichen Zeitraum zur Erde fallen. Doch darüber anderswo.

Da es also eine schwierige Aufgabe ist, sichere Messdaten anzugeben, und ich zudem die Erfahrung mache, dass die Experimente verschiedener Leute große Unterschiede ergeben, wollte auch ich bei dieser Aufgabe nicht untätig sein. Wenn ich nämlich die Experimente, die

andere gemacht haben, auf den Prüfstand stelle, dann beginne ich mit Experimenten aller Art bei einem einsilbigen Echo.

Ein einsilbiges Echo bewältigt eine Entfernung von 110 Fuß.

Mit Stimme, Trompete und Klatschen habe ich die Probe in dieser ganzen Angelegenheit gemacht und gefunden, dass ein Einsilbler innerhalb von 20 Fuß keinerlei Veränderung erfährt. Die Distanz für ein einsilbiges Echo, fand ich heraus, beträgt ungefähr 110 Fuß, das eine Ausdehnung, wie gesagt, in der Breite von 20 Fuß hat, in welchem Abstand es immer dieselbe Silbe wiederholt. Das Echo einer Trompete gibt mit einem Abstand 90 und 110 Fuß den ersten Ton deutlich unterscheidbaren Ton wider. Das Echo des Klatschgeräuschs vermischt sich bei dieser Distanz ein wenig mit dem ersten Ton. In einem Raum von 400 und 900 Fuß wiederholt das Echo einen Siebensilbler wie zum Beispiel *Arma virumque cano* [der Beginn der *Aeneis*] vollkommen und deutlich, und zwar in der Zeit, in der einer so schnell wie möglich das *Ave Maria* aufsagt bis einschließlich zu den Worten: *Benedicta tu*.

Verschiedene Experimente

Einen Zeitmesser für Schwingungen [chronometrum vibrationum] habe ich auch benutzt, aber mit nur geringem Erfolg. Dann habe ich dafür gesorgt, dass zu unterschiedlichen Zeiten – morgens, mittags, abends und in der Nacht – Experimente gemacht wurden, entweder von mir und von anderen Personen, die zuvor gut und sorgfältig eingewiesen wurden. Immer fanden wir unterschiedliche Geschwindigkeiten des Schalls und unterschiedliche Intervallabstände.

Nachts und abends wird der Schall am besten wiedergegeben,
morgens und mittags am schlechtesten.

In der ungestörten Ruhe der Nacht schien das Echo aus den oben genannten Gründen seine eigentliche Herrschaft auszuüben. Am geringsten war es, wie wir fanden, am Morgen infolge der feuchten und nebligen Beschaffenheit der Luft. Besser war es mittags ausgebildet, natürlich infolge der feineren Luft, noch besser am Abend infolge der vollkommenen Verflüchtigung der Luft.

Das Echo ist zu verschiedenen Zeiten verschieden.

Außerdem haben wir mit größter Anstrengung und Gewissenhaftigkeit auf die Zeit geachtet. Bei Regen oder Nebel stumpft das Echo auf wunderbare Weise ab, so dass es kaum Stärke zu haben scheint. Nach heftigen Regenfällen, wenn die Luft gereinigt ist, bezieht es die meiste Kraft. Hier in Rom erlangt es – es ist seltsam, das zu sagen – die größte Kraft, wenn der Nordwind weht. Bei Südwind erschlafft es, bei Südost- und Ostwind hat es mittlere Stärke.

Paradoxe Echoerscheinung

Wenn eine Mauer dem Nordwind im Wege steht und der Wind weht, ist der direkte Schall deutlich langsamer als der reflektierte, so wunderlich es sich auch anhört. Wenn der Schall zur selben Zeit auf eine Oberfläche trifft, die im Süden liegt, ist der direkte schneller als der reflektierte. Bei dem obigen Experiment wurde der direkte Schall bei Wind aus der Gegenrichtung schwächer durch das Medium transportiert als der reflektierte. Der reflektierte gelangt, durch den günstigeren Wind verteilt, schneller zu den Ohren, so dass er durch Geschwindigkeit wiedererlangt, was er durch den Widerstand des Mediums zuvor verloren hatte. Gleiches muss über die anderen Himmelsrichtungen gesagt werden, dass es nämlich

offensichtlich große Unterschiede gibt bei der Geschwindigkeit der Schallübertragung durch ein Medium.

Folgerung I

Schwierigkeiten beim Bestimmen der Größe der Echo-Reichweite

Aus dieser unendlichen Verschiedenheit und Vielfalt der Medien ergibt sich sehr deutlich, dass jede Größenbestimmung der Reichweite des Echos zweifelhaft, fehleranfällig, ja höchst unsicher ist. Nicht einmal für sich selbst steht sie jemals fest, gleich was Biancani und Mersenne behaupten, außer wenn sie mit den Hörorganen (die wir später noch behandeln), durch catoptische Anstrengungen gebunden, den Gesetzen der Geometrie unterworfen wird. Was auch immer zu diesem Thema im Folgenden behauptet wird, kann daher nur als Hypothese aufgefasst werden.

<246> Folgerung II

Getäuscht durch ein zeitmessendes Instrument glauben einige,
sie könnten die Distanz der Schallausbreitung bestimmen.

Zweitens ist klar: Die Benutzung eines Instruments für die Zeit- oder Schwingungsmessung wie auch des Pulsschlags ist bei dieser Sache überflüssig, da der Schall mit so unfassbarer Geschwindigkeit durch das Medium eilt, dass, kaum wenn der Faden zu laufen beginnt, der Schall schon seine Schwingung vollendet hat und zu den Ohren gelangt ist. Als ob einer mit einem Sieb Wasser schöpfen wollte, verhält sich, wer die Höhe der Geschwindigkeit der Bewegungen mit einem Zeitmesser sicher messen zu können glaubt. Denn selbst bei Anwendung größtmöglicher Sorgfalt wird er mindestens mal 10, dann 20, manchmal 30 Fuß abweichen. Es ist dies auch derselbe Grund, weshalb ein einsilbiges Echo innerhalb von 20 Fuß meist eine Unterbrechung erleidet wird. Man kann nämlich eine Entfernung von 5, 10 oder 15 Fuß, in der sich die Bewegungsgeschwindigkeit vergrößert, kaum mit seinen Sinnen wahrnehmen. Dass Mersenne glaubt, ein einsilbiges Echo durcheile in der Zeit der folgenden Minute den Raum von 100 geometrischen Schritten, kann dies niemals geometrisch aufgefasst werden, sondern nur physikalisch und grob gemessen, wie es nämlich mit den Sinnen zu erkennen möglich ist. Das sage ich nicht, weil ich den wissbegierigen Leser von einem so lobenswerten Bemühen um Beobachtungen abschrecken will, sondern um ihm die Schwierigkeiten bei dieser Aufgabe vorzustellen und klar zu machen, welch große Gewissenhaftigkeit nötig ist, um Experimente korrekt durchzuführen, welche Aufgewecktheit und Gewandtheit des Geistes, damit man überhaupt eine Messung erhält, welche das Aufspüren des Echos ermöglicht.

Welche Beschaffenheit der Strecke,
die ein Echo hervorbringt, wahrscheinlich ist.

Da also Biancani herausgefunden hat, dass die Entfernung für die Bildung eines einsilbigen Echos 24 geometrische Schritte beträgt oder, was dasselbe ist, 120 geometrische Fuß, Mersenne aber meinte, dass das 100 geometrische Füße sind, glaube ich, dass man unbesorgt den Mittelwert annehmen kann, also eine hypothetische Strecke von 110 Fuß, was mit den Beobachtungen der zitierten Autoren ziemlich genau übereinstimmt. Dass jedoch die Beobachtungen nur selten übereinstimmen, ist durch die Unterschiedlichkeit des Mediums und die Ungleichheit der Stimmen und Klänge begründet.

Die vier Jahres- und Tageszeiten und unterschiedliche Klimazonen
erzeugen das Echo in unterschiedlicher Weise.

Denn wie oben bereits gesagt: Die Stärke des Echos ist zu allen Tageszeiten verschieden, im Winter anders als im Sommer, die Verhältnisse sind im Herbst anders als im Frühling. Daher bezweifle ich nicht, dass ein Echo, das hier im römischen Klima im Zeitraum einer Sekunde eine Strecke von 110 geometrischen Füßen zurücklegt, unter anderen und wieder anderen klimatischen Bedingungen eine andere Zeit und einen anderen Raum annimmt.

Unterschiedliche Beschaffenheit
der phonokamptischen Objekte verändert das Echo.

Auch die Beschaffenheit der Schallreflexion haben wir entsprechend der unterschiedlichen anakamptischen Objekte verschieden vorgefunden. Es gibt schwache und schlaffe Echos, es gibt starke, einige sind zischend und knarrend, wieder andere angenehm und schön, einige freilich sind jammernd und gleichen dem Klagen. Außerdem gibt es klingelnde und helle. Diese Verschiedenheit entsteht allein infolge der unterschiedlichen Beschaffenheit der Körper, die den Schall reflektieren, die mehr oder weniger locker sind, mehr oder weniger klangvoll, hell und beweglich. Denn, wie im ersten Buch gezeigt wurde, jeder Körper hat eine andere Zusammenfügung seiner Teile. Dadurch kommt es, dass jeder Körper auch unterschiedliche und unterscheidbare Töne erzeugt. Wie also leichte und lockere Körper klar und hell klingen, so feste und raue dumpf und tief. So kommt es, dass der Schall, wenn er auf irgendeinen Körper trifft, mit derselben Beschaffenheit und Eigenheit ausgestattet zurückkehrt, mit der auch der Körper ausgestattet ist. Wie ja Licht, das auf eine Oberfläche fällt, mit der Farbe dieser Oberfläche eingefärbt wird, so wird auch der Schall gleichsam von dem Klang des Körpers eingefärbt, auf den er trifft. Und dies ist der Grund, weshalb reflektierter Schall mal klar, mal dumpf, mal lieblich, mal klagend ist. Nachdem wir nun alles geprüft haben, was irgendwie dazu benötigt wird, um die Natur des Echos zu erforschen, bleibt uns nur noch übrig, dass wir die Erkenntnis über die Natur der Reflexion mit untrüglichen Gründen absichern.

<247> Kapitel I

Phonokamptische Kunst, oder: Echometrie – Schallreflexionsmessung

Leitlinien und Regeln

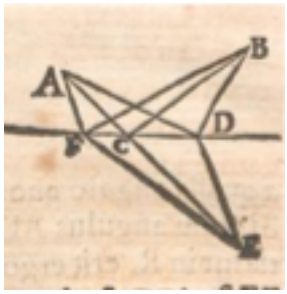
Echokamptisches Lemma

Wenn von zwei Punkten zu einem Punkt einer geraden Linie, die gewöhnlich durch den Schnitt einer Ebene mit einer anderen Ebene durch diese beiden Punkte entsteht, zwei Linien gezogen werden, die mit der ersten Linie zwei gleiche Winkel bilden, dann werden diese beiden Linien [in der Summe] *kürzer sein als zwei beliebige andere Linien, die von denselben Punkten aus zu einem anderen Punkt derselben Linie gezogen werden.*

Von den zwei Punkten A, B werden zu Punkt C auf der Strecke CD zwei Linien AC und BC gezogen, so dass die Fläche, die durch CD geht, zurück durch AB gewendet wird. AC und BC bilden gleiche Winkel ACF und BCD. Von denselben Punkten A, B werden zwei Linien AD und

BD gezogen, zuerst zu einem anderen Punkt D, der rechts von Punkt C liegt. Ich behaupte, dass AC und BC kürzer sind als AD und BD. AC wird nämlich durch C verlängert, was CE ergeben soll, eine Strecke, die CB gleich ist und DE wird verbunden. Weil die Winkel ACF und BCD gleich groß angesetzt sind, sind auch ACF dem Winkel ECD an der Spitze gleich. Da also die beiden Seiten BC und CD den beiden Seiten EC und DC gleich sind, wird auch die Basis DB der Basis DE gleich sein. Weiter werden AD und DB zusammen AD und DE zusammen gleich sein. AD und DE sind aber größer als AE, das heißt, auch größer als AC und CB. Weil CB und CE als gleich groß angesetzt sind, sind folglich auch AD und BD größer sein als AC und BC, was das zu Beweisende war.

Dann zieht man von den beiden Punkten A und B zu einem weiteren Punkt F, links von C zwei weitere Strecken AF und BF. Wieder behaupte ich, dass AC und BC kürzer sind als AF und BF. Man verlängert nämlich wieder AC und erhält CE, die Gerade ist CB gleich, und E wird mit F verbunden. Weil die Winkel ACF und BCD als gleich groß angesetzt sind, ist auch ACF gleich dem Winkel ECD an der Spitze. Dann werden auch die Winkel BCD und ECD gleich sein, wie auch von den beiden Linien die anderen Winkel BCF und ECF gleich sein werden. Da also auch die beiden Seiten BC und CF den Seiten EC und CF gleich sind, wird auch die Basis BF der Basis EF gleich sein, genauso wie AF und FE gleich wie AF und BF sein werden. So ist AF plus FE größer als AE, das heißt, größer als AC plus CB, weil BC und CE als gleich angesetzt sind. Also sind auch AF und BF größer als AC und CB, was das zu Beweisende war.



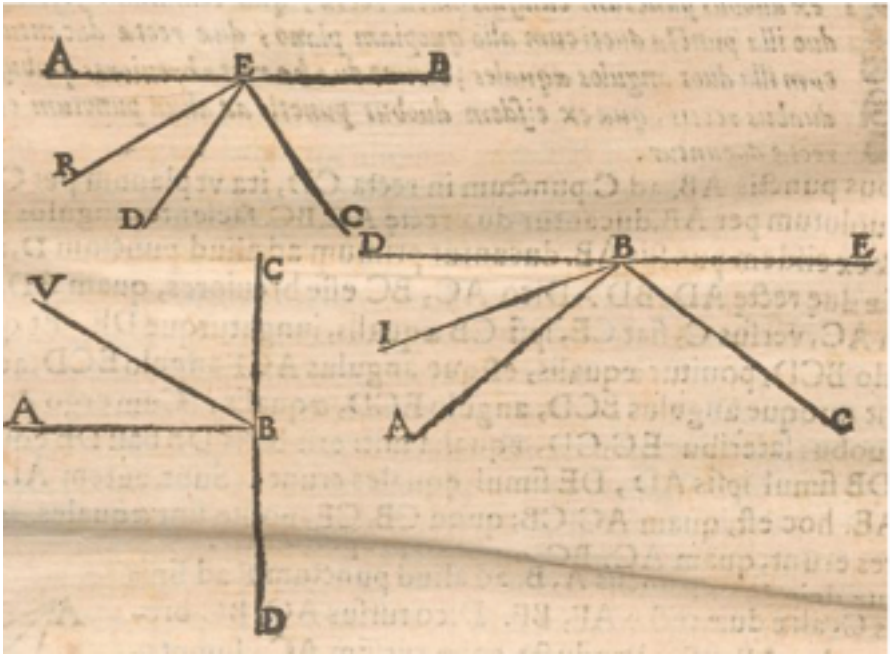
Weil also die Natur, wenn sie nicht behindert wird, den kürzesten Weg geht, kommt es, dass ein Sonnen- oder Lichtstrahl, wenn er von A auf eine saubere Fläche DF fällt, um zum Punkt B reflektiert zu werden notwendig auf Punkt C fällt. Dort bewirkt der Winkel ACF (den die genau Betrachtenden den Einfallswinkel [angulum incidentiae] nennen) die Gleichheit mit dem Winkel BCD, den sie den Reflexionswinkel nennen. Wenn der Strahl auf D oder F fiele und nach B reflektiert würde, ginge die Natur nicht den kürzesten Weg, da AD und BD wie auch AF und BF länger sind als AC und BC, wie wir es beweisen haben. Das aber ist widersinnig. So ist bewiesen worden, was die Einsichtigen zugrunde legen, dass der Einfallswinkel dem Reflexionswinkel gleich ist.

<248> Satz I

Jeder phonoptoptische Winkel ist dem phonokamptischen Winkel gleich oder, was dasselbe ist, der Einfallswinkel des Schalls ist seinem Reflexionswinkel gleich

Alles, was wir in der *Ars anacamptica Lucis et Umbrae* über die Reflexion des Lichts gezeigt haben, kann hier wieder in Erinnerung zurückgerufen werden. Es gibt nämlich in allem Parallelen zwischen dem Verhalten des Schalls und dem des Lichts, wenn man Kleinigkeiten ausnimmt. Zuerst ist somit zu beweisen, dass der phonoptoptische dem phonokamptischen Winkel gleich ist.

Das machen wir so: AB soll das phonokamptische Objekt sein, C das phonische Zentrum, D das phonokamptische. Ich sage nun, dass ein Ton von C, der in E auftrifft, nach D reflektiert werden wird.



Gemäß der Hypothese I ist der phonokamptische Winkel AED gleich dem phonoptoptischen Winkel BEC, natürlich: Einfallswinkel gleich Reflexionswinkel, also folgt das Gesagte. Wenn nämlich der Winkel AED dem Winkel BEC nicht gleich wäre, und der Schall etwa von E nach R reflektiert würde, so würde der Winkel AER dem Winkel AED entweder gleich oder ungleich sein. Im ersten Fall würde der Winkel AER dem Winkel AED gleich sein, in dem er wie ein Teil enthalten ist, was widersinnig ist. Im zweiten Fall, wenn AER den Winkeln AED oder BEC nicht gleich wäre, und dennoch eine Reflexion nach R erfolgte, dann würde die Natur folglich ihr Ziel nicht auf dem kürzesten Weg ansteuern. Das aber widerspricht Axiom III und ist physikalisch abwegig. Also wird der phonoptische Winkel BEC dem phonokamptischen AED gleich sein müssen, was zu beweisen war. Dass es dasselbe ist, dass die Natur ihre Operationen unter dem Gesetz der Gleichheit von Einfalls- und Reflexionswinkel oder dem des kürzesten Wegs ausführt, wurde ausführlich in der *Ars anacamptica*, Teil 2, Satz 1 bewiesen. Dahin verweisen wir den wissbegierigen Leser.

<249> Satz II

Wenn Schall orthophon oder senkrecht auf irgendein Objekt trifft, wird er auf sich selbst reflektiert

Es sei das Schallzentrum oder die Schallquelle in A – siehe die vorausgegangene Zeichnung – und das orthophone Objekt CD. Der Schall soll von A nach B orthophon oder im rechten Winkel verlaufen. Dann sage ich, dass er von B reflektiert wieder nach A geht. Das beweise ich so: Wenn er möglicherweise nicht von A nach B reflektiert würde, würde er nach V reflektiert. So wäre nach Hypothese IV DBA der Einfallswinkel gleich dem Reflexionswinkel CBV, also ein spitzer Winkel gleich einem stumpfen. Das ist unmöglich. Wenn wir also angenommen haben, dass der Schall von A senkrecht auf eine Mauer und folgerichtig als Einfallswinkel den rechten Winkel ABD bildet, dann muss notwendigerweise der Reflexionswinkel gemäß der eben zitierten Hypothese IV auch ein rechter Winkel sein. Der Schall wird also auf sich selbst reflektiert, natürlich über die Strecke BA, über die von A aus nach B gelenkt wurde, was zu beweisen war. Die Richtigkeit dieses Satzes bestätigt uns auch das Licht, das gerade auf eine Mauer trifft, dort abgeschwächt wird und auf sich selbst zurückstrahlt, genauso wie ein Ball und ungezählte andere Dinge. Doch dazu siehe unsere *Kunst der Anakamptik des Lichts*.

Satz III

Wenn Schall loxophon oder schräg auf ein Objekt trifft, wird er nicht auf sich selbst, sondern auf die gegenüberliegende Seite reflektiert

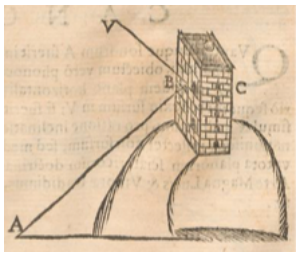
Für diesen Satz gibt es vier Fälle. Entweder trifft der Schall von der Seite auf eine senkrecht gebaute Mauer, dann wird er je nach Lage der Schallquelle entweder nach rechts oder nach links reflektiert. Oder der unten ausgesendete Schall trifft schräg auf ein phonokamptisches Objekt darüber, so wird er auch nach oben reflektiert. Oder: Von oben ausgesendeter Schall trifft schräg auf eine Mauer darunter, so wird er auch nach unten reflektiert. Wir werden jeden Fall einzeln beweisen.

Auf DE soll eine Mauer stehen – siehe die Zeichnung bei Satz I –, C sei das Schallzentrum, der Schall trifft schräg auf B. Ich sage, dass er von B aus auf die gegenüber liegende Seite reflektiert wird, also im gleichen Winkel nach A geht. Würde er nämlich nicht nach A reflektiert, dann würde er entweder auf sich selbst reflektiert, das heißt nach C oder nach I oder an eine andere Stelle außerhalb von AB.

Er wird nicht auf sich selbst reflektiert, da nur ein gerade einfallender Schall gemäß dem oben Gesagten auf sich selbst reflektiert wird, die Linie CB aber infolge der Vorgabe „loxophon“ ist, das heißt, der Schall fällt schräg auf die Mauer. Auch auf I wird er nicht reflektiert, weil dann der Winkel IBD dem Winkel CBE gleich sein müsste, einem Teil des Ganzen. Weil das alles widersprüchlich ist, wird er auf keine andere Stelle außer A reflektiert. Nur so nämlich kommt es zur Gleichheit der Winkel von Einfall EBC und Reflexion ABD und die Natur steuert ihr Ziel auf dem kürzesten Wege an.

Wann immer also eine Schalllinie schräg auf eine Mauer trifft, muss der Schall notwendigerweise im gleichen Winkel auf die gegenüber liegende Seite reflektiert werden, was zu beweisen war. So wird klar, dass ein in A erzeugter Schall links nach C, ein in C erzeugter rechts nach A reflektiert wird.

Wenn weiter ein Schall in A erzeugt wird und ein phonokamptisches Objekt BC ein Turm sein soll, der auf einem Berg steht, dann behaupte ich, dass der Schall von A nach B verläuft und von dort nach V reflektiert wird. Der Grund ist derselbe wie im Vorausgegangenen. Wenn nämlich der Schall schräg auf B auftrifft, muss er notwendig im gleichen Winkel nach V reflektiert werden. Dasselbe passiert, wenn der Schall <250> in V erzeugt und nach A reflektiert wird, wie es die Abbildung zeigt. Aus dem, was bisher bewiesen wurde, formulieren wir folgende Regeln.



Regeln der Phonokamptik, oder: Regel I der Echometrie

Da die Kunst der Phonokamptik in allem den Gesetzen der Photokamptik oder denen der Lichtreflexion folgt, hält sie nicht nur die grundsätzlichen Unterschiede der Position beim Reflektieren ein, welche sind nach oben, unten, rechts und links, sondern auch alle Bereiche, die dazwischen liegen entsprechend der Position des anakamptischen Objekts. Wenn eine Fläche für ein Echo oder für den Schall gerade und zugleich horizontal parallel zum anakamptischen Objekt steht, wird ein Echo erzeugt, das ortho- oder loxophon ist, sich also auf gerader oder schräger Linie bewegt, je nach Lage der Schallquelle nach rechts oder links.

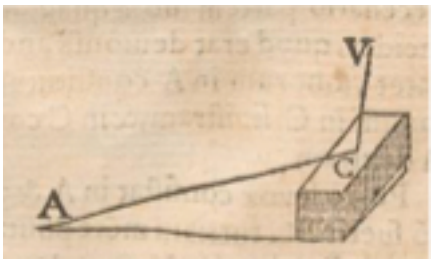
Wenn der von einer Fläche erzeugter Schall nach oben oder unten schräg auf die vertikale Fläche eines anakamptischen Objekts trifft, entstehen anaphone oder katophone Reflexionen oder Echos, die nach oben oder unter zurückschallen.

Wenn der von einer Fläche erzeugter Schall schräg und von der Seite auf eine andere phonokamptische Fläche auftrifft, die nicht parallel ist – weder in einem vertikalen noch horizontalen Umkreis –, sondern geneigt, entstehen seitliche, schräge Reflexionen sowie solche, die zwischen horizontalen und vertikalen liegen, wie wir das in der unsere *Kunst der Anakamptik des Lichts* gezeigt haben.

Regel II

Wenn also ein phonokamptisches Objekt parallel und zugleich senkrecht zur Schallquelle steht, dann wird die Reflexionsfläche im rechten Winkel zum Horizont liegen. Wenn aber das phonokamptische Objekt schräg parallel steht – das heißt, es steht in gleicher Entfernung zur Schallquelle, aber nicht in senkrechter Linie, wie das zum Beispiel schräg verlaufende, aber gerade Mauern sind oder Türme auf Bergen (angenommen, dass der Schall im Tal erzeugt wird) –, dann wird die Reflexionsfläche in gleicher Entfernung übereinstimmen mit einer der vertikalen Ebenen. Steht aber das phonokamptische Objekt weder parallel noch in senkrechter Richtung zur Schallquelle, dann wird die Fläche der Phonokamptik oder der Reflexion in gleicher Entfernung zu eine der Flächen stehen, die schräg oder geneigt sind.

Regel III

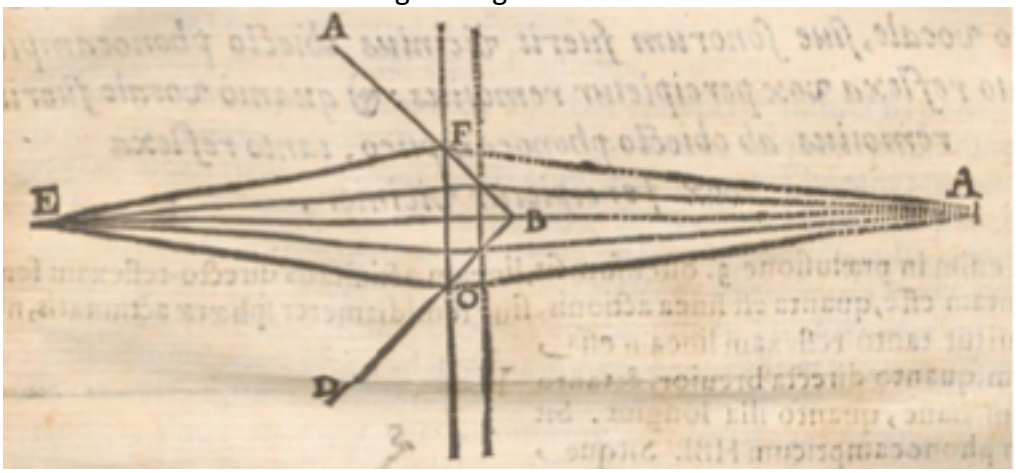


Wenn eine Schallquelle A in einer horizontalen Ebene steht und das phonokamptische Objekt ebenfalls in einer solchen, folgt daraus notwendig, dass die Reflexion nach oben nach V verläuft. Falls sich die Fläche neigt oder geneigt wird, verläuft die Reflexion je nach dem Grad der Ablenkung oder Neigung nicht nach oben, sondern auf einem mittleren Weg, so dass man die gesamte Lehre von den beschatteten Ebenen, die wir in der *Ars magna lucis et umbrae* mitgeteilt haben, sehr schön auch auf diese Echometrie anwenden kann.

<251> Satz IV

Wenn zwei Mauern im rechten Winkel zusammenstoßen, vernimmt man das klarste Echo, wenn die Schallquelle so postiert ist, dass die Achse des Schallkegels den rechten Winkel in zwei gleiche Teile unterteilt.
Der an dieser Stelle reflektierte Kegel verstärkt nämlich die Reflexion wunderbar, wie dies in der Zeichnung deutlich wird.

AB und DB seien zwei Mauern, die in B gerade zusammenstoßen. EFBO sei der Schallkegel, EB seine Achse, die den rechten Winkel in zwei gleiche Teile unterteilt. Da aber E nach F reflektiert, und von da zu dem rechten Winkel nach O und von da wieder nach E reflektiert; und weil wiederum der von E nach O geschlagene Radius nach F reflektiert wird. Weil er von

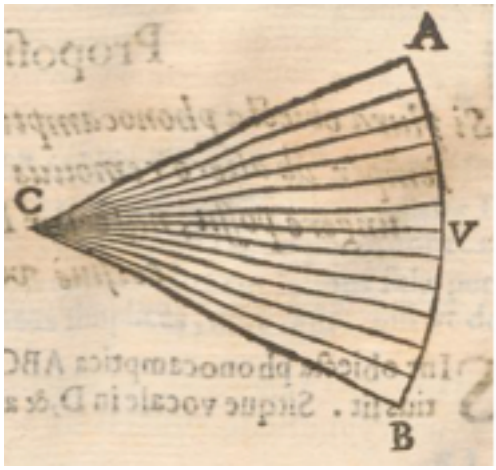


da wie in gegenläufiger Bewegung wieder nach E reflektiert und wunderbar den Schall verstärkt: Daher ist es kein Wunder, dass durch die Luft, die durch vielfältige Reflexion erregt wird, ein Echo entsteht, das viel stärker ist, als es die Reflexion einer einfachen Mauer bewirkt. Es ist nämlich so, dass alle Linien zwischen EO und EF in der Nähe von E reflektieren und folglich ein stärkeres Echo erzeugen, sogar von dieser Schallquelle aus. Wenn aber die Achse des Schallkegels an einem Punkt außerhalb der Mauern aufgestellt wird, so dass sie mit den Mauern einen stumpfen Winkel bildet, wird ein Echo erzeugt, das sehr schwach und ohne Kraft ist. So ist es bei der gegenüberliegenden Seite der Mauern AB und BD, wenn die Achse AB des Schallkegels auf B auftrifft, die Seiten des Kegels jedoch auf F und O. Von da

verlaufen nämlich die Reflexionen in alle Richtungen und senden keinen Klang zurück zur Schallquelle A.

Satz V

Wenn ein phonokamptisches Objekt konkav gerundet ist und im Schallzentrum, welches der Mittelpunkt des Kreises ist, eine Schallquelle aufgestellt wird, nimmt man ein höchst konsonantes Echo wahr.



AB sei ein konkav gerundetes phonokamptische Objekt, C die Schallquelle oder das Schallzentrum, wo auch der Mittelpunkt des Kreises AB ist; die Strecke CV sei orthophon. Sein. Dann, sage ich, wird man ein Echo mit höchster Konsonanz wahrnehmen.

Da nämlich alle Geraden, die vom Mittelpunkt C ausgehen, zum Kreisumfang rechtwinklig sind, müssen sie gemäß Satz 2 auf sich selbst reflektiert werden. Da sie zudem alle gleich lang sind, müssen sie gemäß der 15. Definition von Euklid gleichzeitig in C wahrgenommen werden. Weil sie also alle auf sich selbst und gleichzeitig reflektiert werden, erzeugen sie ein heftiges Echo, was zu beweisen war.

<252> In gleicher Weise wie das Echo bei konkaven Rundungen große Kraft gewinnt, so verliert es diese bei konvexen, weil die Reflexionslinien in alle Richtungen zerstreut sind.

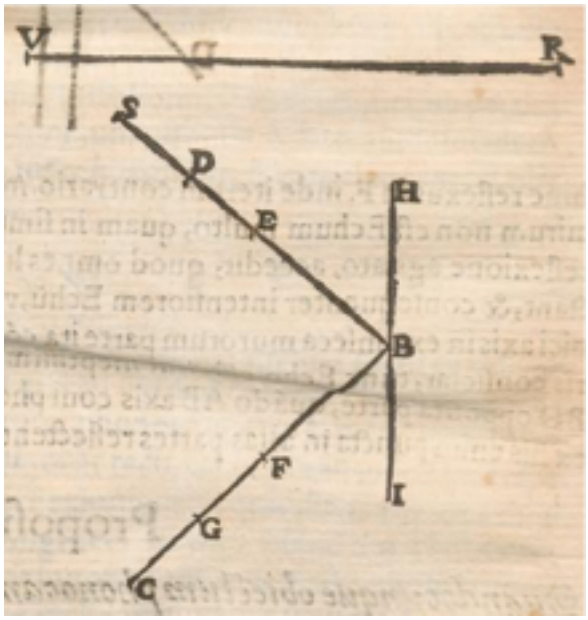
Folgerung

Deshalb gilt: Je weiter jemand vom Mittelpunkt einer konkaven Rundung entfernt ist, desto unklarer wird das Echo zurückgeworfen, und je näher an der Mauer er vom Mittelpunkt der konkaven Rundung aus ist, desto undeutlicher wird der Schall reflektiert. Deshalb muss die mittlere Entfernung eingenommen werden.

Satz VI

Je näher eine Laut- oder Schallquelle einem phonokamptischen Objekt ist, desto weiter entfernt kann die Reflexion wahrgenommen werden, und je weiter die Schallquelle vom phonokamptischen Objekt entfernt ist, desto näher kann die Reflexion wahrgenommen werden.

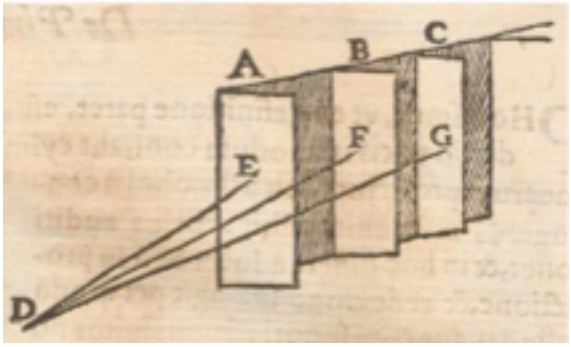
Da im Vorspiel 3 gezeigt wurde, dass die Wirkungslinie des direkt reflektierten Schalls immer so lang ist wie die Wirkungslinie des Schalls oder der Radius des Verlaufskreises, muss daraus folgen, dass die reflektierte Linie umso länger ist, je kürzer die direkte ist, und desto kürzer jene, umso länger diese. Das phonokamptische Objekt sei HBI, die Wirklinie des direkt reflektierten Schalls SBF, die der Wirk linie des direkten Schalls gleich sei, VR. Ich sage nun, dass die Reflexion umso weiter vom Objekt entfernt wahrgenommen werden kann, je näher sich die Schallquelle daran befindet. Weil nämlich FB und BS, die Linie der direkten Reflexion, der Schallverlaufslinie VR gleich sind, muss der Schall von F notwendig einen reflektierten Ton in S ergeben. Postiert man eine Schallquelle in G, dann behaupte ich, dass der reflektierte Schall an den Punkt D dringt, denn GB und BD sind zusammen gleich lang wie VR, der Wirklinie des direkt verlaufenden Schalls, also ergibt sich das Gesagte. Postiert man eine Schallquelle in C, dann behaupte ich, dass die Reflexion in E wahrgenommen werden kann, denn CB und BE zusammen sind gleich lang der Schallverlaufslinie VR. Je näher also eine Schallquelle an dem phonokamptischen Objekt steht, desto weiter vom Objekt entfernt gelangt die Reflexion und umgekehrt. Was zu beweisen war.



Satz VII

Wenn mehrere phonokamptische Objekte so aufgestellt werden, dass immer eines weiter entfernt als das nächste steht, so dass der direkte Schall später auf sie trifft, entstehen polyphone Echos, das heißt, der ausgesandte Schall hallt mehrmals nacheinander wider.

A, B, C seien die phonokamptischen Objekte, die so aufgestellt werden, dass immer eines weiter entfernt als das andere ist. Die Schallquelle stehe in Punkt D und in gerader Linie zu den Objekten. Wird nun Schall ausgesandt, sage ich, <253> dass er dreimal wiederholt wird. Da nämlich gemäß der Voraussetzung die Objekte E, F, G zur Schallquelle in senkrechter Linie stehen, also orthophon, so reflektieren die Linien DE, DF, DG von den Punkten E, F, G aus notwendig auf sich selbst nach D. Da jedoch DE kürzer ist, gelangt die Reflexion auch schneller nach D. Da die Line DF aber länger ist als DE, verbraucht hier die Reflexion mehr Zeit für den Rückweg nach D, folglich muss die Reflexion von F nach der von E wahrgenommen werden. Und weil DG noch länger ist als DF, gelangt die Reflexion noch langsamer an die Ohren von D. Es entsteht also aus der Ungleichzeitigkeit wegen der unterschiedlichen Länge der Linien ein dreistimmiges Echo DE, DF, DG, wenn die phonokamptischen Objekte so angeordnet sind, und so weiter. Was zu beweisen war.

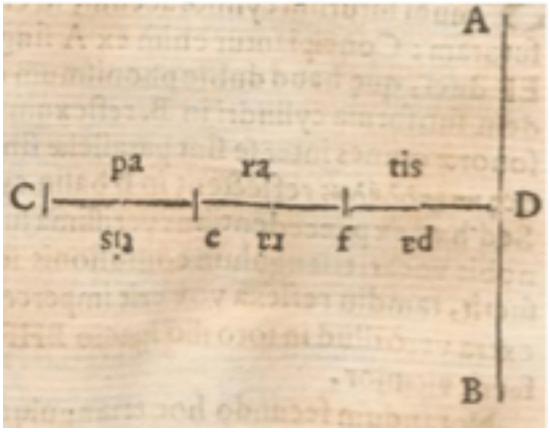


Wie ein Echo entsteht

Hier ist anzumerken, dass man die Dauer des Schalls an dieser Stelle unter zwei Aspekten betrachten kann: zuerst den Schall selbst, der so lange dauert, wie er fortgetragen wird und der am Anfang seiner Ausbreitung stark und laut ist. Zweitens die Ausbreitung selbst über seine Wirklinie, die so beschaffen ist, dass sie so lang ist wie der Beginn des Schalls dauert, aber weitergeführt werden kann, wenn der Schallanfang schon verstummt ist, und, so fortgeführt, andauert, bis sie an ein Hindernis stößt, reflektiert wird und ein Echo über eine direkt-reflektierte Linie entsteht. So lehrt uns die Erfahrung, dass wir lange Zeit nach dem Schallanfang schließlich die Reflexion hören. Die gesamte Dauer des Schalls von seiner Entstehung bis zu seinem Ende bemisst sich an dem Raum, den er durcheilt und wieder zurücklegt. Wenn also die Entfernung kleiner ist, kommt auch die Reflexion schneller zurück, ist der Weg länger, dann langsamer. Folglich kann so die Reflexion bei kleinerer Entfernung weniger Silben wiedergeben, mehr aber bei größerer Entfernung. Auch wenn alle Silben des Schallanfangs reflektiert werden, kann man dennoch nicht alle hören, weil die stärkere erste Tonerzeugung die schwächeren Reflexionen so übertönt, so dass man sie nicht hören kann, während der Schall andauert. Wenn er aufgehört hat, hört man sie schließlich je nach Größe der Entfernung schneller oder langsamer.

Folgerung

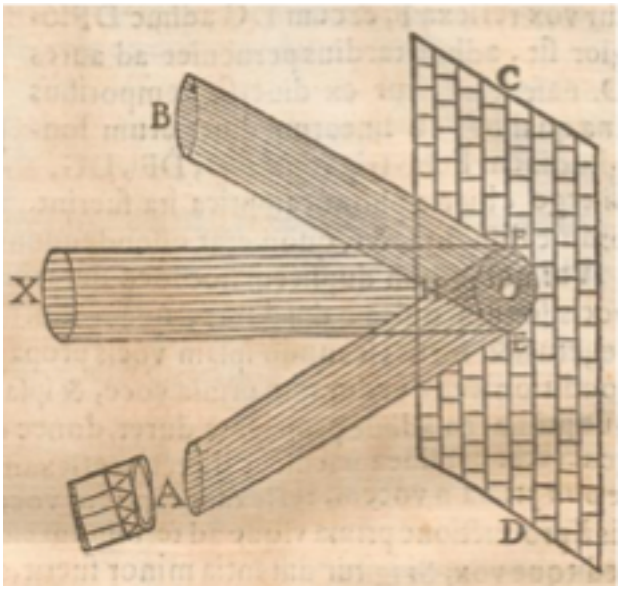
So wird klar, weshalb man immer wieder nur die letzten Teile der Klanglinie eines Wortes hört, niemals aber die ersten, weil nämlich der reflektierte Schall schon zurückkehrt, während der erste Schall noch andauert und die übrigen Silben erst dann gehört werden, wenn der Schall aufgehört hat. AB sei eine Mauer, und gegeben sei die recht kurze Distanz CD, von wo aus jemand mit lauter Stimme das Wort PARATIS ausrufen soll. Sicher schlägt zuerst die erste Silbe PA an die Mauer, dann die zweite RA, dann die dritte TIS. Bei der Reflektion wird die Reihenfolge umgekehrt, so dass PA sich früher im Gehör einstellt und dann folgen der Reihe nach die beiden Silben RA und TIS. Wenn sich die Entfernung nur für die Übermittlung eines Einsilbers eignete [distantia monosyllabico proferendo apta], würde beim Ausruf des besagten Wortes PARATIS nur die Silbe TIS wahrgenommen werden können. Wenn die erste Silbe PA an D anschlägt, wird sie dort reflektiert und gelangt nach C, die Silbe RA gelangt nach e, und TIS nach f, und da die Silben durcheinanderkommen, geben sie nichts zurück. Während PA als Reflexion von D nach C gelangt, kommt RA von D nach f und von f nach e und genau gleichzeitig gelangt die letzte Silbe des direkten Schalls von TIS nach D. Dort gibt es so eine Verwirrung, so dass man kein Echo hören kann, bis die beiden Silben PA und RA verklungen sind und allein die letzte Silbe TIS endlich ohne Störung in C wahrgenommen wird. Nachdem wir uns die Natur des Schalls auf einfachen Linien angesehen haben, bleibt nur noch übrig, dass wir etwas über die komplexen sagen.



<254> § 1

Der Phonismus

Der Phonismus ist, gemäß der Definition, das Auseinanderfließen oder die Ausstrahlung des Schalls in Form eines Zylinders oder Kegels. Man muss bemerken, dass sich der Schall nicht entlang von einfachen Linien ausbreitet, oder in geraden Strahlen, sonst könnte man ja gar nichts hören, und darin liegt der Unterschied zum Licht. Sondern in seiner Ausstrahlung und Reflexion verläuft er nach Art eines Zylinders oder Kegels. Der Schall hat also keine nur rein mathematische Ausdehnung in die Breite, sondern eine tatsächlich wahrnehmbare, körperliche, so dass bei seiner Reflexion nicht eine Linie, sondern eine fortgesetzte Vielzahl von Linien den Ton erzeugt. Ein Beispiel: A sei eine Schallquelle, der Endpunkt der Reflexion B, das Objekt oder die reflektierende Mauer CD. Die Schallbewegung beginne in A. Ich sage, dass nicht nur die eine Linie AO bei B den Laut hören lässt, wenn die Reflexion von O ausgeht, sondern dass der reflektierte Schall des zylindrischen Kegels AFE nach B in Form des Zylinders EFB verläuft. Doch wollen wir die Sache noch ein wenig genauer beweisen.



Satz VIII

Ein zylindrischer Phonismus wird in zylindrischer Ausstrahlung auf die gegenüber liegende Seite reflektiert

Eine Trommel werde in A postiert, ihren Schall soll sie auf die Oberfläche von CD aussenden. Ich sage nun, dass dies ein zylindrischer Phonismus sein wird, das heißt, die Reflexion wird nicht linienförmig sein, sondern zylindrisch. Man muss sich nämlich vorstellen, dass von einzelnen Punkten der Trommel A aus Schalllinien zur Fläche EF geführt werden, die zweifellos einen Phonismus in Form eines Zylinders bilden. Ich behaupte weiter, dass dieser auch wieder in der Form eines Zylinders nach B reflektiert wird. Da nämlich im Schallzylinder AFE alle Schalllinien parallel sind, werden alle nach [Definition] 11 dieses Buchs [S. 239] und nach Definition 6 unserer *Ars anacamptica* parallel in Form eines phonokamptischen Zylinders nach B reflektiert. Somit gilt der besagte Satz. Doch ist dies durch das Vorausgegangene bestätigt.

Was ist das Dreieck der Schallüberlagerung
bei dem zylindrischen Auswurf des Schalls?

Man muss wissen, dass jenes Dreieck FHE von uns das „Dreieck der Schallvermengung“ [triangulum confusionis soni] genannt wird. So lange nämlich ein Ohr sich darin befindet, solange ist keine Reflexion wahrnehmbar, sondern die Reflexion überlagert sich mit dem direkten Schall. Doch außerhalb des Dreiecks im gesamten Raum BHF wird die Reflexion umso deutlicher zu hören sein, je näher ein Ohr an B dran ist.

Zweitens muss man wissen, dass dieses Dreieck am Punkt H umso spitzer ist, je mehr sich die Linie AO an die Senkrechte XO annähert.

Satz IX

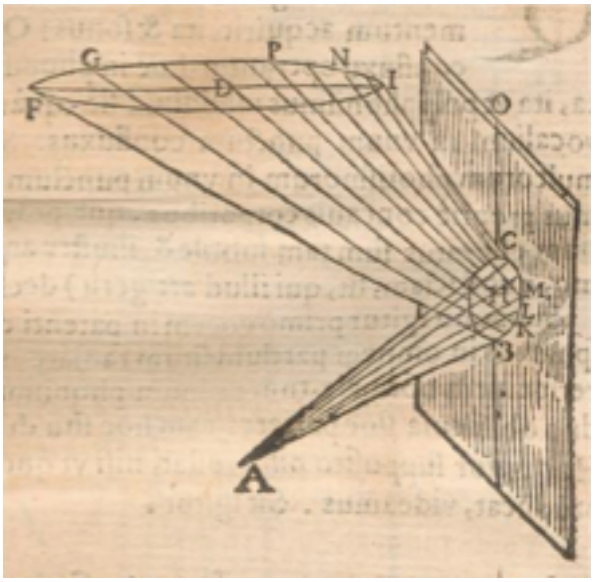
Ein orthophoner Phonismus reflektiert auf sich selbst

Wenn ein Phonismus senkrecht auf ein phonokamptisches Objekt auftrifft, entsteht eine Säule oder ein gerader Schallzylinder. X sei die Schallquelle, CD eine Wand, die parallel und gradlinig zur Schallquelle steht. <255> Ich sage nun, dass die Schalllinien des Zylinders auf sich selbst reflektieren. Da nämlich die Schallquelle gemäß der Hypothese senkrecht zur Wand CD steht, müssen folglich alle Schalllinien Parallelen sein. Gemäß Satz II reflektieren sie also alle auf sich selbst. Damit gilt das Gesagte.

Satz X

In einem kegelförmigen Phonismus wird nur die Achse unter dem Gesetz der Winkelgleichheit reflektiert, der reflektierte Phonismus aber ist ein Kegelstumpf. Wie bei Photismen und bei geraden optischen Strahlen hat die Achse der Licht- oder Erscheinungspyramide die Fähigkeit, etwas zu beleuchten, dann aber auch Dinge unterscheidbar darzustellen. Genauso verhält es sich beim kegelförmigen Phonismus.

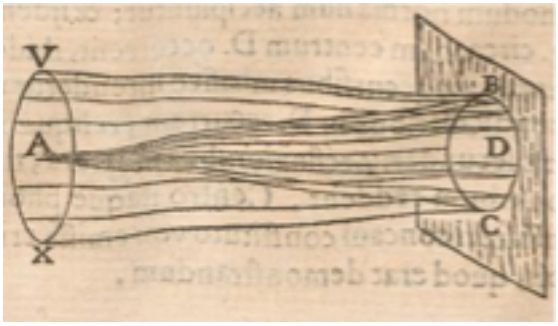
ABC sei ein gerader oder phonoptotischer kegelförmiger Phonismus, CHB ein phonokamptisches Objekt. Ich sage, dass nur die Achse AH unter Gleichheit der Winkel nach D, dem Mittelpunkt der Basis des Kegels reflektiert wird. Da nämlich diese beiden Linien die Achsen der Kegel bilden, werden die Enden dieser Achsen notwendig die Mittelpunkte der Basen des Kegels sowohl des direkten wie des reflektierten Schalls sein. Sie bilden also den Einfallswinkel AHB und den gleichen Reflexionswinkel DHC. Deshalb wird nur diese Schalllinie nach D reflektiert, Alle anderen werden im gleichen Winkel nach allen Seiten reflektiert, zum Beispiel wird AB nach F, AK nach G, AL nach D, AM nach N und AC nach I. Wenn sie nämlich nicht zu den besagten Punkten reflektieren, sie also nach D reflektiert würden, würde ihr Reflexionswinkel nicht gleich dem Einfallswinkel sein. Das ist widersinnig und gegen die Hypothese. Also wird nur die Achse entsprechend der Gleichheit der Winkel nach D reflektiert, keine andere Linie. Folglich wird der Reflexionsphonismus kein Kegel sein, sondern er hat irgendetwas von einem abgestumpften und umgekehrten Kegel.



Satz XI

Ein kegelförmiger Phonismus, der an eine Wand reflektiert wird, erzeugt durch seine Reflexion einen umgekehrten, abgeschnittenen Kegel

ABC sei ein kegelförmiger Phonismus, der senkrecht auf die Wand BDC geworfen wird. Ich behaupte, dass die Schallreflexion ein abgestumpfter, umgekehrter Kegel sein wird. Weil nämlich keine seiner Linien, die von A auf die Mauer treffen, außer der Achse oder der mittleren Linie (gemäß Satz 2 dieses Buches) auf sich selbst zurückgeworfen wird, deswegen reflektieren alle auf andere und wieder andere Punkte außerhalb von A. Da aber jene Punkte vom Kreisumfang, der Basis natürlich des kegelförmigen Phonismus oder des Schallkegels, nach dem Gesetz der Gleichheit der Winkel reflektiert werden, wird VX die Begrenzung der Reflexionslinien notwendig ein Kreis sein, dessen Mittelpunkt A das Schall- oder Klangzentrum sein wird oder, was dasselbe ist, <256> die Spitze des Kegels des direkten Schalls. Die kreisförmige Oberfläche des Stumpfes wird aber gemeinsam mit der Basis des Schallkegels ABC sein. Der abgestumpfte Kegel, der sich umgekehrt zum direkten verhält, wird VXBC sein, den im Punkt D die Achse BC schneidet, die senkrecht zur Wand BC steht. Also gilt der Satz: Ein kegelförmiger Phonismus, … und so weiter, was ja zu beweisen war.



Corollarium

Aus diesem Satz folgt: Sind in diesem Kreis VX die Ohren verschiedener Menschen postiert, werden alle denselben Laut oder dasselbe Echo hören. Die Basis diese Kegelstumpfs VX wird umso größer sein, je näher sie an dem phonokamptischen Objekt ist, und umso enger, je weiter der Schallpunkt A von der Mauer entfernt ist, wie das im Vorspiel 3, § 3 gesagt wurde.

§ 2

Polyphonismus oder die geheimnisvolle Schallverstärkung

Wie das in einem konkaven Körper gebündelte Licht seine größte Verstärkung gewinnt, so auch der Schall. Dasselbe, was Brennspiegel beim Zusammenfluss der Photismen bewirken, das bewirken beim Zusammenfluss von Phonismen die Hör- oder Akustikorgane [Organa otica sive acustica].

Was sind Polyphonismus und Poylphotismus

Also ist ein Polyphonismus nichts anderes als der Zusammenfluss zahlreicher Phonismen oder Schallkegel zu einem Punkt, so wie auch ein Polyphotismus nichts anderes ist als der Zusammenfluss zahlreicher Photismen zu einem Punkt. Weil dieser Polyphonismus konkaven Körpern zugeordnet werden muss, teils Polygonen, teils Kreisen, denke ich, es sei an mir, diese so feine und bedeutsame Beweisführung ein wenig ausführlicher zu erklären (zumal es meines Wissens niemand gibt, der das schon getan hätte).

Ich unterstelle als erstes, dass Schall im offenen Feld keiner Reflexion unterliegt, sondern sich kreisförmig in alle Richtungen ausbreitet. Würde sich ihm irgendein Hindernis gerade in den Weg stellen, dann erst käme es zum ersten Phonismus. Wenn dem Schall aber in der Mitte seines Wegs zwei Hindernisse oder Wände entgegenstehen, dann entstehen durch diese Situation zwei Phonismen und so weiter. Hat man dies unterstellt, dann bleibt nichts weiter übrig, als zu schauen, wie viele und welche Phonismen der Schall bei welchen Körpern erzeugt. Es sei also:

Satz XII

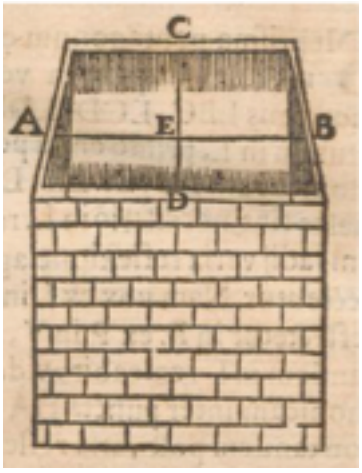
Wenn man das Schallzentrum auf der Achse eines gleichseitigen, dreieckigen, konkaven Prismas aufstellt, wird der ausgesandte Schall durch dreifachen Phonismus verstärkt und zu seinem Zentrum zurückkehren



ABC sei ein dreiseitiges konkaves Prisma, das Schallzentrum D liege auf der Achse des Prismas. Ich sage, dass der ausgesandte Schall durch einen dreifachen Phonismus verstärkt zu seinem Zentrum zurückkehrt. Da ja die Strahlen oder Achsen der Phonismen DE, DF, DG gemäß Satz 2 senkrecht auf den Seiten des Prismas stehen, werden sie notwendigerweise auf sich selbst reflektiert und dreifach verstärkt, weil alle benachbarten Radien als senkrechte Linien aufgefasst werden, diese gemäß der Hypothese 3 rings um dasselbe Zentrum D anstoßen und dort der Schall durch das Auftreffen der Reflexionslinien wunderbar verstärkt wird. Die nahen Linien laufen also senkrecht auf D zurück, die restlichen erzeugen gemäß Satz 4 durch unterschiedliche sekundäre Reflexionen auf den Seiten ein Klingeln oder wirres Brummen. Wenn man so ein Schallzentrum auf die Achse eines dreiseitigen konkaven Prismas stellt, kehrt der ausgesandte Schall durch einen dreifachen Phonismus verstärkt zu seinem Zentrum zurück, was zu beweisen war.

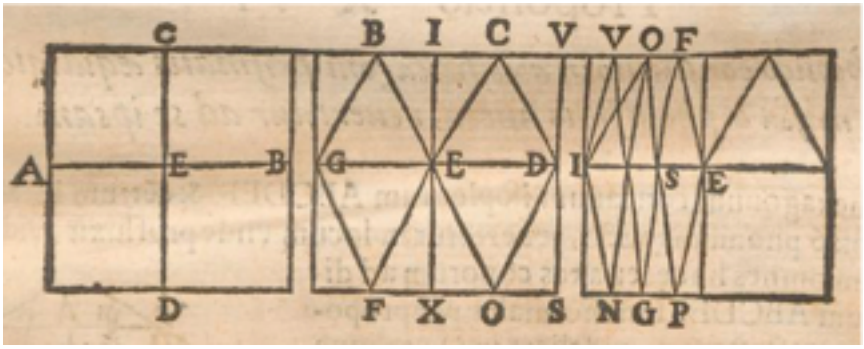
<257> Satz XIII

Wenn man von einem Schallzentrum auf der Achse eines vierseitigen konkaven Prismas einen Schall aussendet, wird er durch einen vierfachen Phonismus verstärkt wieder zum Zentrum zurückkommen



ABCD sei ein vierseitiges konkaves Prisma, E das Schallzentrum. Ich sage, dass der ausgesandte Schall durch einen vierfachen Phonismus verstärkt und zu E zurückkehren wird. Weil nämlich die Strahlen oder Achsen der Phonismen EB, EC, ED und EA senkrecht zu den Seiten stehen, wird der Schall nach Satz 2 dieses Buchs auf sich selbst reflektiert. Da sie zudem alle gleich lang sind, ertönen sie gleichzeitig in E. Da aber benachbarte Strahlen nach Art von Senkrechten empfangen werden und diese um den Punkt E zu den Ohren an den Seiten reflektieren, wird der Schall durch vier Phonismen, die die vier Seiten des Prismas erzeugen, verstärkt und kehrt zu E, seinem Zentrum, zurück, was zu beweisen war.

Es muss noch gesagt werden, wie die anderen Schalllinien über verschiedene Reflexionen schließlich wieder zum Zentrum E zurückkehren. Von den Geraden ist es bereits gesagt, von den schrägen Linien wollen wir es aber auch sagen. Es sollen die Linien EC und BE, wie in der Zeichnung 2 deutlich wird, loxophone sein. Ich sage, sie werden nach E zurücklaufen. Denn EC wird nach C reflektiert gemäß der Gleichheit der Winkel ECI und VCD und dann nach D, von da wieder nach O infolge der Winkelgleichheit von VDC und SDO, schließlich von O wieder ins Zentrum E infolge der Winkelgleichheit von SOD und XOE.



Auf gleiche Art wird EB von B nach G reflektiert, von da nach F und schließlich wieder nach E. Auch EF wird von F in die Gegenrichtung nach G, von da nach B und schließlich nach E reflektiert. Genauso EO von O nach D, von D nach C und dann nach E in die Gegenrichtung, ähnlich wie die vorige Reflexion. Die Linie EF wiederum wird, wie es in der 3. Skizze zu sehen ist, von F nach G, von da nach V, dann nach I und von da nach N und dann nach O, von O nach P und schließlich nach E, immer im gleichen Winkel reflektiert, so dass sie nach 7 Reflexionen wieder nach E zurückkehrt. Wenn aber der Schallfluss von E nach P die Gegenrichtung einschlägt, gelangt er auch nach 7 Reflexionen wieder nach E. Gleiches ist zu den anderen Linien zu sagen, die zwischen O und F verlaufen.

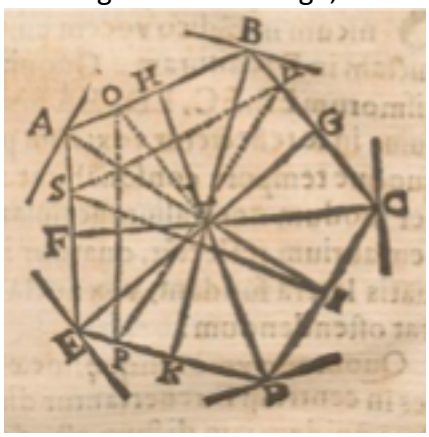
Folgerung I

Daraus wird klar, warum in quadratischen Brunnen eine solche Stärke des Schalls herrscht, ein so starkes Brummen. Die verschieden reflektierten Schalllinien, die alle zum selben Ausgangspunkt zurückstreben, verstärken gewöhnlich ganz wunderbar den Schall. So wird auch die wunderbare Anstrengung der Natur deutlich, Schall in konkaven Körpern zu verstärken.

<258> Satz XIV

Setzt man eine Schallquelle auf die Achse eines gleichseitigen fünfeckigen Prismas, so kehrt der ausgesandte Schall durch fünf Phonismen verstärkt wieder dorthin zurück, von wo er ausgegangen ist

ABCDE sei ein gleichseitiges fünfeckiges Prisma, der Schall breite sich, vom Punkt L auf der Achse oder dem Schallzentrum ausgesandt, nach allen Richtungen aus. Ich sage, dass er durch die fünf Phonismen LBC, LCD, LDE, LEA und LAB verstärkt nach L zurückkehren wird. Erstens: Gemäß Satz 2 müssen die Achsen der Schallkegel LG, LI, LK, LH nach L zurückstrahlen, da sie senkrecht auf den Seiten stehen. Die anderen benachbarten Radien, die durch vielfältige Reflexionen in Bewegung gesetzt werden, kommen schließlich auch nach L zurück. Der Schall, der von L zu dem Punkt O strahlt, wird von dort nach P reflektiert, dann nach V, dann nach S und nach I und kehrt von dort nach L zurück. Man sieht also, dass es keine zwischen den Punkten HA und HB eingefasste Schalllinie gibt, die nicht schlussendlich nach verschiedenen Reflexionen wieder nach L zurückkommt. Dasselbe muss man von den anderen Schalllinien sagen, die auf die Seiten treffen. Damit ist der Satz bewiesen: Setzt man also ein Ohr auf die Achse eines gleichseitigen fünfeckigen Prismas … und so weiter, was zu beweisen war.

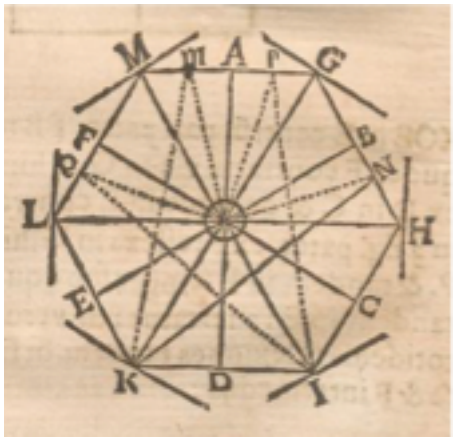


Satz XV

Setzt man eine Schallquelle auf die Achse eines gleichseitigen sechseckigen Prismas, kehrt der ausgesandte Schall durch sechs Phonismen zu sich selbst zurück

ABCDEF sei ein konkaves sechseckiges gleichseitiges Prisma sein, O das Schallzentrum auf der Achse. Der von dort ausgesandte Schall wird durch sechs Phonismen verstärkt und kehrt zu der Stelle zurück, von wo er ausgesandt wurde, also nach O. Weil alle Linien oder Kegelachsen zu den Mittelpunkten der Seiten ABCDEF senkrecht stehen sind, werden sie gemäß Satz 2 auf sich selbst reflektiert, also nach O. Die anderen benachbarten Linien schweifen durch vielfältige Reflexionen mal hierhin, mal dorthin und werden gemäß dem Vorausgegangenen schließlich auch nach O reflektiert. Daher vernimmt man ein gewaltiges Dröhnen. Denn die z. B. von O ausgehende Linie gelangt nach m, von da wird sie nach K reflektiert, von

K nach I, von I endlich wieder nach O. Die nach P ausgesandte Linie wird von dort nach I reflektiert, von I nach Q und von dort wieder nach O. Gleiches gilt von den anderen Schalllinien, die sich zwischen MA und AG befinden. Damit ist der Satz bewiesen: Setzt man ein Ohr... und so weiter, was zu beweisen war.



Merke: Wenn jemand an die Punkte GHIKLM zu den Strahlen rechtwinklig stehende Flächen setzen wollte, dann, sage ich, beschreibt das Echo mit seinen Reflexionslinien ein vollkommenes Sechseck. Der Schall von A kommt nach G, von G auf H, von H auf I, von I auf K, von K auf L, von L auf M und von M schließlich wieder auf A nach dem Gesetz der Winkelgleichheit. Genauso würde bei dem vorausgegangenen Fünfeck der Schall nach H, von B nach C reflektiert, von C nach D, von D nach E, von E schließlich nach A und H. Wenn also an den Punkten ABCDE zu den Strahlen der Figur rechtwinklig stehende Flächen errichtet würden … Gleiches gilt für alle anderen Polygone.

<259> Corollarium I

Ursachen für die Reflexion in festen konkaven Körpern

Aus dem Gesagten wird klar und deutlich, dass Schall umso mehr verstärkt wird, je mehr Seiten ein konkaves Prisma hat. Werden nämlich die Phonismen verstärkt, wird auch der Schall verstärkt, die Phonismen werden jedoch entsprechend der Zunahme der Seiten verstärkt. Weiterhin werden Einfalls- und Reflexionswinkel umso näher am rechten Winkel sein, je mehr Seiten es gibt, und folglich vereinigen sich gemäß der Hypothese 3 die Phonismen eher um das Zentrum herum. Es soll genügen, diese Sache an einem Beispiel zu erklären.

Gegeben sei ein Zwölfeck, wie es die Zeichnung im Folgenden zeigt, und sein Zentrum sei O. ACBO sei einer der zwölf Phonismen. Ich sage, dass der von O ausgesendete Schall, außer dass er durch zwölf Phonismen verstärkt wird, auch durch die Linien verstärkt wird, die sich der Senkrechten eher annähern. Solcherart sind die Linien zwischen A und B. OA und OB, die äußersten Linien eines jeden Phonismus, weichen in ihrer ersten Reflexion umso weiter vom Zentrum ab, je länger die Seiten des Polygons sind. Dennoch gelangen alle nach vielfacher Reflexion schließlich ins Zentrum zurück, wie das ja im Vorausgegangenen offensichtlich wurde.

Corollarium II

Klar ist auch, dass ein Schall, wenn er z. B. nach A gelangt und man an den einzelnen Winkeln rechtwinklige Flächen errichten wollte, mit seine Reflexion ein Zwölfeck beschreiben würde. Wenn man aber jede zweite Fläche, die in AHKMO, weglassen würde, dann würde der Schall, der von E nach B fällt, nach I reflektiert, von da nach L, dann nach N, nach G, und kehrt schließlich nach E zurück. Mit seiner kreisförmigen Reflexion erzeugt er ein Sechseck. Geht die Reflexion von F nach BKNF, beschreibt der Schall ein Quadrat, wie es die Zeichnung deutlich zeigt. Wenn er wiederum von F nach H, von da nach M und wieder nach F geht, beschreibt er durch dreifache Reflexion ein gleichseitiges Dreieck. Man sieht also, wie der Schall in einem einzigen Zwölfeck mit seiner Reflexion sämtliche Linien der astrologischen Erscheinungen beschreibt. Noch viele andere Geheimnisse der Reflexion verbergen sich wunderbarerweise unter solchen Figuren, die nur diejenigen lüften werden, die das, was wir hier mitgeteilt haben, gründlich studiert haben.



Folgerung II

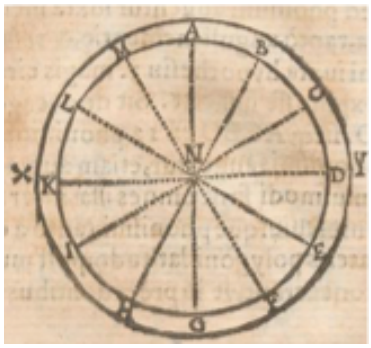
Woher kommt der Widerhall in Brunnen

Daraus folgt, dass, wenn auch die Vermehrung der Polygone ins Unermessliche wächst, auch die Menge der Phonismen mit allen Unterschieden ins Unermessliche wächst. Die Vereinigung der Schalllinien geschieht am meisten auf der Achse eines konkaven Körpers. Denn dort stoßen alle Schalllinien zusammen, die von den Linien, die senkrecht auf die Mittelpunkte der Seiten des Polygons fallen, reflektiert werden. Ein Brummen oder ein Klingeln entsteht im höchsten Maße in den konkaven Winkeln fester konkaver Körper. Daher ist es keine Schwierigkeit, die Ursache für den großen Widerhall in Brunnen anzugeben.

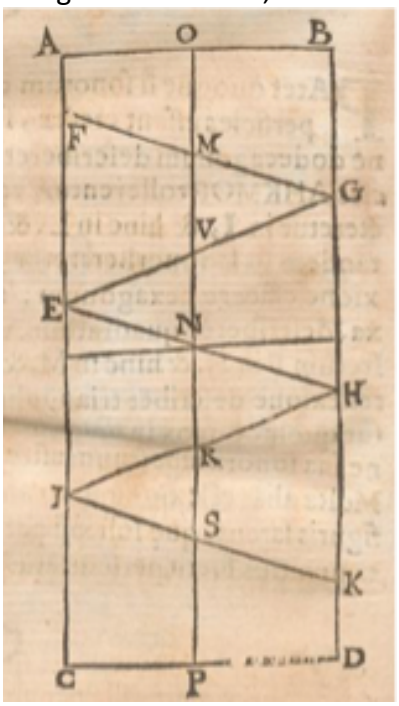
<260> Satz XVI

Setzt man das Schallzentrum auf die Achse eines konkaven Zylinders, wird der ausgesandte Schall von allen Punkten seines Umfangs auf sich selbst reflektiert

XY sei ein konkaver Zylinder. Wird im Zentrum N eine Schallquelle aufgestellt, dann, sage ich, wird der Schall von allen Punkten des Umkreises ABCDEFGABGHIKL und allen anderen unendlich vielen auf N reflektiert werden. Weil ja alle vom Zentrum zum Umfang gezogenen Linien zu ihm im rechten Winkel stehen und gemäß Satz 2 auf sich selbst reflektieren, werden also alle Linien vom Umfang auf N reflektiert, wo sie sich auch vereinigen. Also ist der Satz klar. Da außerdem der Schall nicht nur auf die Punkte eines Kreises trifft, sondern



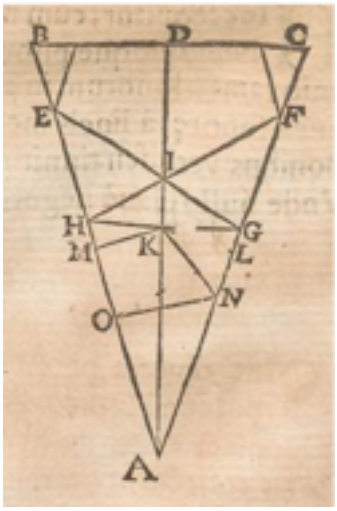
auf so viele Punkte, wie man sich auf den Linien der Zylinderlänge denken kann, diese aber alle zur Achse Parallelen sind, werden alle Punkte auf den Linien der Zylinderlänge irgendwo auf die Achse reflektiert. Daher ist es keine Schwierigkeit offen zu legen, woher die wunderliche und geradezu geheimnisvolle Schallverstärkung kommt, die wir in tiefen Brunnen wahrnehmen können. ABCD sei ein Brunnen. Seine Achse ist OP, das Schallzentrum N. Von dort ausgesandt, trifft der Schall auf E, wird von E nach G reflektiert, von G nach F, wobei er die Achse in den Punkten M und V schneidet. In ähnlicher Weise wird ein auf H einfallender Schall nach I reflektiert, von I nach K, wobei er die Achse in R und S schneidet. Ähnliche Reflexionen ereignen sich an allen Punkten der Linien der Brunnentiefe. Solche Linien sind AC und BD in der beigefügten Skizze.



Satz XVII

Wird das Ohr auf der Achse einer Pyramide mit einer beliebigen Anzahl von Seiten oder von konkaven Kegeln postiert, so kehrt der ausgesendete Schall niemals auf sich selbst zurück, außer an den Punkten L und M, nicht aber an den sonstigen Punkten

Außerhalb der Punkte M und L kommt in konkaven kegelförmigen Körpern kein Schall zu seiner Quelle zurück, so dass solche Körper für die Schallverstärkung untauglich sind. Da der Schall nämlich schräg auf die einzelnen Seiten auftrifft, wird er von dort nach oben reflektiert. ABC sei die Pyramide, K das Schallzentrum. Der von dort auf G fallende Schall wird nach E reflektiert. Ebenso von H nach F und von N nach O, von da wieder nach L. Daraus wird klar, dass die Reflexion offensichtlich immer nach oben strebt und nicht wieder auf sich selbst zurückströmt, außer in den Punkten L und M. So wurde es auch behauptet.



<261> Satz XVIII

Wird eine Schallquelle im Zentrum von fünf regelmäßigen konkaven Körpern aufgestellt, so kehrt der Ton um so viele Phonismen verstärkt zurück, wie diese Körper Seiten haben

Es gibt fünf regelmäßige Körper: Tetraeder, Würfel, Oktaeder, Dodekaeder und Ikosaeder, und sie werden so genannt, weil sie alle gleiche Seiten haben und nur sie in einen Kreis eingeschrieben werden können. Ihre Flächen sind alle gleich weit vom Zentrum entfernt. So ist wohl schon aus ihrer Definition erkennbar, wie sich in ihnen der Schall ausbreitet. Stellt man im Zentrum eines Tetraeders eine Schallquelle auf, wird der Schall durch vier Phonismen verstärkt zu sich zurückkehren, im Oktaeder achtfach, im Dodekaeder zwölffach und im Ikosaeder zwanzigfach. Der Beweis dafür geht aus dem Vorangegangenen hervor und ist so leicht, dass auf eine Erklärung verzichtet werden kann.

Satz XIX

Der kreisrunde konkave Körper eignet sich am besten für die Ausbreitung des Schalls

Da nämlich alle Linien, die von jedem Punkt ihrer kreisrunden Oberfläche zum Zentrum geführt werden, gleich lang sind, und alle mit der Oberfläche einen rechten Winkel bilden, deshalb müssen die Schallerscheinungen auf sich selbst reflektiert werden und sich im Zentrum vereinigen. Dort entsteht dann ein sehr kräftiger Schall. So wie kreisrunde konkave Körper für die Schallausbreitung bestens geeignet sind, so auch zur Schallverstärkung, was zu beweisen war.

Kapitel II

Phonurgia echonica, oder: wie man kunstvoll Echos einrichtet und herbeiführt

Wir haben alles vorausgeschickt, was uns irgendwie zur Theorie des Echos zu gehören schien, jetzt wollen wir es nun über einzelne Problemata in die Praxis überführen, damit der Nutzen unserer Überlegungen sich besser offenbart. So lautet das

Problem I

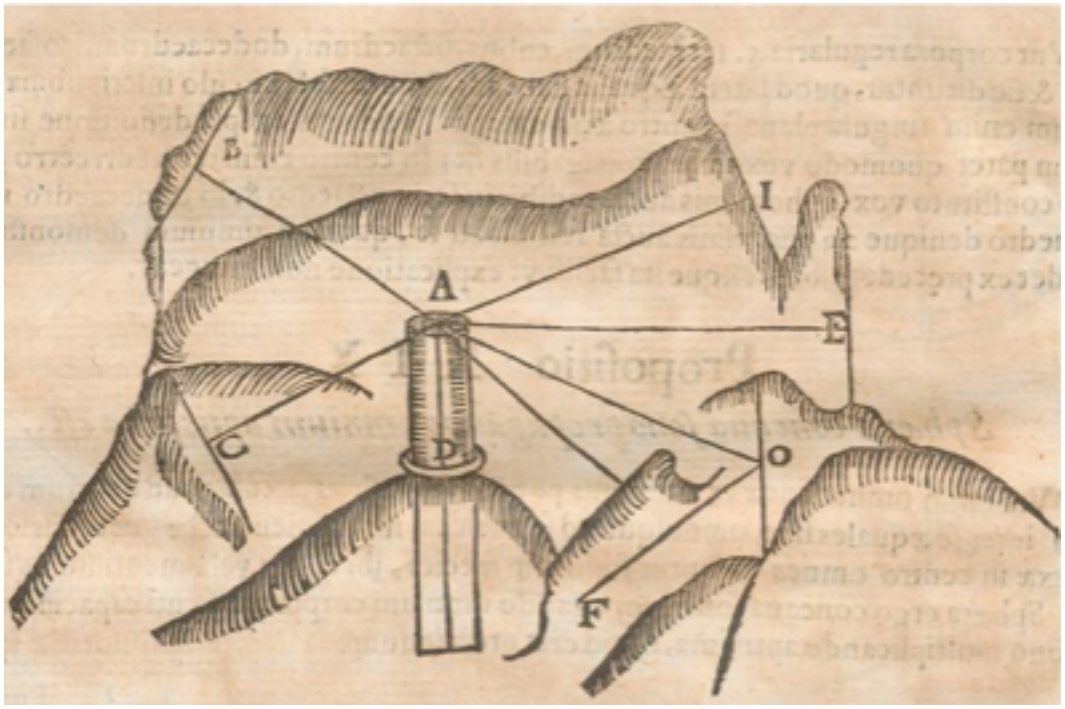
Wenn phonokamptische Objekte von einer bestimmten Stelle aus entfernt so aufgestellt werden, dass sie zur Schallquelle nicht nur Parallelen, sondern auch Geraden bilden, so wird der Schall von ihnen auf sich selbst reflektiert

B, C, D, O, E, I seien phonokamptische Objekte, A sei der festgelegte Ort für den Schall über einem Brunnen. Ich sage, dass die Schalllinien, die auf die besagten Objekte treffen, nach A zurückkehren. Weil nämlich der Hypothese gemäß der Schall auf die besagten Punkte auf den festen Körpern „orthogon“, also gradlinig, trifft, und weil der geradlinige Strahl gemäß

Satz II auf sich selbst reflektiert wird, werden alle Schallinien <262> schneller oder langsamer, entsprechend dem Verhältnis des Abstands von der Schallquelle, von den phonokamptischen Objekten nach A zurückkehren.

Folgerung

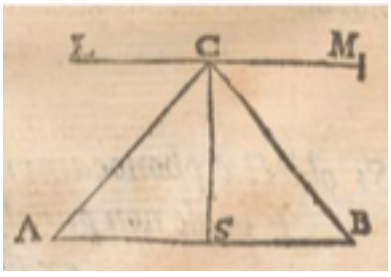
So wird klar und deutlich, weshalb, wenn wir manchmal auf einem Berg stehen, der Schall aus der Tiefe des Tals zu uns heraufschallt. Weil nämlich der Klangstrahl der senkrecht auf die Klippe C trifft, nach A zurückkehrt.



Ebenso empfängt man, wenn man im Tal F, empfängt man den Schall, der von A nach O reflektiert wird und umgekehrt. Von D, aus der Tiefe des Schachts wird Schall reflektiert und kehrt vervielfacht nach A zurück.

Problem II

Wie man, wenn zwei Punkte oder Stationen gegeben sind, sowohl die Lage eines Objekts als auch die Winkel bestimmt, unter denen schräg auftreffender Schall hingeht und wieder zurückkehrt



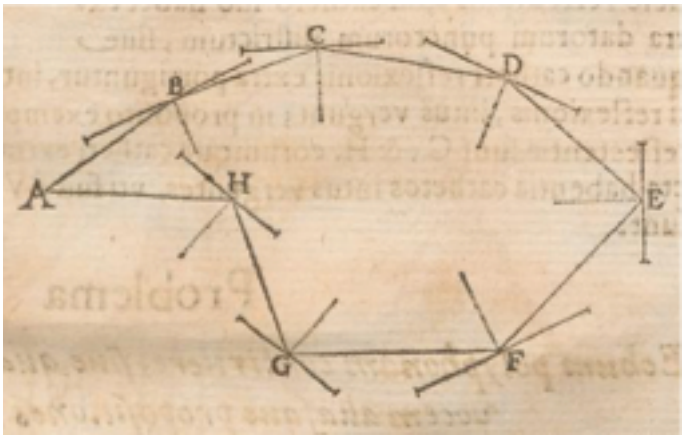
Gegeben seien zwei Punkte A und B. Von denen soll einer das Zentrum der Schallquelle sein, der andere A der Endpunkt der Schallreflexion. Herauszufinden ist, wie das anakamptische Objekt aufgestellt werden muss, damit A die Schallreflexion von B empfangen kann. Man ziehe von A und B auf irgendeine Weise zwei Linien, wenn sie nur irgendwo zusammenlaufen, also zum Beispiel in C, und man erhält ein Dreieck ABC. Dann teile man das Dreieck in zwei gleiche Teile. Eine Linie, die zum äußersten Punkt C der Teilungslinie rechtwinklig gezogen

wird, stellt die Position einer Mauer oder irgendeines reflektierenden Körpers dar. Wenn der Schall von B auf diese Mauer fällt, muss er notwendig nach A reflektiert werden. Das beweise ich so: Da ja nach Satz 1 immer dann ein Echo entsteht, wenn Einfalls- und Reflexionswinkel gleich sind, und CS die Kathete ist, die das phonokamptische Dreieck in zwei gleiche Teile teilt und die Linie LCM das reflektierende Objekt darstellt, das zur Kathete CS senkrecht steht, müssen notwendig die Winkel LCA und MCB als Einfalls- und Reflexionswinkel gleich sein. Doch auch die Winkel an der Kathete sind gleich. Wenn also von B aus der Schall auf das schon bestimmte Objekt LCM fällt, wird er nach dem Gesetz der Winkelgleichheit nach A reflektiert. Wir haben also, wenn zwei beliebige Punkt oder Stationen gegeben sind sowohl die Lage des [anakamptischen] Objekts bestimmt als auch die Winkel, unter denen Schall schräg hingeht und zurückkommt, was die Aufgabe war.

<263> Problem III

Wenn beliebige Punkte oder Positionen gegeben und irgendwie angeordnet sind, sofern sie nur die richtige Entfernung für die Erzeugung von Echos haben, wie muss man die anakamptische Objekte aufstellen, so dass der reflektierte Schall allein für die hörbar wird, die die besagten Positionen oder direkt-reflektierte Linien besetzen?

A, B, C, D, E, F, G seien die gegebenen Positionen, A sei die Schallquelle. Gesucht wird die Aufstellungsmöglichkeit anakamptischer Objekte bei den gegebenen Punkten, damit die Schallreflexion für niemand bis auf diejenigen hörbar ist, die die besagten Punkte zwischen den Positionen besetzen. Man verbinde besagte Punkte mit geraden Linien und teile die einzelnen Winkel in zwei gleiche Teile. Ich sage, dass durch die Senkrechten, die zu den Endpunkten der die Winkel schneidenden Linien gezogen werden, die Lage der gesuchten Objekte anzeigt wird und die Schallreflexion nur von denen wahrgenommen wird, die die gegebenen Punkte oder die direkt-reflektierten Linien besetzen. Weil nämlich die Linien, die die Winkel in zwei gleiche Teile teilen, nichts anderes sind als Katheten der Reflexionsfläche, so macht dies gemäß Satz 6 überall die Kathetenwinkel zu gleichen. Wenn also an den äußersten Punkten senkrechte Linien errichtet werden, werden sie dort zwei rechte Winkel mit der Kathete bilden. Wenn man von denen die vorigen Kathetenwinkel abzieht, werden nach Euklids sechster Definition die übrig gebliebenen Winkel der direkten Reflexion sein, das bedeutet, dass der Einfallswinkel gleich ist dem Reflexionswinkel. Der Schall fällt also von A auf die Mauer B, von dort wird er reflektiert nach C, von da nach D, von D nach E, von E nach F, von F nach G, von G schließlich nach H. Der Schall, der also an die einzelnen Objekte anschlägt, wird nach dem Gesetz der Winkelgleichheit zu den gegebenen Punkten reflektiert. Also gilt: Wenn beliebige Punkte … usw., was zu tun war.



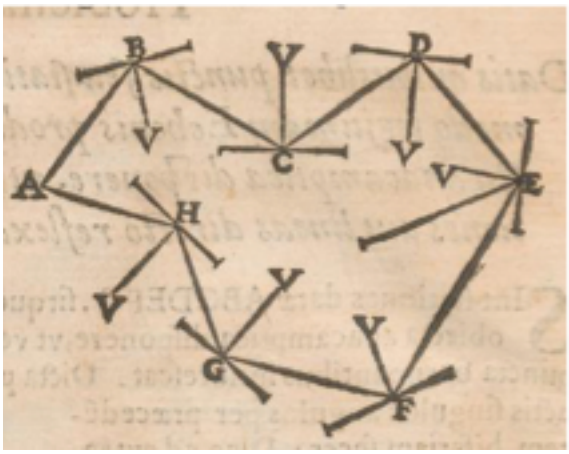
Folgerung

Somit ist klar, dass ein Ohr an einem beliebigen der gegebenen Punkte ein Echo vernehmen wird. Wenn sieben verschiedene Menschen an den sieben verschiedenen Punkten stehen, wird das von A ausgehende Echo hörbar sein, ja mehr noch, nicht nur an den gegebenen Punkten, sondern auch an jedem Teilstück der Linien, welche die Punkte verbinden, die wir die direkt-reflektierte nennen, wird es sich offenbaren.

Problem IV

Wenn beliebige Punkte gegeben sind: Wie stellt man phonokamptische Objekte so auf, dass der Schall teils innerhalb, teils außerhalb reflektiert wird und trotzdem ein Echo empfangen werden kann, wenn das Ohr auf irgendwelchen Linien der direkten Reflexion postiert wird

Gegeben seien die beliebig angeordneten Punkte A, B, C, D, E, F, G, H, die durch die Linien AB, BC, CD, DE, EF, FG, GH verbunden werden. Die einzelnen Winkeln werden zweigeteilt durch die Katheten BV, CV, DV, EV, FV, GV, HV, zu denen man an den Punkten B, C, D, E, F, G, H Linien im rechten Winkel gezogen werden, auf die phonokamptische Objekte gestellt werden. Ich sage, dass die auf diesen Geraden aufgestellte Objekte den Schall teils innerhalb, <264> teils außerhalb reflektieren und dass die Reflexion für jedes Ohr hörbar wird, das auf den Linien der direkten Reflexion postiert ist. Da nämlich gemäß der Vorgabe die Kathetenwinkel gleich sind und die der direkten Reflexion auch, somit trifft der von B reflektierte Schall gemäß Satz 1 notwendigerweise innerhalb auf C, dann wird er nach außen nach D getragen, dann nach innen nach E, dann wiederum nach F und von da innen nach G, dann wieder nach außen nach H und schließlich wieder nach außen nach A, immer nach dem Gesetz der Winkelgleichheit. Wenn beliebige Punkte gegeben sind … usw. Das war zu tun.



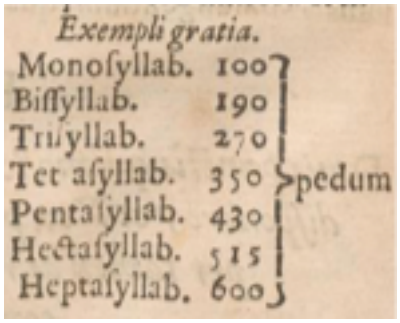
Wir sagen außerdem: Hat irgendein phonokamptisches Objekt seine Fläche mit seiner Kathete außerhalb des Bereichs der gegebenen Punkte oder erstreckt sich die Reflexionskathete nach außen, so geschieht die Reflexion nach außen. Die Reflexion geht aber nach innen, wenn die Reflexionskathete sich nach innen neigt. Im vorliegenden Beispiel sind C und H die phonokamptischen Objekte der Reflexion nach außen, ihre Katheten CV und HV verlaufen nach außen. Die anderen Objekte haben nach innen verlaufende Katheten, solche sind BV, DV, EV, GV, sie reflektieren auch nach innen.

Problem V

Ein polyphones Echo konstruieren oder eines, das nach der ersten Schallaussendung denselben Laut und andere Sätze einige Male wiederholt

Wie man ein polyphones Echo konstruieren muss

An dieser Stelle muss in Erinnerung gerufen werden, was wir im dritten Vorspiel über die Echo-Distanz mitgeteilt haben. Da eine festgelegte und mathematisch bestimmbare Distanz bei dieser schlüpfrigen Aufgabe nicht angegeben werden kann, wird es der am besten machen, der besagte Distanz anhand der Wahrnehmung oder mit einem Messgerät herausfinden wird. Das macht man so: Man suche sich eine feste Mauer, die glatt und sehr gut für die Reflexion geeignet ist. Dann bewege man sich in senkrechter Linie auf die Mauer zu und von ihr weg, bis sie eine Silbe vollkommen zurückwirft, und messe den Abstand mit einem bekannten Maß aus. Dann gehe auf dem geraden Weg rückwärts, bis die Mauer ein zweisilbiges Wort zurückwirft, und messe diesen Abstand wieder sorgfältig ab. Darauf gehe man so weit zurück, bis sie ein dreisilbiges Wort reflektiert. Und so gehe man immer weiter zurück bis sie ein zehnsilbiges Wort oder irgendeinen Vers vollständig reflektiert haben wird, wobei man für alle Mehrsilbler auf den Abstand zur Mauer achtet. Die Erfahrung wird zeigen, dass die Abstände, mit denen das Echo um jeweils eine Silbe vermehrt wird, nicht gleich sind, sondern immer kleiner und kleiner werden. In gleicher Weise zeigt sich, dass die Abstände, in denen es ein polyphones Echo gibt und eine Silbe einige Male wiederholt wird, und die Abstände, in denen das Echo auf sieben Silben wächst, nicht gleich sind, sondern sie werden immer kleiner und kleiner.


Exempli gratia.

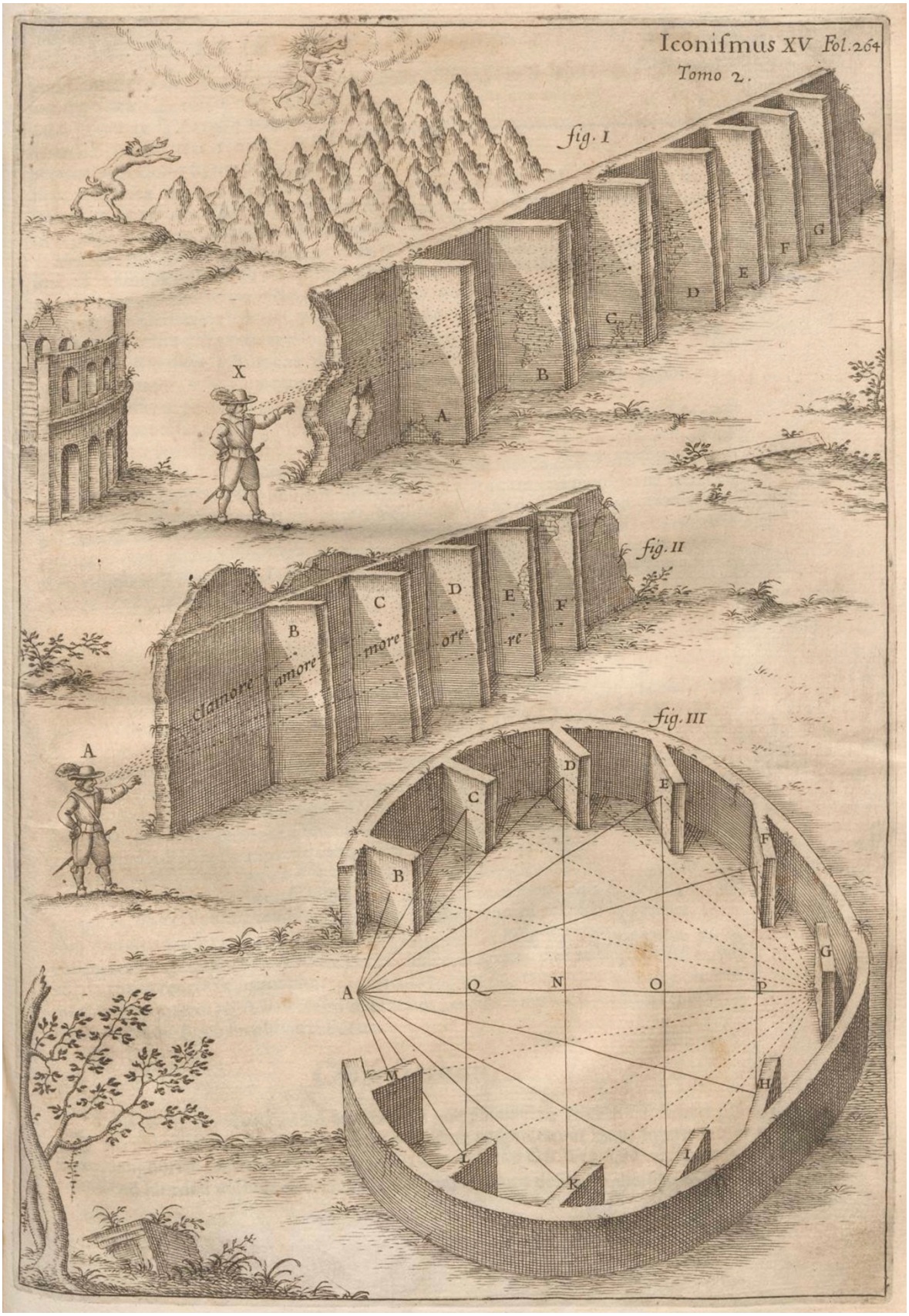
Monoſyllab.	100	pedum
Biſſyllab.	190	
Triſyllab.	270	
Tetraſyllab.	350	
Pentaſyllab.	430	
Hexaſyllab.	515	
Heptaſyllab.	600	

Warum die Abstände für ein polyphones Echo nicht gleich sind

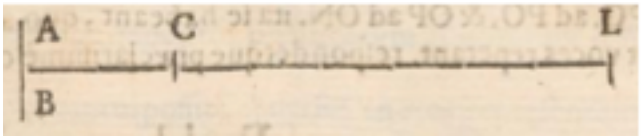
Die Ursache dafür ist nichts anderes als die Erschlaffung des Schalls, der, je weiter der Abstand ist, den er durcheilt, immer schwächer und schwächer wird, bis er ganz erstirbt. Da der Schall also immer schwächer wird, können die Abstände auf keinen Fall immer gleich sein, sondern sie müssen immer kürzer werden, je weiter sie entfernt sind (wie das beim Prospekt von Säulen geschieht).[8] In welchem Verhältnis sie abnehmen, ist dennoch schwer zu erkennen, da die Geschwindigkeit der Bewegung es kaum ermöglicht, dass die Abstände ein genaues, sicheres Verhältnis erhalten. Sicherer geht man vor, wenn man für das Hörvermögen Abstände für mehrsilbige Wörter benutzt und so den Abstand für ein polyphones Echo herausfindet. So könnte man meist die Sache auch mit einem Messinstrument weiter erforschen. AB soll eine Mauer sein, von der Echomesser sich so weit entfernen soll, bis sie den Vers „arma virumque cano“ unversehrt reflektiert. Das sei am Punkt C der Fall.

[8] Gemeint ist wohl eine perspektivische Darstellung von Säulen im gleichen Abstand, wo die Abstände der Säulen in der Darstellung geringer werden (etwa wie die Wände in Iconismus XV).

<263>


Iconiſmus XV Fol. 264
Tomo 2.
fig. I
X
A
B
C
D
E
F
G
fig. II
clamore
amore
more
ore
re
fig. III
A
B
C
D
E
F
G
M
H
I
K
L
N
O
P
Q

<265> Dort gibt der erste unbewegte Echovermesser einem weiteren Gefährten das Zeichen der letzten Silbe der Reflexion „cano“ an, so weit auf der Linie CL zurückzugehen, bis, nachdem zuerst bei C das Zeichen für die erfolgte Reflexion gegeben wurde, das Echo zum zweiten Male beginnt. Auch dieser gibt das Zeichen für erfolgte Reflexion einem Dritten, der auf derselben Linie so weit zurückgeht, bis nach dem Ende der zweiten Reflexion das dritte Echo anfängt und so weiter bis ins Unendliche. Wenn die Abstände sorgfältig ausgemessen werden, ergeben sie die Stellen, an denen Mauern errichtet werden können, die vollständige Sätze mehrere Male reflektieren.



Echo an den Mauern Avignons

Da jedoch diese Beobachtungen schwierig sind, macht es ein Echovermesser besser, wenn er sich Mauern aussucht, die in gleichen und für die Schallreflexion proportionierten Abständen unterbrochen sind. Solche Mauern geben meist den Schall einige Male unbeschädigt wieder, wie es mich meine Erfahrung mit Stadtmauern mit verschiedenen Türmen gelehrt hat. Zuerst bei den Mauern von Avignon, bei denen der Schall achtmal deutlich unterscheidbar wiederholt wurde, wenngleich die phonokamptischen Hindernisse in gleichen Abständen verteilt waren. Ähnlich bei den Stadtmauern Roms, wo entsprechend der Anzahl der Türme der Schall zwei-, vier-, fünf-, sechs- oder siebenmal wiederholt wird. Doch wir wollen uns dem anfangs vorgenommenen Problem näher zuwenden.

Es soll also eine weitläufige Mauer sein mit sieben Türmen, wie sie die Figur Nr. 1 zeigt, deren Abstand untereinander so weit ist, wie die Schallquelle X vom ersten Turm entfernt ist, und die Oberflächen der Türme sollen zur Schallquelle parallel und senkrecht stehen. Ich sage, dass der Schall von X, der auf jede der Mauern A, B, C, D, E, F und G trifft, auf sich selbst reflektiert wird und ein siebenfaches Echo erzeugt. Da nämlich nach unserer Voraussetzung der Schall auf sich selbst reflektiert wird von allen Mauern die zum Klang senkrecht stehen, und da dann der Ton von den weiter und weiter entfernten Türmen immer langsamer und langsamer zurückkehrt, muss der letzte Turm den Schall langsamer reflektieren als der vorletzte, der vorletzte langsamer als der vorvorletzte und so weiter. Ein bei X postiertes Ohr wird also ein siebenfaches Echo hören. Somit haben wir ein siebenfaches Echo konstruiert, was zu tun war.

Problem VI

Gegeben seien beliebig im Kreis angeordnete Punkte. Ein polyphones Kreisecho soll konstruiert werden. Siehe dazu Figur III in Abbildung XV

Die beliebig angeordneten phonokamptischen Punkte auf dem Kreis seien A, B, C, D, E, F, G, H, I, K, l, M. Zu ihnen sollen von A Linien gezogen werden, also z. B. AB, AC, AD und so weiter. Ich sage, dass die von dem Punkt des Kreisradius G gezogenen Linien GB, GC, GD, GE, GF, GH, GI, GK, GL die Lage der phonokamptischen Objekte anzeigen werden. Da nämlich nach Buch 16, Kapitel 4 der *Elemente* des Euklid die Winkel im Halbkreis rechte sind, müssen die von G aus gezogenen Linien zu den von A verlaufenden Schalllinien Senkrechte sein. So wird der Schall von A zu dem phonokamptischen Objekt, das auf Linie B steht, nach A reflektiert. Da

die Linien C, D, E, F, G, H, I, K, L zu den Schalllinien, die von A verlaufen, Senkrechte sind, reflektieren die auf ihnen aufgebauten phonokamptischen Objekte den Schall in gleicher Weise nach A. Da zudem die von A gezogenen Linien immer länger und länger werden, folgt daraus, dass der Schall immer langsamer und langsamer nach A zurückkehrt. Somit entsteht ein polyphones Echo; die Laute folgen nacheinander und werden so oft wiederholt, wie Punkte im Kreis angegeben sind. Wenn diese in beiden Halbkreisen den gleichen Abstand von A haben, werden sie gleichzeitig ein Echo zurückwerfen und machen es doppelt so stark.

Folgerung
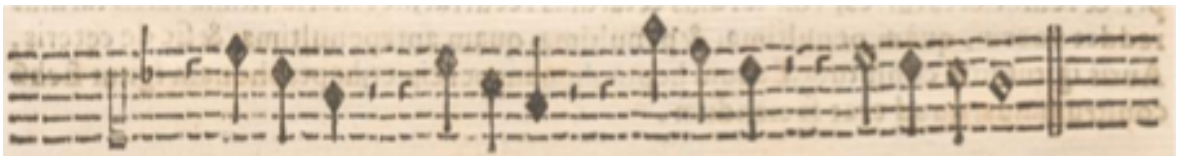
Echo, das in Kreisform ertönt

Daraus ist klar zu ersehen, mit welcher Leichtigkeit man in einem Kreis ein polyphones Echo konstruieren kann. Dort erkennt man die bewundernswerte Eigenheit dieser Figur, die Erschlaffung der Schallbewegung darzustellen, denn die anakamptischen Abstände GP, PO, ON sind, wie gesagt, nicht gleich, sondern mit der beständigen Verringerung, werden sie umso schwächer, je mehr sie sich dem Betrag <266> der Aktionslinie, die AG darstellt, annähern. So, dass sich die Abstände PG zu PO und OP zu ON so verhalten wie die Abstände der phonokamptischen Objekte, damit sie den Schall reflektieren. Das entspricht haargenau all den von uns gemachten Experimenten.

Problem VII

Einen Kirchenchor so einrichten, dass drei Sänger so viel Gesang darbieten wie hundert

Das Kuppeldach eines Chorraums soll so gebaut sein, dass es innen eine runde Fläche hat und die Orgel und die Sänger sollen rings ums Zentrum des Dachs aufgestellt sein, wodurch man das Gewünschte erhält. Weil nämlich alle Schalllinien zum Dach Senkrechte sind, werden sie dorthin zurückströmen, woher sie gekommen sind, und den Schall gewaltig verstärken. Wenn für den Chor eine Entfernung gewählt wird, die für die Wiederholung eines dreisilbigen Echos ausreicht, und an dieser Stelle die Mauer mit einer kugelförmigen Wölbung versehen wird, deren virtuelles Zentrum sich dort befindet, wo sich die meisten Menschen gewöhnlich der Anbetung überlassen, dann werden die Stimmen nicht nur an dieser Stelle gewaltig verstärkt, sondern sie bilden auch einen vom ersten unterschiedenen Chor. Wenn man nämlich die Gesänge mit Klauseln dreier Töne so ausstattet, dass nach den vorgeschriebenen Klausel immer so lange pausiert wird, wie die besagten Klauseln dauern, werden die Menschen, die sich an besagter Stelle aufhalten, völlig überzeugt sein, dass zwei Chöre singen, die aus einer großen Menge von Sängern bestehen. Eine solche Klausel wollen wir hier anfügen:



Wenn der erste Chor die erste Klausel singt, wird die Decke als ‚zweiter Chor', während der erste pausiert, das bereits Gesungene wiederholen. Mit hervorragendem Erfolg könnte man dies in der sehr weiträumigen Kirche Sankt Peter durchführen, wenn es einen Musiker gäbe, der Kenntnis von so etwas Geheimnisvollem hätte. Auch die Kirche für die Unheilbaren des Heiligen Jakobus hier in Rom eignet sich dafür so gut, dass man meinen könnte, der Architekt habe es berücksichtigt.
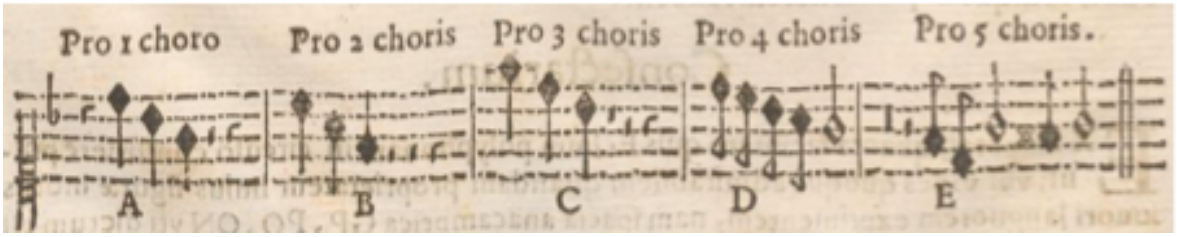
Folgerung

Daraus und aus dem Vorhergehenden wird hinreichend klar, wie man kunstvoll Echos erzeugen kann.

Verfahren, um ein musikalisches Echo zu erzeugen

Mit Sicherheit kann man sie nicht nur in Kirchen, sondern auch auf freiem Feld nach den vorhergehenden Anweisungen so erzeugen, dass geeignete musikalische Klauseln nicht nur einmal, sondern zwei-, drei, viermal oder so oft, wie man will, wiederholt werden und alle glauben, dass von verschiedenen, verteilten Chören gemacht wird, was ein einziger Chor singt. Um zwei Chöre darzustellen, muss man nach der oben vorgestellten Klausel eine Pause von zwei Zeiteinheiten, um drei Chöre eine Pause von drei, um vier eine von vier Zeiteinheiten ansetzen. Wie folgt:

Musik für ein Echo



An diesem Beispiel sieht man, dass die erste Klausel A einmal reflektiert wird, die zweite B <267> infolge der längeren Schalllinien zweimal, die dritte dreimal. Weil die Schalllinien immer länger werden, wird die Klausel D viermal wiederholt wegen der Länge der Schalllinien, und so weiter.

Aus dem Gesagten wird klar, wie man ein Echo erzeugen kann, das verschiedene Chöre darstellt. Sollte aber der Abstand so lang sein, dass sich darin der Schall auf längere Distanz verliert, würde ich Trompete, Trommel und andere Instrumente mit kräftigerem Klang den Vorzug geben, da sie weiter als Stimmen reichen und ihr reflektierter Schall sich den Ohren angenehmer darbietet als in engen Räumen.

Frage [Erotema]

Ob man ein heterophones Echo einrichten kann,
das andere Wörter als die ersten reflektiert

Auf den ersten Blick scheint dieses Unterfangen etwas ganz Unmögliches einzuschließen. „Es scheint mir unmöglich“, wird man sagen, „wie der Schall sich von sich selbst unterscheiden könne.“ Da ja ein Echo nichts anderes ist als das fortgesetzte Ausstrahlen eines Ausgangsschalls und sein Rückstrahlen und da es auf keine Weise etwas anderes in der Reflexion vorbringen kann, als was zuerst ausgesendet wurde, scheint die Frage zu implizieren, dass ein Echo entsteht, welches etwas anderes wiedergibt. Meine Antwort:

Heterophone Echos sind vielfältig.

Man kann ein Echo unter vielen Aspekten betrachten, also als „orthophones“ oder direktes Echo, oder als „loxophones“ oder schräges, dann auch als „monophones“, das eine Silbe, oder als „polyphones“, das mehrere Silben reflektiert. Ich behaupte somit, dass ein ortho- und monophones Echo tatsächlich nicht in der Lage ist, etwas anderes darzustellen als das, was sich zuvor ausgebreitet hat. Dennoch behaupte ich, dass es einige loxophone Echos gibt, denen wir die Eignung zuerkennen können, etwas anderes zu reflektieren, als was sich zuvor ausgebreitet hat. Einige glauben sogar, man könne auch orthophone Echos so einrichten, dass der reflektierte Schall anders ist als der ursprüngliche. Wenn sie griechische Wörter aussprechen, lassen sie das Echo lateinisch antworten, wie bei diesen Wörtern:

οἳ θεοὶ πάντα πολοῦσι πόνοις [Hoi theoi panta polousi ponois]	bonis
πάντα πολοῦσι [Panta polousi]	lusi
[οἳ θεοὶ ἐνθάδε] Hoi theoi enthade	aetate

So oder ähnlich kann man aus irgendeiner Sprache Wörter mit ähnlich klingendem Auslaut so auswählen, dass sie in verschiedenen Sprachen dennoch unterschiedliche Bedeutung haben. Wie aber hier die Ähnlichkeit erzwungen und von geringem Witz ist, so findet man sie für die Praxis nicht leicht, sondern nur nach langen Studien und mit geringem Ertrag. Vielleicht findet man sie besser in ein und derselben Sprache. Einige Beispiele dafür wollen wir hier anführen. Man betrachte die Figur Nr. II in der Abbildung XV.

CLAMORE
AMORE
MORE
ORE
RE

Beispielsweise soll ein viersilbiges Echo erzeugt werden; die Objekte B, C, D, E, F sollen so aufgestellt werden, dass jedes immer eine Silbe langsamer reflektiert. Das Wort soll dreisilbig sein, aber virtuell viersilbig, und zwar das folgende Wort CLAMORE. Die Schallquelle soll in A sein. Da die Objekte so aufgestellt sein sollen, dass sie die Silben jeweils langsamer reflektieren, reflektiert jedes Objekt mit Sicherheit ein anderes bedeutungsvolles Wort, so gibt Objekt B CLAMORE wieder, C AMORE, D MORE, E ORE und F RE. Ein polyphones Echo wiederholt also jeweils andere Wörter, wie wenn jemand ruft, „ich will dir doch danken, wozu das Geschrei?“ [Tibi vero gratias agam, quo clamore?] Das Echo antwortet, „ich danke Dir mit Geschrei, Liebe, Sitte, Sache [gratias agam CLAMORE, AMORE, MORE, RE].“

So wird das Wort CONSTABIS [Du wirst fest stehen] von unterschiedlichen Objekten immer anders reflektiert, wie das hier gezeigt wird. Unzählige Wörter dieser Art kann man finden, die nacheinander immer anderes als den ursprünglichen Schall reflektieren, so dass das Echo nicht mehr das erste, sondern immer andere Wörter zurückwirft. Auf diese beiden Arten und nicht anders kann ein orthophones Echo – freilich nur bei unterschiedlichen [Reflexions-]Objekten – Wörter zurückwerfen, die sich vom ursprünglichen unterscheiden. Die Frage ist also, ob auch ein loxophones Echo so erzeugt werden kann, dass es auf eine Frage in einer Sprache mit einer anderen antworten kann.

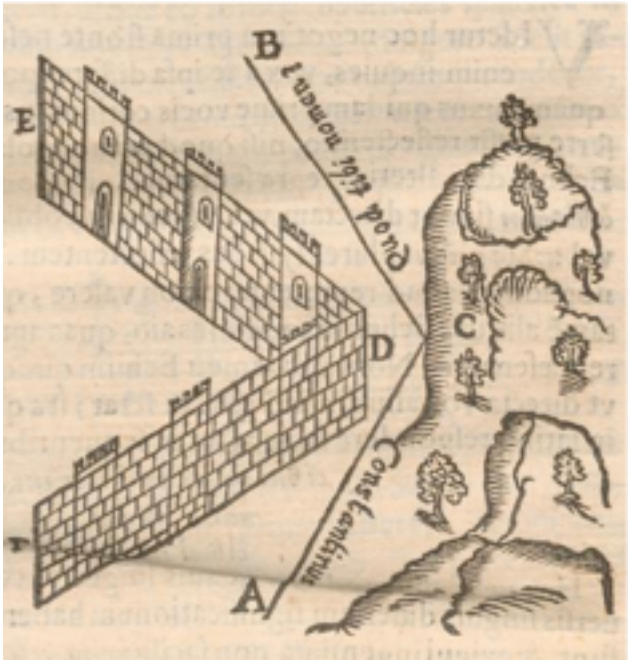
CONSTABIS
STABIS
ABIS
BIS
IS

<268> Problem VIII

Ein heterophones Echo erzeugen, dessen Reflektion immer anderes und wieder anderes in irgendeiner Sprache antwortet

Was ist ein heterophones Echo?

Dieses Echo erfordert die Bemühungen zweier Leute. Es wird so eingerichtet: Zuerst bestimme man den Abstand, der sich dafür eignet, einen Vier- oder Fünfsilbler vorzutragen, das heißt ein vier- der fünfsilbiges Wort korrekt auszusprechen. Dann stelle man ein Objekt so auf, dass die Stimme eines Menschen, der an der ersten Station steht, auf dieses Objekt trifft und zum Gehör eines Menschen reflektiert wird, der an der zweiten Station steht. Doch soll der erste den zweiten nicht sehen, nur hören. Daher muss das Objekt in der Gegend des Zusammenlaufens zweier Mauern oder eines Felsvorsprungs aufgestellt werden. So wird es in der Zeichnung deutlich, wo die Mauern E und F in D zusammenstoßen und C ein Fels oder ein sonstiges reflektierendes Hindernis ist, sei es künstlich oder natürlich. Der Ausgangspunkt des vor und zurücklaufenden Schalls in A und B soll einen solchen Abstand vom Objekt D oder C haben, dass er – wie gesagt – vier oder fünf Silben korrekt hören lässt. Auf diese Weise trifft, wenn der erste bei A sein Wort auszusprechen begonnen hat, dieses gleich schräg auf C und wird nun nicht nach A, sondern nach B reflektiert. Sobald es der bei B stehende gehört hat, antwortet er etwas anderes in irgendeiner Sprache, das, von C reflektiert, sofort zu den Ohren des bei A stehenden dringt. Der nimmt etwas anderes wahr, als er zuvor gesprochen hat. Wenn er zum Beispiel gefragt hat: „wie lautet dein Name?“ [quod nomen tibi], soll der zweite, bei B stehende antworten: „Constantin“ [Constantinus]. Der bei A stehende hört unmittelbar auf seine Frage als Antwort nicht seine Worte, sondern die eines zweiten, die reflektiert werden. Mit Sicherheit ist dieses Kunststück, zumal wenn



es mit Umsicht eingerichtet wird, ein solches Wunderwerk, dass sich, wenn ich es hier in Rom auf unserem Landgut zu tun gewagt hätte, wohl kaum einer gefunden hätte, der die Ursache dafür begriffen hätte. Alle hätten sich nur gewundert und wären vor Staunen erstarrt, wenn sie auf jede Frage ein Echo mit ganz anderen Worten gehört hätten. Dennoch sind zur Verdeckung des Kunststücks zwei Menschen nötig, die mit möglichst gleicher Stimme ausgestattet sind. So nämlich bleibt die Illusion besser erhalten. So also haben wir ein heterophones Echo erzeugt, was unsere Aufgabe war.

Corollarium I

Aus dem Gesagten geht hervor, dass man sich auf diese Weise von den Punkten A und B Beliebiges zurufen kann, ja dass zwei Chöre mit abwechselndem Gesang auf wundersame Weise miteinander musizieren und noch anderes von ausgesuchter Kunstfertigkeit veranstalten können, was man den einfallsreichen Geistern überlassen wird.

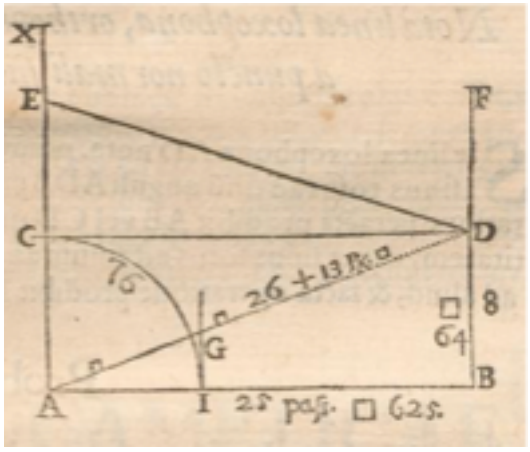
Corollarium II

Klar wird aber auch, dass es sich mit der Täuschung des Gehörs genauso verhält wie mit der der Augen. Denn der bei A stehende Mann wird sicher glauben, dass die Stimme von D aus zurückschallt und dass es die sei, die von ihm ausgeschickt wurde. Das Kunststück wird umso geheimnisvoller, je ähnlicher sich die Stimmen sind und je weniger der eine vom anderen weiß. Doch dazu wird es im Folgenden noch reichlich Redestoff geben.

<269> Phonokamptische Trigonometrie, oder: Abmessung von Schalllinien

Problem I

Wenn der senkrechte Abstand von einer Mauer und der Reflexions- oder Einfallswinkel gegeben sind, wie groß ist der Abstand aller loxophonen Punkte von dem Punkt B der Senkrechten?



FBD sei eine Mauer, der senkrechte Abstand hat das bekannte Maß von 25 Schritten, die loxophonen Linien seien AD und DE. Ich sage: Wenn einer von beiden Winkeln CAG oder GAI oder, was dasselbe ist, DAB der Reflexions- oder CDA der Einfallswinkel bekannt ist, kennt man auch die Linien BD, AD, AC, CD ED. Der Winkel CAD, der dem Einfallswinkel ADB gleich ist, wird mit einem dioptrischen Gerät ermittelt. Er hat 76°. Von 90 abgezogen, ergeben sich 14° für GI, den Winkel der Schallkathete CDA, so dass man also die Linie DB erhält oder den loxophonen Punkt DB. Wie sich nämlich der Sinus des phonoptoptischen Winkels von 76° zum Sinus des Kathetenwinkels von 14° verhält, so auch der Abstand von 25 Schritten zu der anderen Strecke. Nach dieser Operation ergibt sich die Linie DB des Abstands des Reflexionspunkts vom Punkt B.

Will man aber die Länge der loxoptischen Linie AD wissen, soll man ansetzten, wie sich der Sinus des phonoptoptischen Winkels ADB zum ganzen Sinus verhält, so verhält sich auch das bekannte Maß von 25 Schritten zur anderen Strecke. Die loxptoptische Linie AD ergibt sich als die gesuchte. Da ihr die Reflexionslinie ED gleich ist, wird ihre Länge von selbst bekannt.

Wollte man aber wissen, zu welchem Punkt auf der Linie AX der Schall von D reflektiert wird, gehe man so vor: Man verdopple die Strecke BD auf der Geraden AX von A aus und erhält den gesuchten Punkt E, zu dem der Schall A von D aus reflektiert wird. Da nämlich die Kathete CD das Reflexionsdreieck EDA in zwei gleiche Teile teilt, werden die Winkel EDC und CDA gleich sein. Gleich sind dann also auch die davon abhängenden Sinus, also AC und CE, deren Enden A und E den Abstand zwischen dem Schallzentrum A und dem Punkt E begrenzen, bei dem die Reflexion endet. Der Satz: „Wenn also der Abstand von einer Mauer gegeben ist …“ ist also gelöst.

Corollarium

Somit wird klar, dass die direkten und reflektierten loxophonen Linien zwischen zwei konstruierten Parallelen sich immer gleich sind. Zweitens: Der orthophone Strahl AB oder CD zum phonokamptischen Objekt FDB ist immer gleich der Schallkathete CD zwischen den konstruierten Parallelen EA und FB. Drittens: Die Strecke BD, wie lang und wie groß sie auch immer sein kann, ergibt verdoppelt immer das Maß des Abstands AE, bei dessen Ende im Punkt E der von D reflektierte Schall endet.

<270> Problem II

Wenn die Entfernung der Schallquelle vom Punkt des Endes der Reflexion gegeben ist, wie erhält man die orthophone Linie?

Die Strecke AC oder CE soll bekannt sein und E oder A die Schallquelle. Die orthophonen Linien AB oder CD sollen herauskommen, wenn man das Verhältnis ansetzt, wie sich der Sinus des Winkels GAI der Schallkathete zum Sinus des Einfallswinkels ADB auf dem bekannten Bogen CG verhält, so verhält sich auch das Maß für die Strecke DB zur anderen. Nach dieser Operation ergibt sich AB oder CD. Wenn man aber die Maße der loxophonen Strecken AD und DE erfahren will, muss man ansetzen, wie sich der Sinus des Winkels der Schallkathete zum ganzen Sinus verhält, so verhält sich auch die Strecke DB zur anderen. Danach ergeben sich AD und DE als die gesuchten loxophonen Linien. Die Begründung dafür ergibt sich aus Satz 15 der Dreieckslösungen bei Christophorus Clavius, bei dem man nachlese bei den Problemen 1, 2 und 3 der *Geometrie*.[9]

[9] Christophorus Clavius SJ (1538–1612), *Geometria practica*, 1606

Problem III

Bekannt sei eine loxophone Linie. Wie findet man die orthophone und die Entfernung des Schallzentrums vom Punkt der Senkrechten oder dem Reflexionszentrum?

AD sei die bekannte loxophone Linie. Zunächst findet man die Orthophone CD so: Wie sich der ganze Sinus zum Sinus des phonoptoptischen Winkels ADB verhält, so verhält sich auch das bekannte Maß für AD zur anderen Strecke. Ist die Berechnung durchgeführt, ergibt sich die gesuchte Strecke AB oder CD. Um wiederum die Länge der Linie DB zu finden: Wie sich der ganze Sinus zum Sinus des Winkels der Schallkathete GAI verhält, so verhält sich das bekannte Maß AD zu dem der anderen Strecke. Hat man die Berechnung durchgeführt, ergibt sich mit BD das Gesuchte.

Problem IV

Wenn eine orthophone Linie bekannt ist, wie findet man die loxophonen Linien und die Entfernung des Schallzentrums vom Reflexionszentrum durch Tangenten und Sekanten?

AB sei die bekannte orthophone Linie und man möchte die Größe der loxophonen Linie AD herausfinden. Das geht so: Wie der gesamte Sinus AI sich verhält zu AG der Sekante des Schallkathetenwinkels von 14°, so verhält sich auch die bekannte Linie AB von 25 Schritten zur anderen Seite. Das ergibt die Größe der gesuchten loxophonen Linie AD. Die Größe von BD herauszufinden geht so: Wie sich der ganze Sinus AI zur Tangente IG des Winkels von 14° verhält, so verhält sich auch das ganze Maß von 25 Schritten zur anderen Seite. Das ergibt die Größe der gesuchten Linie BD. Wenn BD aber bekannt ist, ergeben sich auch AB und AD, und zwar so: Wie sich der Tangens GI zum ganzen Sinus verhält, so verhält sich auch das bekannte Maß von BD zur anderen Seite. Damit erhält man die orthophone Linie AB. Die Größe der loxophonen Linie AD herauszufinden, geht so: Wie sich der Tangens GI des Winkels von 14 Grad zu der Sekante AG verhält, so verhält sich auch die bekannte Linie BD zur anderen Seite, das ergibt die gesuchte Größe von AD.

Wenn die Größe der loxophonen Linie gegeben ist, findet man die der orthophonen Linien CD und BD so:

Wie sich die Sekante AG zu AI verhält, so verhält sich die bekannte Seite AD zur anderen. Und so erhält man CD oder AB, die gesuchte orthophone Linie. Wiederum, wie sich die Sekante AG zur Tangente GI verhält, so verhält sich auch AD zur anderen Seite. das ergibt die gesuchte Größe von BD. Auf diese Weise werden alle Linien herausgefunden, die beim Gegenstand des Schalls zu berücksichtigen sind.

<271> Problem V

Wenn beim Schalldreieck zwei Seiten gegeben sind,
wie findet man die dritte durch Ziehen der Quadratwurzel?

Im Schalldreieck ADB soll die orthophone Seite AB von 25 Schritten gegeben sein und die Linie des Abstands des Schallzentrums von der Schallkathete von 8 Schritten. Die dritte Seite AD findet man dann so heraus: Man multipliziert die beiden Seiten mit sich selbst und zieht aus der zusammengenommenen Summe [der Quadrate] beider Seiten die Quadratwurzel. So erhält man gemäß Kap. 4 des ersten Buchs der *Elemente* von Euklid die gesuchte Linie AD.

Zweitens: Sind die Seiten BD und AD gegeben, so findet man die dritte AB, indem man das Quadrat der Linie DB vom Quadrat der gesamten Seite AD abzieht. Die Wurzel des Quadrats, das übrigbleibt, ergibt die gesuchte Linie AB. Drittens: Wenn die beiden Seiten AB und AD gegeben sind, findet man die dritte Seite BD so: Man subtrahiere das Quadrat von AB von dem von AD und die Wurzel des übrig gebliebenen Quadrats ergibt die gesuchte Linie BD.

Corollarium

Nach diesen wenigen Worten wird klar, wie man die Schalllinien bei allen Fällen der Echometrie zu messen pflegt. Da nämlich bei der Schallreflexion der Einfallswinkel immer gleich dem Ausfallswinkel ist, kann man die anderen Seiten herausfinden, wenn irgendeine Seite zusammen mit irgendeinem Winkel im Schalldreieck gegeben ist, und zwar genau mit der Methode, die wir vorgeschrieben haben. Ob die Schallreflexion nun in regulären oder in irregulären Körpern geschieht, immer muss man dieselbe Methode des Messens anwenden. Das wollte ich an dieser Stelle doch kurz vortragen, damit nicht der Verdacht aufkommt, unserer Phonokamptik fehle etwas.

Kapitel III

Anfertigung und Bauweise von akustischen Instrumenten

Vorrede

Wunderbares bezüglich der Anfertigung von akustischen Instrumenten

Akustische Instrumente nennen wir diejenigen, mit denen wir – wie sich mithilfe optischer Instrumenten von uns entfernte Objekte, die für den Gesichtssinn geradezu unerreichbar sind, den Augen als nah und unweit darbieten (darüber kann man ausführlich in der *Ars magna lucis et umbræ* nachlesen) – entfernte Klänge, die für das Gehör nicht fassbar sind, den Ohren vorstellen, indem sie in Werkzeuge eingeschlossen werden, die mit wunderbarer Kunst und Sorgfalt nach dem Vorbild der Natur gefertigt sind. Dazu gehört an erster Stelle der Bau von Sälen, Zimmern und Hallen, der mit solcher Kunstfertigkeit ausgeführt ist, dass die Fürsten darin an einem bestimmten definierten Punkt alles hören können, was noch so leise gesprochen wird. Zweitens gehört dazu auch der Bau von akustischen Instrumenten, die Schwerhörige benutzen, und dazu noch die akustische Kryptologie oder der wechselseitige geheime Austausch von Gedanken durch Klang und andere neue und sehr ungewöhnliche Erfindungen. Doch bevor wir die Sache angehen wollen, müssen, wie wir glaubten, die Experimente vorausgeschickt werden, die wir beim Aufbau des Werks gebrauchen wollen.

<272> Akustisches Experiment I

Rinnen oder Röhren transportieren wunderhaft den Klang

Die Aquädukte der Römer transportieren
die Gestalt des Klangs über eine große Entfernung.

Wie Licht, das in geglättete Gefäße eingeschlossen ist, den größten Zuwachs an Intensität gewinnt, so auch Klang, der durch Röhren transportiert wird. Ich glaube nämlich, wenn es für die gesamte klingende Sphäre einen Zylinder von einer Meile Länge mit gleicher Fassungskraft zur Kugel gäbe, dann würde ein Klang, der in freier Luft nur die Reichweite von 24 Fuß hätte, in jenem zylindrischen Rohr eine Reichweite von über tausend Schritt haben. Bestätigt wird meine Meinung durch die Erfahrung. Es sagen nämlich die Aufseher der römischen Aquädukte, dass innerhalb der Aquädukte über weite Strecken die Stimmen von sprechenden Menschen bis auf fünfhundert Fuß wahrgenommen werden als seien gegenwärtig, besonders wenn die Röhre gut geglättet ist. Die Erfahrung zeigt auch, dass eine Röhre von zweihundert Fuß selbst leise Stimmen am anderen Ende hören lässt. Das muss keinen wundern, da ein in Röhren eingeschlossener Klang, wenn er nicht entweichen kann, durch Ausbreitung in der Länge wiederzugewinnen sich bemüht, was er in einem freien Medium durch Zerstreuung, Verbreiterung und Verteilung der Klanggestalt verloren hätte. In solchen engen Räumen wird Klang immer wieder reflektiert und verstärkt. Er gewinnt so eine ungeheure Verstärkung und erlangt so die weit entfernten Grenzen seine Ausbreitung. Doch will ich an dieser Stelle eine berühmte Frage nicht übergehen, die meines Wissens nach bisher von keinem entschieden wurde. Es ist die, die jetzt folgt:

Eine eigenartige Frage:
ob Schall, der fest in eine Röhre eingeschlossen ist,
dort eine Zeit lang erhalten bleibt

Die Betrügereien von Porta und Cornelius Agrippa

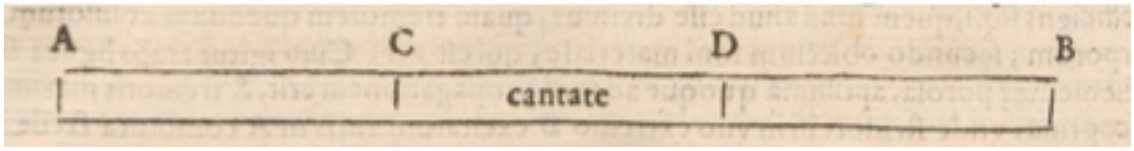
Es gab einige Menschen, unter ihnen Giambattista della Porta und Cornelius Agrippa, die dies nicht nur selbst glaubten, sondern auch andere davon zu überzeugen suchten, dass dies untrüglich wahr sei. Sie behaupten nämlich, dass eine Stimme, die in eine sehr lange blanke und glatte Röhre eingeflüstert wurde, die an einem Ende fest verschlossen wird, bevor Schallerscheinungen entweichen, innerhalb der besagten Röhre sich so erhält, dass sie nach einigen Tagen am anderen geöffneten Ende der Röhre, als sei sie aus einem Gefängnis befreit, von einem, der lauscht, gehört werden kann. Dieser Einfall war so einleuchtend, dass er nicht nur viele Parteigänger, sondern auch seine heftigsten Verteidiger fand. Johann Jacob Wecker, Alexius und andere haben versucht, die Sache für Land und Familie zu retten, indem sie sie als ganz sicher, wahr und ohne jeden Zweifel darstellten, und verbanden sie mit vielen Erfindungen, die auch die Nützlichkeit eines so hervorragenden Experiments bezeugen sollten. So kommt es, wenn die Erfahrung als Lehrmeisterin über die Dinge unbefragt bleibt und wir dem fantasievollen Treiben irgendeines Geistes blind und überstürzt folgen. Auf diese Weise verbreiten sich auf den Kathedern unerträgliche Irrtümer anstelle der Wahrheit. Wenn diese Leute zuerst ein Experiment in dieser Sache veranstaltet oder aber sich die Natur des Klangs gründlich angeschaut hätten, wären sie niemals auf einen so dummen Gedanken hereingefallen. So behaupte ich, dass man eher Wasser mit einem Sieb schöpfen kann als

Schall in eine Röhre einsperren. Und die Unmöglichkeit dieser Sache beweise ich mit folgendem Argument.

Wenn sich Schall in einer Röhre fortpflanzt, dann entweder durch reale oder intentionale Gestalten. Weder das eine noch das andere kann behauptet werden. Nicht das erste, denn die reale Gestalt des Schalls ist nichts anderes als eine beständige, aufeinanderfolgende Bewegung der Luft, die den Schall trägt. Wenn dieser eingeschlossen ist, sucht er einen Ausgang, der aber von beiden Seiten verschlossen ist. Er kann nicht reflektiert werden und ist nicht in der Lage zu entweichen wegen der hinter ihr zurückgelassenen Luft. Also erstirbt augenblicklich jede Luftbewegung und mit ihr die Bewegung des Schalls. Wer so versucht, Schall in eine Röhre einzuschließen, tut dasselbe wie einer, der mit einem Sieb glaubt Wasser schöpfen zu können.

Erklärung eines falschen Experiments

Es soll zum Beispiel eine Röhre AB von 400 Fuß gegeben sein, in der Länge nämlich, die ausreicht, ein dreisilbiges Echo zu erzeugen. Wenn nun jemand, der am Punkt A steht, flüstert – zum Beispiel „cantate"– soll ein zweiter am Punkt B auf ein Zeichen hin, dass ein Wort gesprochen wurde, die andere Röhrenöffnung B <273> schnell verschließen. Damit müssen die Schallerscheinungen eingeschlossen werden, die noch innerhalb der Röhre verweilten, weshalb dafür aber eine sehr lange Röhre erforderlich ist.



Nun behaupten einige, dass ein auf diese Weise eingeschlossener Schall lange Zeit erhalten bleiben könne und sich, wenn die Röhre geöffnet werde, wie ein Gefangener hören lasse, nicht anders als im freien Medium ein direkter oder auch reflektierter Schall unabhängig von seiner Wirkursache erhalten bleibt.

Widerlegung

Oh, welch törichter Mechanismus! Diese Betrüger sehen nicht den offensichtlichen Widerspruch in ihren Ansichten, es würde nämlich daraus folgen, dass Schall zugleich sein und nicht sein kann. Schall ist und bleibt, solange eine Luftbewegung besteht. Hört diese auf, hört auch der Schall auf. Jeder Schall hängt nämlich, wie im ersten Buch gesagt wurde, wesentlich von der Luftbewegung ab, gleichsam von seinem Transportmittel. Werden beide Enden der Röhre AB verschlossen, wird sich die Luft bis dahin bewegen oder es wird zur Ruhe kommen. Dass sie sich sicher beruhigt, beweise ich so: In den Teil CD soll hineingesprochen werden, wenn die Röhre an beiden Enden schon verschlossen ist. Ich behaupte, dass zugleich jede Bewegung aufhören wird, da die Luft weder nach vorne zu CA noch nach hinten zu DB in irgendeiner Weise entweichen kann. Genauso wenig gibt es Reflexion, da bei jeder Reflexion zuerst bewegte Luft eben durch Reflexion zurückgeworfen wird. Die Luft in BD kann aber nicht zurückgeworfen werden infolge der Zusammendrängung der vorderen Luft in AC, die kein Entweichen findet.

In dem Moment, in dem beide Öffnungen gleichzeitig geschlossen werden, kommt die gesamte Luft zur Ruhe und mit ihr die Ausbreitung des Schalls. Doch wird man behaupten, dass dort die Schallgestalten unbewegt erhalten bleiben. Doch selbst wenn man um des Argu-

ments willen annimmt, dass die Gestalten des Schalls dort erhalten bleiben, so sage ich trotzdem, dass zur Ruhe gekommene Schallgestalten auf keine Weise entweichen können, wenn der Ausgang B geöffnet wird, da natürlich nichts vorhanden ist, was sie antreibt, da der Schall, wie bereits gesagt, wesentlich von Bewegung abhängt, und ausgelöscht wird, wenn die Bewegung erstirbt. Es ist auch keine korrekte Annahme, dass im freien Medium der Schall unabhängig von seiner Wirkursache erhalten bleibt, da er im besagten Medium wohl kaum zur Ruhe kommt, sondern klingende Luft ständig in Bewegung ist, wie es uns die Natur des Echos deutlich zeigt. Die realen Gestalten des Schalls können also nicht in Röhren eingeschlossen, dauerhaft erhalten werden, was zuerst zu beweisen war.

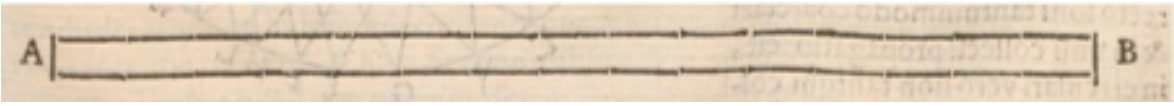
Die intentionalen Schallerscheinungen
können auch nicht eingeschlossen werden

Auch die intentionalen Gestalten des Schalls können nicht eingeschlossen werden, da ihre Wesenheit ähnlich der geistigen und körperlosen ist. Kein Widerstand kann so groß sein, sie aufzuhalten. Und die alltägliche Erfahrung lehrt uns, dass Schall selbst durch die dicksten Mauern dringt. Also ist es lächerlich – um nicht zu sagen: töricht –, Schall mit Schloss und Riegel bändigen zu wollen, wenn er, in eine Röhre eingeschlossen, durch den Verschluss so leicht entweichen kann wie durch Fenster oder Mauern. Man erkennt aus unserer Abhandlung, wie vernunftwidrig, ja absonderlich solche Vernünfteleien von Betrügern sind. Die Idee des in eine Röhre eingeschlossenen Schalls, die bisher die Katheder beherrschte, soll ins Reich der Fabel verwiesen werden. Diejenigen, die nach der Wahrheit suchen, sollen daraus lernen, nur demjenigen Glauben zu schenken, was vorher auf der Waage der Vernunft abgewogen wurde. Nach dieser Darlegung wollen wir zu unserem Vorhaben zurückkehren.

Experiment II

Schall pflanzt sich wunderbarerweise über längliche Balken fort

Dies ist ein bewundernswertes, wenngleich weit verbreitetes Experiment zur Fortpflanzung von Schall auf länglichen Balken. Man führt es so durch: AB sei ein Balken von 200 Fuß. Ich sage nun, dass man an einem der zwei Enden A oder B kein Geräusch erzeugen kann, dass so leise ist, dass man es am anderen Ende nicht wahrnehmen kann, als wäre es unmittelbar vor einem.



Was ist dafür die Ursache? Dass Schall, der auf eine Entfernung von 200 Fuß nicht mehr wahrnehmbar ist, gehört werden kann, wenn man einen Balken dazwischen hat, erscheint vielen paradox. Doch wer das, was wir im ersten <274> Buch über die Natur des Schalls gesagt haben, wirklich verstanden hat, wird hier keine Schwierigkeit sehen.

Um trotzdem den Vorgang dieses Experiments genau zu erklären, muss zweierlei angemerkt werden. Zuerst die Wirkursache für den Schall, von der wir sagten, sie sei nichts anderes als das Beben, das durch die Kollision von Körpern entsteht. Zweitens das stoffliche Objekt des Schalls, das die Luft ist. Da also ein Holzbalken äußerst porös ist, eignet er sich bestens zur Ausbreitung von Schall und kann sehr gut Erschütterungen aufnehmen. Deshalb nimmt ein Ohr am Punkt A auch das an dem einen Ende B erzeugte Geräusch wahr. Da man es so sehen muss, dass der Balken nach Art eines Klangkörpers auf das erzeugte Geräusch hin im Ganzen mitschwingt und folglich die Klanggestalten teils durch die Luft in seinem Inneren, teils durch die Luft außen weiterleitet, muss ein Ohr am Punkt A das beständige Schwingen der Luft als dem Transportmittel des Schalls hören können. Dass dies stimmt, bezeugt die Erfahrung: Wenn sich nämlich ein Balken irgendwo gesamt durchtrennt, wenn man ihn mit Binden umwickelt oder ihn am anderen Ende an einen Tisch anlegt, wird man überhaupt nichts hören, weil die so unterbrochene Schallschwingung kaum an die Luft gelangen kann, genauso wie bei einer Glocke, die mit einem Seil festgebunden ist, wegen der Beendigung der Schwingung keinen Ton mehr von sich gibt.

Corollarium

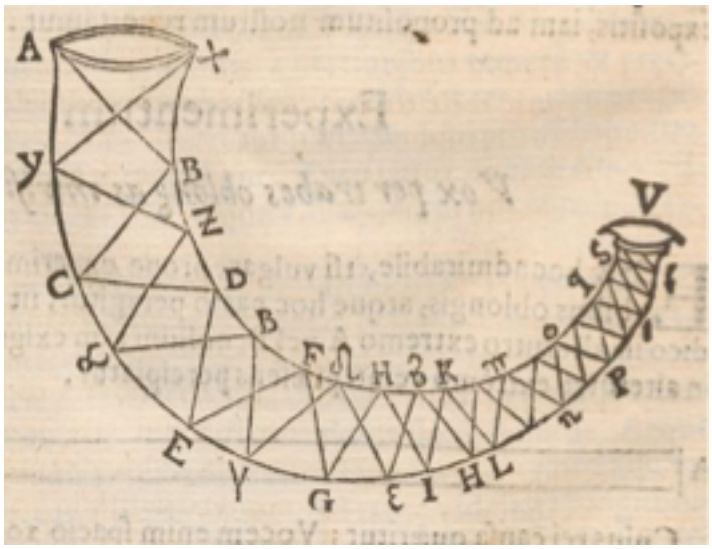
Daher ist klar, weshalb für das Experiment weniger erfolgreich ist, wenn man den ganzen Balken in die Erde eingräbt oder in eine Mauer einschließt. Wird er nämlich von Erde oder einer Mauer umgeben, wird er am Schwingen gehindert, so dass das Experiment am besten erfolgreich ist, wenn der Balken auf zwei Stützen leicht aufliegt und noch besser ist es, wenn er in freier Luft als Pendel schwingen kann. Ob es bei Balken aus Eisen oder Metall zum gleichen Erfolg kommt, wurde noch nicht herausgefunden. Ich habe aber keinen Zweifel, dass in jedem Klangkörper, sei er auch aus Glas, dasselbe passieren wird. Je glatter, ebenmäßiger und poröser die Körper sind, desto besser wird die Wirkung des Experiments sein, da sein Erfolg, wie gesagt, von der Schwingungsfähigkeit eines langen Körpers abhängt. Dass Schall sich besser in länglichen als in breiten Körpern fortsetzt, das bezeugen die Saiten. Deshalb lassen dichte Mauern den besagten Erfolg vermissen, weil sie eben nicht leicht schwingen können.

Experiment III

Schall pflanzt sich besser in gebogenen als in geraden Röhren fort und wird mehr verstärkt

Die alltägliche Erfahrung lehrt uns, dass Schall in einer gebogenen Röhre besser verstärkt wird als in einer geraden. Das beweisen vor allem Trompeten, das beweist das Horn Alexanders des Großen, mit dem er gewöhnlich sein ganzes Heer zu versammeln und im Kreis herumzuführen pflegte, wie es in der *Geschichte der wundersamen Klänge* gesagt wird. Man sucht nun nach der Ursache dafür. Dazu ist folgendes anzumerken: Wie Licht und Wärme

sich durch die Reflexion von Licht vermehren, wie wir in der *Ars lucis et umbræ* gezeigt haben, so vergrößert sich die Stärke des Schalls in einer konkaven, kreisförmigen Reflexion. Denn in einem geraden Rohr ist Schall nur zusammengepresst und seine Ausbreitung in einem Punkt gebündelt, in einem gebogenen wird er nicht konzentriert, sondern auch infolge unendlicher Reflexion der Schalllinien am meisten verstärkt und vermehrt.



<275> Also sei AV eine gebogene Röhre. In ihr, sage ich, wird Schall mehr verstärkt als in einer geraden. Weil nämlich außer der Bündelung des Schalls auch eine vielfache Reflexion stattfindet, gewinnt der Schall größere Heftigkeit. Man sieht, dass wie eine Schalllinie von A nach B, von B nach C, von da nach D, von D nach E und so weiter nach den anderen Punkten reflektiert und vielfach verstärkt wird, genauso auch der gegenüberliegende Strahl von X nach Y, von da nach Z, von da nach α und von da nach β reflektiert wird und damit eine andere Folge der Reflexion hat. Obwohl aber unendlich viele Schalllinien die Öffnung der Röhre AX passieren, verhält sich jede einzelne nach den Regeln der Reflexion. So entsteht eine unendlich große Anhäufung von Schalllinien, aus deren Reflexion notwendig ein Polyphonismus entsteht, der umso stärker ist, je mehr der Schall in Richtung V zusammengedrängt wird. Das gelingt in einer geraden Röhre wohl kaum. Darin wird, wie gesagt, der Klang nur zusammengepresst und gebündelt, die Ausbreitung des Schalls geschieht ohne so große Reflexion.

Corollarium

Eine konische Röhre verstärkt den Schall mehr als eine zylindrische.

So wird klar, dass eine konische Röhre den Schall mehr verstärkt als eine zylindrische. Die konische eignet sich nämlich besser für die Reflexion der Schallerscheinungen. Wenn man beide, das Konische wie das Zylindrische, rund biegt, vermag das konisch Runde mehr als das zylindrisch Runde. Das konisch runde Rohr verläuft von der Weite in die Enge, staucht und presst so die Schallerscheinungen zusammen und verstärkt sie damit, genauso wie der Wind an engen Stellen komprimiert wird und so größere Stärke gewinnt. In einem abgerundeten zylindrischen Rohr ist aber die Komprimierung überall gleich stark. Deshalb hat man das Horn Alexanders des Großen so konstruiert, dass es sich aus der Enge in die Weite vergrößert. Doch darüber siehe die *Geschichte der wundersamen Klänge* und die *Ars lucis et umbræ*.

Experiment IV

Breitet sich Schall über runde Oberflächen aus, gewinnt er ungeheure Stärke

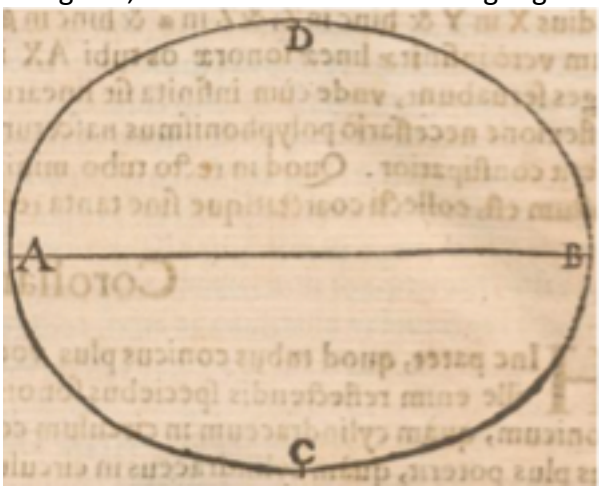
Die Erfahrung hat mich bei unterschiedlichen Arbeiten vielfach gelehrt, dass Schall, der sich über runde Oberflächen ausbreitet, am stärksten ist. Es gibt in Heidelberg in Deutschland einen sehr großen runden Turm, der mit solcher Kunstfertigkeit gebaut ist, dass sich zwei Menschen, die sich an beliebigen gegenüberliegenden Stellen gegenüberstehen, selbst mit äußerst leiser Stimme unterhalten können. Ich höre, dass es eine ähnliche Halle auch im Palast des Herzogs von Mantua gibt. Auch an den Bögen großer Brücken habe ich dasselbe erfahren. In der Kuppel von Sankt Peter hier in Rom habe ich ein Experiment in dieser Sache mit großem Erfolg veranstaltet. Innen in der Kuppel gibt es eine Koronis von einer solchen Größe, dass dort ein Wagen bequem und gefahrlos fahren könnte. An gegenüberliegenden Stellen der umlaufenden Koronis, in einem Abstand von fast hundert Fuß unterhalten sich zwei sich gegenüberstehende Menschen mit ganz leiser Stimme, wobei ein Auflauf von Menschen und der Lärm von Musikern sie nicht stört. An den übrigen Stellen der Mauer vernahm man nichts. Ohne Zweifel geschieht bei allen runden Flächen dasselbe. Um die Ursache dafür offen zu legen, muss man wissen, dass Schall im Vergleich zu Licht die Besonderheit hat, dass er gemäß der Luftbewegung ausgebreitet wird. Wenn die Luft sich daher geradeaus bewegt, pflanzt sich auch der Schall geradeaus fort, bewegt sie sich im Kreis, breitet sich auch der Schall kreisförmig aus. Und so gilt es auch für alle anderen runden Oberflächen.

Breitet sich Schall über runde Oberflächen aus,
ist er am besten wahrnehmbar.

Da zudem der Schall, der an runden Oberflächen verstreut wird, auf eine Flucht sinnt, aber keinen Ausweg findet, da dies Mauern verhindern, wird er durch die gerundete Oberfläche komprimiert, läuft schließlich auf der gegenüber liegenden Seite der schalltragenden Luft entgegen, die von der anderen Mauerseite im gleichen Augenblick dorthin gelangt, und wird so deutlich verstärkt. Aus einer derartigen Vereinigung und dem Zusammenfluss der Schallerscheinungen entsteht jene gewaltige Verstärkung des sich ausbreitenden Schalls. Deshalb gibt es nur an den sich gegenüberliegenden Orten diesen Phonismus. Diese Sache muss, wie wir glauben, noch gründlicher dargestellt werden.

AB sei die gerundete Koronis. Auf ihr seien A und B die beiden sich diametral gegenüberliegenden Orte. Ich sage, dass beliebige Worte, die einer, der am Punkt A steht, leise flüstert, nur von einem gehört werden können, der am Punkt B <276> auf der gegenüberliegenden Seite steht, sonst nirgends. Da sich nämlich, wie bereits gesagt, Schall kreisförmig ausbreitet und durch seine Zerstreuung von der Seite A nach der gegenüber liegenden Seite durch gleichförmige Luftbewegung getragen wird, muss er notwendig in gleicher Zeit die Halbkreise ADB und ACB durchlaufen und gelangt gleichzeitig an den Punkt B. Da sich die Phonismen dort vereinigen, muss der Schall dort notwendig verstärkt werden. Schall, der zuvor nicht wahrnehmbar war, beginnt sich am besagten Punkt bald dem Gehörsinn darzubieten. Dass an keinem anderen Punkt des Kreises außer an Punkt B der Schall wahrnehmbar, beweise ich so. Postiert man ein Ohr an Punkt C und flüstert jemand an Punkt A, ist an C, wie ich behaupte, nichts zu vernehmen. Da nämlich das Segment AC ein Teil ist, der dem Teil ADBC nicht gleich ist, der erste sehr kurz, der zweite sehr lang, fliegt der Schall von A nach C

zu schnell, von A über D und B nach C aber zu langsam, so dass dort keine Vereinigung der Phonismen stattfinden kann, folglich ist dort auch nichts zu hören. Da jedoch alle Bögen, die so beschrieben sind, ungleich sind und in ungleichen Zeitdauern vom Ton durchlaufen werden, kann in keinem eine Verstärkung des Schalls erfolgen außer in Punkt B, wo der Gleichheit der Schalllinien die Gleichheit der Luftbewegungen vollkommen entspricht.



Corollarium I



Daraus folgt, dass ein Kugelviertel, wie es das Kuppeldach irgendeines Chores sein kann, für diese Unternehmung am besten geeignet ist. ABCD sei ein Kugelviertel, A und C seien zwei sich gegenüberliegende Punkte. Ich sage, dass eine Stimme, die an Punkt A leise spricht, an Punkt C zu hören ist. Da nämlich alle Linien von A nach C Halbkreise sind, breitet sich der Schall nach den eben Gesagten über zahllose Halbkreise aus und wird an Punkt C gewaltig verstärkt, wenn sich alle Halbkreise wie an einem Pol vereinigt haben.

Corollarium II

Daraus folgt zweitens, dass diese Verstärkung der Phonismen an gegenüberliegenden Stellen eines halbkreisförmigen Kugelgewölbes oder einer halbkreisförmigen ebenen und glatten Kuppel doppelt so groß sein wird, da alle Schalllinien in einer Halbkugel in gleicher Zeit zu Punkt C gelangen.

Corollarium III

Drittens wird klar, dass an gegenüberliegenden Stellen einer Kugel, deren Durchmesser 90 geometrische Füße beträgt, eine so wunderbare Verstärkung der Phonismen stattfindet, weil die halbkreisförmigen Linien der gesamten kreisförmigen Fläche gleichzeitig an der gegenüber liegenden Stelle zusammenfließen.

<277> Experiment V

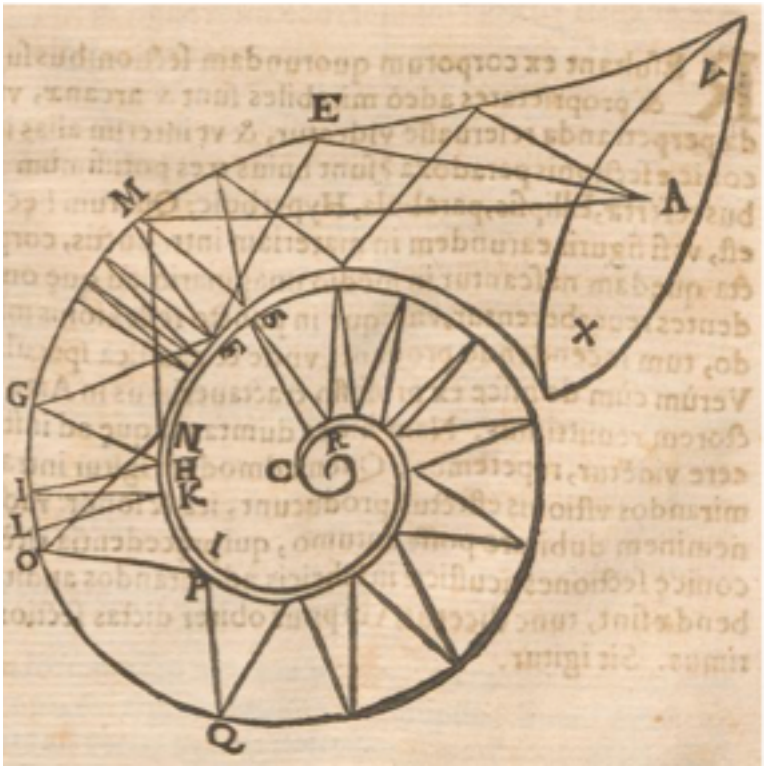
Der Schall, der sich in einer Schnecke oder in einem konischen Rohr ausbreitet, das in einer gewundenen oder spiralförmigen Linie gebogen ist, dem am besten geeigneten Körper, hat die größte Stärke

Auch dieses Experiment ist sicher der größten Beachtung wert. Schall wird vor allen bisher besprochenen Körpern in einem spiralförmig gebogenen konischen Rohr, wie es Schneckenhäuser sind, auf wunderbare Weise verstärkt. Niemals hätte ich dies geglaubt, wenn ich mich nicht selbst durch meine Erfahrung mich oft und immer wieder davon überzeugt hätte. Von dieser Gattung habe ich nichts Wunderbareres gesehen als eine Höhle des Tyrannen Dionysius in Syrakus auf Sizilien, die in Form eines Innenohres gebaut ist und die auch heute noch besteht. Ihre Beschreibung lese man nach in der *Geschichte der wunderbaren Klänge*. Dass die höchst weise Natur beim Bau des Ohres vor allen anderen Formen dieses Schneckenrohr ausgewählt hat, haben wir im ersten Buch, Kap. VII über die Anatomie des Ohrs jeder Tiergattung gezeigt. Und je vollkommener ist das Gehör des Tieres ist, desto vollkommener und offener ist die Schnecke, welche die Natur ihnen zugewiesen hat, wie man dies an den Ohren von Schweinen, Hasen, Mäusen, Hunden und Eseln sehr schön sehen kann. Beim Bau ihrer Ohren hat die Natur vollendete Spiralrohre verwendet. Zu erklären, aus welchen Grund oder nach welchem Plan der Natur dies geschieht, halten wir für der Mühe wert.

Die Kraft der Schallverstärkung in Schneckenröhren

Warum also ein Schneckenrohr vor allen anderen Formen Schall am besten verstärkt, dafür will ich die Ursache angeben. Alles, was über konische Rohre und Zylinder, seien sie gerade oder gebogen, gesagt wurde, trifft auf das konische Schneckenrohr am vollkommensten zu. Es sammelt nicht nur am besten die Schallgestalten und reflektiert sie vielfältig, sondern reflektiert sie auch in alle Richtungen rückwärts und vorwärts, meist in orthophoner Reflexion. Da der Gang der Schnecke nur durch eine feine Membrane abgetrennt ist, steigert er den Schall, wenn er an die Seiten anschlägt, nicht nur durch Reflexion, sondern auch indem er die Membran zur anderen Seite hin durchdringt und die Phonismen wunderbar verstärkt. Das soll man noch besser begreifen.

AMQC sei ein konisches Rohr, das schneckenförmig gebogen ist. Ich sage nun, dass darin vor allen anderen konkaven Körpern Schall am besten verstärkt wird. Am Punkt A soll eine Schallquelle sein, von der sich Schall innerhalb des konkaven Rohrs ausbreitet. Weil das Innere unregelmäßige gekrümmt ist, entsteht ständig eine sternförmige Reflexion, die, je weiter sie nach innen dringt, desto spitzer im Reflexionswinkel wird, bis sie schließlich als orthophone Reflexion einen sehr starken Klang verursacht. Man sieht also, dass der Schall von A nach E sich fortpflanzt, nach F reflektiert wird, von da nach G und H, nach I und K und L. Da diese Schalllinie orthophon ist und der Schall auf sich selbst reflektiert wird, wird er hier am meisten verstärkt. Auf gleiche Weise fällt eine Schalllinie von A nach M, wird von dort nach NOPQ reflektiert und sternförmig auf weitere Punkte, bis sie bei RS als orthophone Linie wieder ihre größte Intensität erreicht. Da aber vom Punkt A unendliche viele Linien gezogen werden können, treffen die einzelnen auf unterschiedliche Punkte auf der inneren <278> Oberfläche und werden dort in immer spitzeren Winkeln reflektiert, bis sie in einer orthophonen Linie zur Ruhe kommen. Da aber der Punkt A der Schallquelle kein mathematischer Punkt ist, sondern ein physischer, der mit seiner Breite versehen ist, unterliegen auch die von X und V ausgehenden Linien den gleichen Regeln für die Reflexion. Daher kommt es, dass unendliche viele Schalllinien in immer spitzeren Winkeln reflektiert werden und überall einen Orthophonismus zurücklassen, woraus schließlich jene Schallverstärkung entsteht, die wir bei solchen Röhren bewundern und die in keiner anderen Röhre vorkommt. Da sich außerdem die Röhre immer weiter verjüngt, vermehrt diese Konstruktion der Röhre, außer den Orthophonismen, innerhalb des engen Gehäuses die Intensität des Schalls wunderbar, bis er um die Öffnung C schließlich am stärksten ist. Nach dieser Regel wird der Schall, der sich innen ausgebreitet hat und dort verblieben ist, außen durch unzählige Phonismen verstärkt und pflanzt sich fort. Man erkennt aus diesen Ausführungen klar den Grund, weshalb in solchen Röhren die Intensität des Schalls so groß ist. Doch darüber wird in dem nachfolgenden Abschnitt über akustische Instrumente ausführliches Material angeboten, worüber zu reden sein wird.



Corollarium

So wird klar, warum die kluge Natur Tiere, die eine starke Hörkraft besitzen, mit einem schneckenartigen Organ ausgestattet hat. Dies eignet sich nämlich für die Reflexion von Schall, besonders aber für seine Verstärkung und Vermehrung.

Vorübungen [Progymnasmata] für die Echotektonik oder die geheime Anfertigung und auch die Musik von akustischen Instrumenten

Aufgabe I [Pragmatia I]

Macht man Schnitte durch bestimmte Körper, kommen Flächen zum Vorschein, deren Vermögen und Eigenschaften so bewunderungswürdig, aber auch so verborgen sind, dass die Natur sich selbst scheint vorbehalten zu haben, diese Wunderwerke zu vollbringen. Und um von unzähligen Dingen nicht weiter zu reden: Wer kennt nicht die Paradoxa der Kegelschnitte? Es sind dies vorzüglich drei Formen, die mit geradezu wunderbaren Kräften ausgestattet sind: Ellipse, Parabel und Hyperbel. Ihre besonders wunderbare Eigenschaft besteht darin, dass, wenn man ihre Formen in stoffliches Material überführt, sie konkave Körper beschreiben, und dass in der gedachten Mitte Punkte entstehen, auf die alle Linien innerhalb des konkaven Raums einfallen und dann zurückgeworfen werden und, am Reflexionspunkt vereinigt, die wunderbaren Effekte bei der Beleuchtung wie auch beim Entfachen von Feuer hervorbringen. Daher haben auch die Brennspiegel ihren Ursprung.

Doch da wir das in der *Ars magna lucis et umbræ* gründlich behandelt haben, verweisen wir den Leser dorthin. Hier wollen wir nur das wiederholen, was unserem Vorhaben am meisten zu nützen scheint. Auf die Weise nämlich, wie sich innerhalb besagter Körper die Strahlen des Lichts vereinigen und die wunderbaren Effekte des Entfachens von Feuer hervorrufen, so können auch die Strahlen des Schalls innerhalb der besagten konkaven Körper dasselbe bewirken, was sicher keiner bezweifelt, der das Vorausgegangene richtig verstanden hat. Wie also Kegelschnitte in akustischen Produktionen zur Herstellung von wunderhaften Effekten für das Gehör zu vollzogen werden können, soll dann gesagt werden, sobald wir nebenbei die besagten Schnitte in Material ausgeführt, zu beschreiben gelehrt haben. So sei also:

<279> Problem I

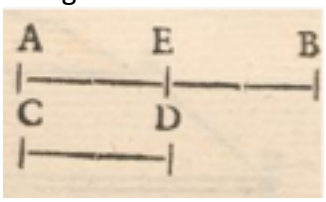
Eine Ellipse durch Ziehen eines Fadens beschreiben

Da wir im dritten und im zehnten Buch der *Ars magna lucis et umbræ* verschiedene Methoden mitgeteilt haben, eine Ellipse und andere Schnitte zu beschreiben, wollen wir hier dasselbe nicht wiederholen, sondern nur die Methode lehren, die uns zur mechanischen Echotektonik zu passen scheint. Auf diese Weise beschreibt man eine Ellipse durch Ziehen eines einzigen Fadens.

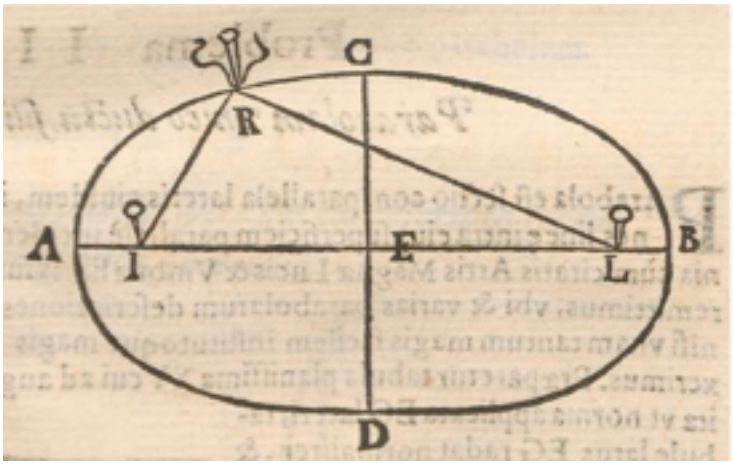
Jede Ellipse besteht aus zwei Durchmessern, einem größeren und einem kleineren. Wären diese nämlich gleich groß, wäre es keine Ellipse, sondern ein Kreis. Je kleiner der kleinere Durchmesser wird, desto spitzer wird die Ellipse und je mehr er sich vergrößert, umso stumpfer und kreisähnlicher, bis größenmäßig gleiche Durchmesser eine vollkommen kreisförmige Ellipse ergeben.

Die wunderbare Kraft der Ellipse

Man beachte ferner, dass man in jeder Ellipse außer in der kreisförmigen zwei Punkte findet, welche die Geometer mit einem Vergleich gemeinhin Fokus oder Brennpunkt nennen, weil an diesen bei Brennspiegeln Feuer entzündet wird. Diese beiden Punkte liegen Sitz jeweils auf dem größeren halben Durchmesser. Je weiter sie voneinander entfernt sind, desto spitzer ist die Ellipse, das heißt, desto unähnlicher ist sie dem Kreis. Je näher sie sich aber sind, desto eher fallen sie bei einer runden Ellipse in einem Punkt zusammen, der dann der Mittelpunkt eines Kreises ist.



Mit diesen Dingen im Sinn: Es seien als Durchmesser, welche die Ellipse formen, AB als der größere und CD als der kleinere gegeben. Hat man sie also gesetzt, findet man die Foki oder die vergleichbaren Punkte so: Ich schlage einen Kreis mit dem halben größeren Durchmesser, AE oder BE, von C oder D, einem der beiden Enden des kleineren Durchmessers auf den größeren AB. Wo der Zirkel auf beiden Seiten die Linie Ab schneidet, sind die beiden Brennpunkte, also in I und L. Hat man die Punkte I und L durch diesen Vergleich gefundenen, stellt man darauf zwei Stifte, um die werden zwei Fäden mit den Längen LA und IB gewickelt. Wird nun mit diesen ein Schreibstift herumgeführt, beschreibt er die gesuchte Ellipse. Die beiden Fäden geben uns zwei Linien LR und IR vor, die an den beiden Punkten I und R befestigt sind und mit dem Schreibstift R genau nach A geführt werden, dann von A zieht man den Stift R weiter herum und beschreibt damit die gesuchte Ellipse. Daraus wird klar, dass die beiden Fäden, die sich in Richtung der beiden Brennpunkte erstrecken, also z. B. LR und RI immer dem größeren Durchmesser der Ellipse gleich sind. Zu all diesen Demonstrationen sehe man in der *Ars lucis et umbræ* im vierten Buch nach, wo die Kegelschnitte behandelt werden.



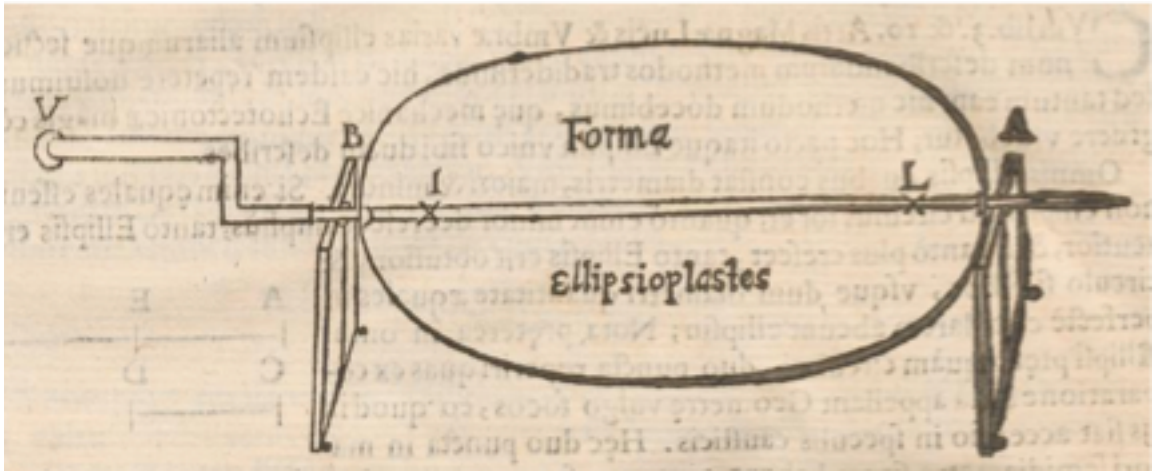
Problem II

Eine Ellipsioplaste in festem Material ausführen

Ellipsioplaste nennen wir jene Form oder das Maß, durch dessen Herumführung wir in weichem Material wie Gips, Zement oder Ton eine Ellipse formen. Wie nämlich ein Töpfer oder ein Bildner verschiedene Instrumente verwendet, um verschiedene Figuren zu bilden, so ist auch für die Bildung einer Ellipse eine plastische Form nötig, welche durch ihre Herumfüh-

rung die Ellipse hervorbringt. Deshalb nennen wir diese Form oder diese Vorlage eine „Ellipsioplaste“, gewissermaßen die Töpferform der Ellipse, <280> genauso wie wir auch Formen zur Bildung von Parabeln und Hyperbeln verwenden, die wir „Paraboloplaste“ und Hyperboloplaste“ nennen.

Eine Ellipsioplaste macht man also auf folgende Weise: Auf einem ebenen, glatten und sauberen Untergrund wird gemäß dem vorausgegangenen Problem für die gegebene Größe der Durchmesser einer Ellipse gezeichnet.

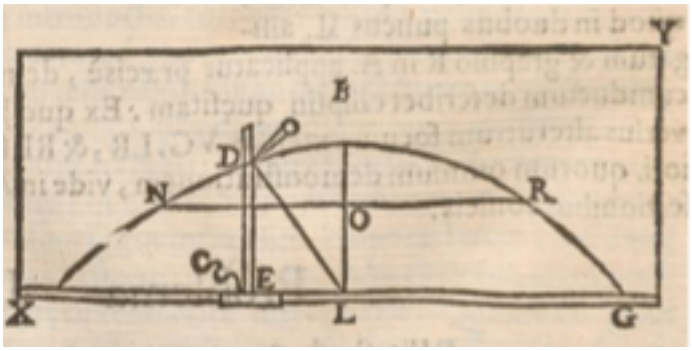


Danach schneidet man nach der auf dem Boden aufgezeichneten Ellipse aus einem Holzbrett oder einem Eisenstreifen die Ellipsioplaste heraus und markiert darauf sorgfältig die Brennpunkte. In einen der Punkte der Ellipse, in A führt man ein angespitztes Eisen ein, in den anderen, in B den Griff BV. Darunter stellt man feine Eisenstützen, so dass die Achse der Ellipse, wenn sie darauf aufliegt wie auf einer Unterlage, nach Belieben des Experimentators leicht und gleichmäßig gedreht werden kann. So erhält man die gesuchte Ellipsioplaste, wie die Darstellung sie zeigt.

Problem III

Eine Parabel durch Ziehen eines Fadens aufzeichnen

Eine Parabel ist ein Kegelschnitt parallel zur selben Seite, auf der sich der Punkt befindet, auf den alle parallelen Linien auf dieser Fläche stoßen, dort reflektiert und vereinigt werden. Da wir all dies in den zitierten Büchern der *Ars lucis et umbræ* ausführlich gezeigt haben, verweisen wir den Leser dorthin. Dort findet er auch verschiedene Konstruktionsmethoden für Parabeln, so dass wir es für richtig halten, hier nur eine recht einfache und für unser Vorhaben nützliche vorzustellen. Man stelle einen ganz ebenen Tisch bereit, XY, ihm lege man an rechte Winkel ein Maß DE an, so dass es, wenn es zur die Seite EG angelegt, die Tischseite EG rechtwinklig berührt und von der Achse der Parabel immer gleich entfernt ist. Um mit diesem Instrument eine Parabel zu



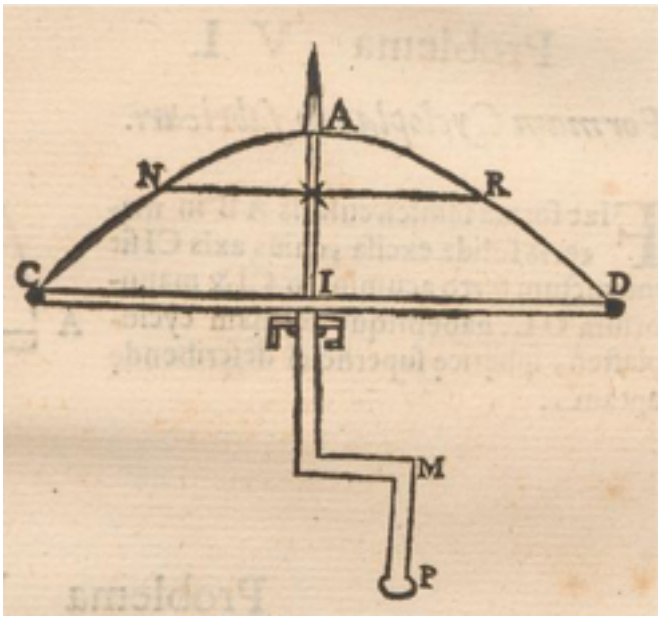
konstruieren, muss man am Zentrum L einen sehr dünnen Faden festmachen. Dann wird das Maß über LB gesetzt und ein Faden mit Schreibstift D am Fuß von E mit einem Nägelchen befestigt, so dass der Faden die doppelte Länge von LB hat. Da nämlich gemäß des Satzes 10 der Lehre für die Kegelschnitte, die in der *Ars magna lucis et umbræ* vorgestellt wurde, alle Linien vom Zentrum zum Umfang der Parabel mit denen, die von da auf die Halbordinate geschlagen werden, gleich sind, beschreibt der Schreibstift D mit der Bewegung des Maßes folgerichtig die Parabel FBG.

Ihren Reflexionspunkt O findet man, wenn man einen Maßstab über die Achse BL der Parabel rechtwinklig soweit bewegt, bis man auf der Achse BL ein Viertel der senkrecht angepassten Linie NR vom Ende der geraden Seite abmisst. Das ist nämlich der Brennpunkt der Parabel, wie in <281> der Darstellung OB der vierte Teil der geraden Seite NR ist und O der gesuchte Reflexionspunkt. Besser macht man es, wenn man zuerst den Reflexionspunkt bestimmt und dann die gerade Seite von beliebiger Länge, von der ¼ von O ab den Scheitel OR der Parabel ergibt und damit das Reflexionszentrum O.

Problem IV

Die Form einer Paraboloplaste anfertigen

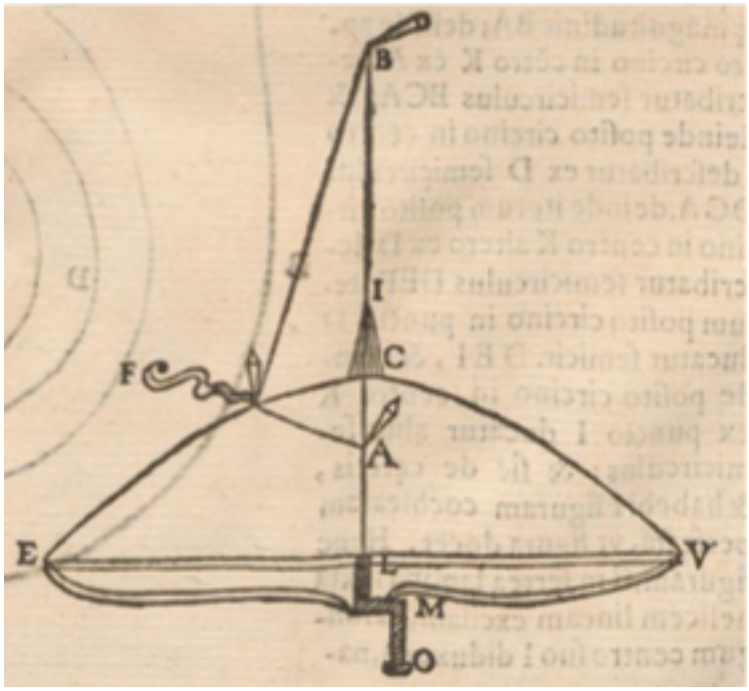
Auf einem ebenen, glatten Boden wird nach den mitgeteilten Regeln mit besagter Methode eine Parabel von der Größe aufgezeichnet, wie man will oder wie es einem für sein Vorhaben am besten passt. Nach diesem Vorbild schneidet man aus einem Holzbrett oder einem Eisenstreifen eine zweite Parabel so heraus, dass die ausgeschnittene genau kongruent zu der auf den Boden gezeichneten ist. Damit hat man die Form für die Paraboloplaste mit der Gestalt, wie hier gezeigt wird. In den Scheitel A wird nun ein angespitztes Eisen eingesetzt. CD wird an den Griff IMP, durch das angespitzte Eisen, welches die Achse in der Beschreibung der Parabole fortsetzt, an einer Mauer befestigt, damit sich die Fläche nicht verschiebt, wenn sich die Achse dreht. Dann unterlegt man den Griff mit einer anderen Unterlage, die man unter der Ferse rings mit angehäuftem Gips oder anderem Material ummantelt. Damit hat man die gewünschte Parabel in stofflichem Material ausgeführt.



Problem V

Eine Hyperbel durch Ziehen eines Fadens konstruieren
und damit ein Hyperboloplaste herstellen

A sei das Reflexionszentrum, das gegenüberliegende Zentrum B, C der Scheitel der Hyperbel. Mit diesen drei Vorgaben konstruiert man die Hyperbel durch Ziehen eines Fadens wie folgt: An beiden Zentren oder den durch Vergleich gewonnenen Punkten in den gegenüber liegenden Hyperbeln werden Nadeln eingestochen, an jeder wird ein Faden befestigt. Dann nimmt man einen Schreibstift und durchlöchert ihn am Fuß nach Art eines Nädelchens, wie es am Punkt F deutlich wird. Durch diese Öffnung zieht man zwei Fäden, die an den Punkten A und B befestigt werden. Der Schreibstift wird dann nach beiden Seiten gezogen, so dass die beiden Fäden immer der Bewegung folgen. Durch diese Bewegung wird die gesuchte Parabel konstruiert.

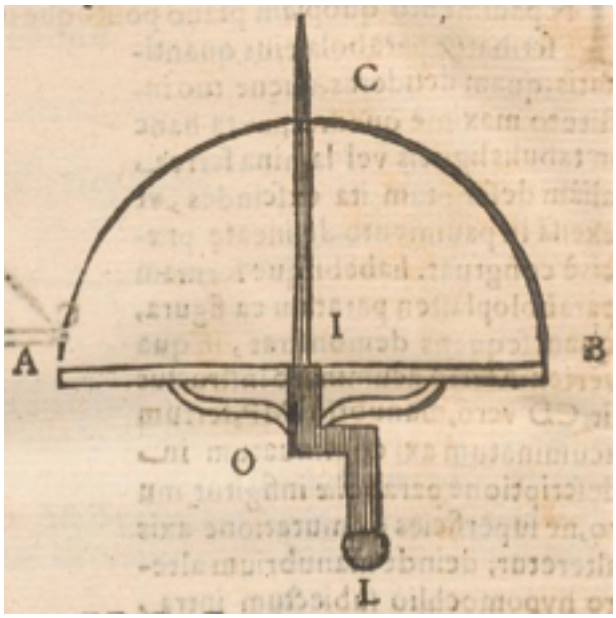


<282> Die Form einer Hyperboloplaste konstruiert man so: Auf einem möglichst ebenen Boden konstruiert man nach der mitgeteilten Methode eine Hyperbel und schneidet sie aus einem Holzbrett oder einem Eisenstreifen genau aus. Wenn man an ihrem Scheitel in C ein angespitztes Eisen anbringt und einen Griff an EV, erhält man die Form der Hyperboloplaste, wie sie die vorhergehende Zeichnung zeigt, bei der CI das angespitzte Eisen ist, EVLMO der Griff, der durch die Unterlage L gestützt wird. ECV in Ton oder Gips geformt, beschreibt die Oberfläche der gesuchten Hyperbel. Wer aber noch mehr Kenntnisse über die Kegelschnitte haben möchte, wende sich an unsere *Ars magna lucis et Umbrae*, in der wir im dritten und zehnten Buch das Thema ausführlich behandelt haben. All dies hier zu wiederholen, erlauben weder der Umfang des Buchs noch das Verfahren der Abhandlung.

Problem VI

Die Form einer Zykloplaste herstellen

Man schneide aus festem Material die Form eines Halbkreises AB aus. Seine Achse versieht man mit einem angespitzten Eisen CI und einem Griff OL. Damit hat man bereits die Form einer Zykloplaste, die sich für die Konstruktion einer Kugelfläche eignet.



Problem VII

Eine Spirallinie konstruieren

Um eine Spirallinie zu konstruieren, setzt man zwei Punkte I und K von beliebiger Distanz. Durch sie zieht man eine Gerade mit gegebener Länge AB. Dann sticht man einen Zirkel im Zentrum K ein und beschreibt von A aus einen Halbkreis BCA. Danach von D mit dem Zentrum I noch einen Halbkreis DGA und noch mal von D mit dem zweiten Zentrum K einen Halbkreis DEF. Ein weiterer Halbkreis DEI wird gezeichnet mit dem Zentrum D und noch einer mit dem Zentrum K von I aus und so auch mit den restlichen Punkten. Damit erhält man die vollkommene Form eines Schneckenhauses, wie es die Abbildung zeigt. Wenn man diese Form entlang der Spirallinie aus einem Eisenstreifen herausschneidet und sie der Länge nach durch ihr Zentrum I auseinanderzieht, <283> erhält man die Grundfläche eines Schneckenhauskörpers. Stellt man nach diesem Muster ein konkaves Rohr her, erhält man jenes wunderbare Horn, das so wunderbare Klangeffekte erzeugt. Da



es aber schwierig ist, dieses zweidimensional darzustellen, betrachten wir seine Form in der folgenden Darstellung.

Kapitel IV

Magische Echotektonik, oder: akustische Bauwerke

Vorrede

Alles, was in der „Magia Catoptrica“ gesagt wurde,
kann auch für Phonokamptik gelten.

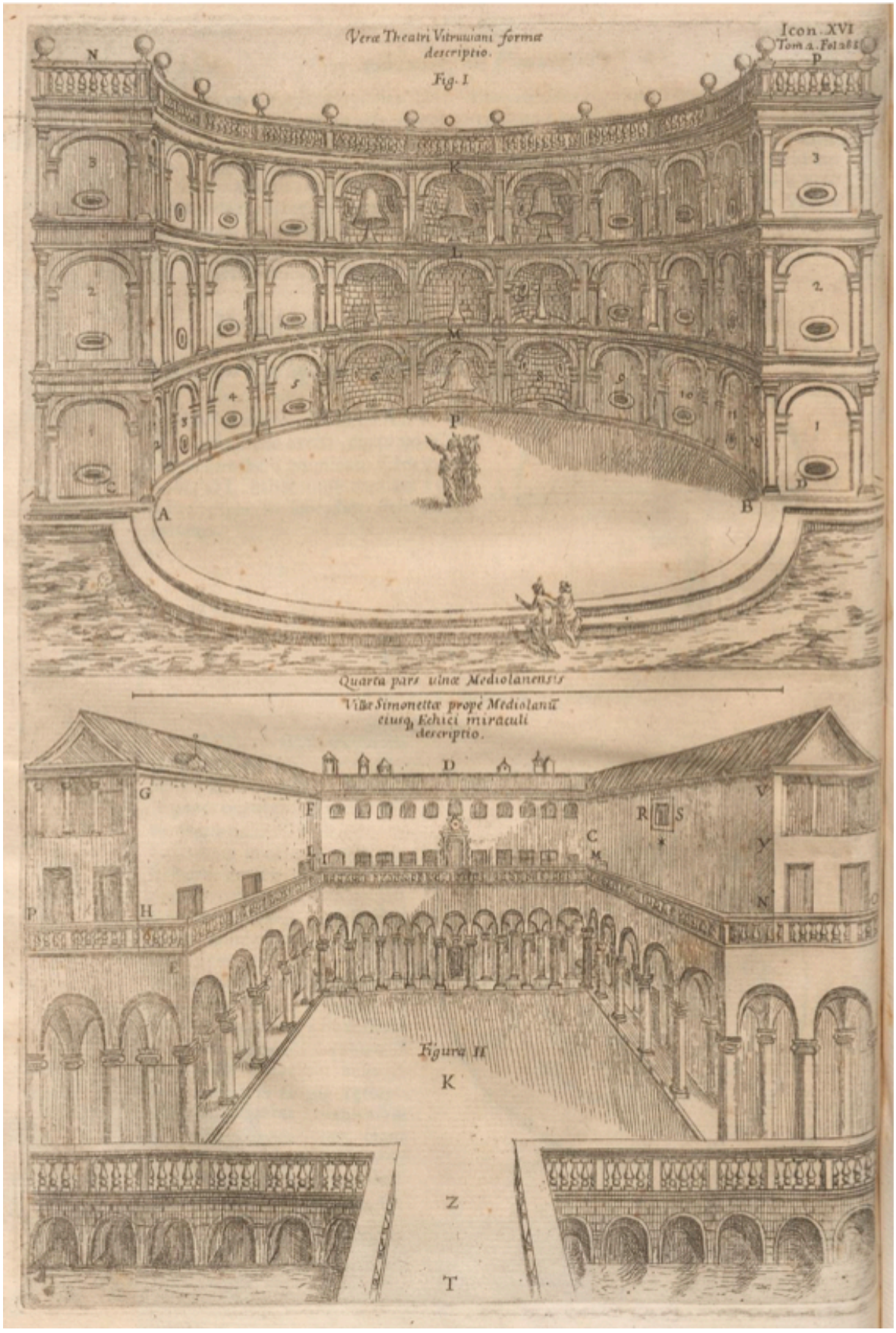
Alles, was wir in unserer „Magia Catoptrica“ an Bewundernswertem dargestellt haben – also wenn wir zum Beispiel die Erscheinungen weit entfernter Dinge mit Hilfe von Teleskopie nahe gebracht haben, als stünden sie direkt vor aller Augen, oder wenn wir eine wunderbare Zusammenstellung kleinster Dinge, belebter und unbelebter, durch Mikroskopie zur Anschauung gemacht haben –, dasselbe, da sind wir uns sicher, werden wir in der vorliegenden Abhandlung bei der Vergegenwärtigung weit entfernter Klänge vorstellen. Wir werden Klänge, die sonst nicht hörbar sind, indem sie in Instrumente eingeschlossen werden, unter der Bewunderung der Hörer so lebendig ihren Ohren darbieten, als seien sie, wie es zu Recht erscheinen könnte, vom Tod zum Leben zurückgekehrt. Wir tun dies umso lieber, je neuer und überraschender diese Aufgabe ist. Keiner soll zur Überzeugung kommen, dass das, was wir hier mitteilen, allein nur in der Theorie gesichert sei, in der Praxis aber jedes Erfolgs entbehre. Der Leser sei überzeugt, dass wir hier keine Kunstwerke vorstellen, deren untrügliche Gewissheit nicht durch unwiderlegbare Experimente, die an verschiedenen Orten des Erdkreises durchgeführt wurden, fest und gesichert ist. Das vorausgeschickt, kommen wir jetzt zur Sache.

Vorspiel I

Das Theater des Vitruv und die Echos darin (man sehe die Darstellung XVI, Figur I)

Wie groß die Vielfalt der Meinungen über den Bau dieses Echotheaters ist, wie groß die Meinungsunterschiede der Autoren, das kann man kaum darstellen, da kaum einer der Vitruv-Kommentatoren zu erkennen gibt, dass er diese Sache wirklich verstanden hat. Wie es aber bei derartig schwierigen Fällen gewöhnlich geschieht, wenn man eine unklare Angelegenheit nicht durchschauen kann, geben die meisten die Meinung anderer für die eigene aus, nur um sich nicht den Anschein zu geben, sie hätten nichts zu sagen oder um nicht vorzuführen, sie würden, wie man zu sagen pflegt, Wasser mit einem Sieb schöpfen, wenn sie eine so denkwürdige Sache mit Schweigen übergehen.

Weil ich schon lange beobachtet habe, dass dieses Durcheinander nur von der Unkenntnis über die Musik herrührt, hielt ich es für der Mühe wert, wenn ich die Echotektonik am Beispiel des Baus des besagten Theaters behandle und auch meine Ansichten darüber hier angemessen einfließen lasse. Ich möchte hier erklären, von welcher Art jene berühmten Echos sind. Bevor dies aber geschieht, will ich erst den Text Vitruvs anführen.


Veræ Theatri Vitruuiani formæ descriptio.
Fig. I
Icon. XVI
Tom. 2. Fol. 281
Quarta pars ulnæ Mediolanensis
Villæ Simonettæ propè Mediolanū eiusq; Echici miraculi descriptio.
Figura II
K
Z
T

<283> Im 5. Kapitel des 5. Buchs beschreibt Vitruv das Echo-Theater so:[10]

Gemäß mathematischer Forschungen und Verfahren sollen also bronzene Gefäße entsprechend der Größe des Theaters gemacht werden. Sie sind so gefertigt, dass sie bei Berührung Töne von sich gebe können und zwar untereinander in der Quarte, Quinte und der Reihenfolge nach bis zur Doppeloktave. Dann setzt man sie zwischen den Sitzen des Theaters in nach musikalischen Gesichtspunkten gefertigte Zwischenräume, und zwar so, dass sie keine Wand berühren und rings um sich einen freien Raum haben und auch von oben. Umgekehrt sollen sie aufgestellt werden und an der Seite, die zur Bühne blickt, soll man ihnen Keile unterschieben, nicht weniger als einen halben Fuß hoch, gegen die Kammerseite hin werden Öffnungen gelassen für die Lager der unteren Stufen von zwei Fuß Länge und einem halben Fuß Höhe. Die Festlegung, welche an welchem Platz aufgestellt wird, wird so geklärt: Wenn das Theater nicht besonders groß ist, dann werden sie in dem Bereich entlang der mittleren Höhe eingefügt und in dem werden dreizehn Kammern, die im Abstand von zwölf gleichen Intervallen stehen, überwölbt, so dass die die Schallgefäße, die oben beschrieben wurden, die bis zur Nete hyperbolaion erklingen, außen in den Ecken stehen und an beiden Seiten zuerst aufgestellt werden. In der zweiten Zelle von außen die Quarte [diatessaron] bis zu der Nete diezeugmenon; in der dritten die Quarte bis Nete parameson; in der vierten die Quarte bis Nete synemmenon; in der fünften die Quarte bis Meson; in der sechsten die Quarte bis Hypate meson. In der Mitte ist ein Tetrachord bis zu Hypate hypaton. Durch diese Erfindung gewinnt der Klang von der Bühne, wenn er vom Zentrum ausfließend sich ringsum ausbreitet und an die einzelnen Gefäße anschlägt, verstärkte Deutlichkeit und einen Wohlklang, der im Zusammenklang mit sich übereinstimmt. Soweit Vitruv.

Die Gefäße sind also so gefertigt, dass sie, wenn sie aufgestellt und berührt werden, unterschiedliche Intervalle ertönen lassen, wie zum Beispiel Quarte, Quinte Oktave, Oktave mit Quarte, Oktave mit Quinte und Doppeloktave, das heißt, in den Intervallproportionen: Sesquitertia [4 : 3], Sesquialtera [3 : 2], Dupla [2 : 1], Dupla sesquitertia [7 : 3], Dupla sesquialtera [5 : 2], Tripla [3 : 1], Quadrupla [4 : 1], Die Pythagoräer haben jeden Zusammenklang von Stimmen auf diese sechs zusammenklänge eingeschränkt.

Erklärung des Theaters in allen Teilen

Damit sie ihre Aufgabe erfüllen können, dürfen diese bestimmten Plätze, die Vitruv „Kammern“ nennt, nichts berühren, weil sie sonst den Klang kaum wiedergeben und eher stumm werden. Sie sollen in einem Leerraum sein, damit sie besser widerhallen, und sollen nach oben hin Platz haben, damit der Ton, der an die Aushöhlung der Zelle anschlägt, durch seine vielfache Reflexion deutlich heftiger erklingt. Er möchte sie umgekehrt setzen, damit der Ton besser in sie eindringt. Durch das Unterlegen von Keilen will er die Gefäße so stützen, dass sie frei in der Luft stehen und ohne Behinderung reflektieren können, genauso wie unsere Glocken. Vom Fußboden sollen sie wenigstens einen halben Fuß Abstand haben. Vitruv will, dass man auf der Rückseite der Kammern Öffnungen lässt von zwei Fuß in der Länge und einem halben Fuß in der Höhe, durch die der Schall austreten kann.

Nachdem er dies vorausgeschickt hat, zeigt Vitruv, wo und in welcher Weise die besagten Gefäße aufgestellt werden müssen. Wenn im Theater auf mittlerer Höhe rings herum in der

[10] Übersetzung nach <www.theatrum.de/871.html>.

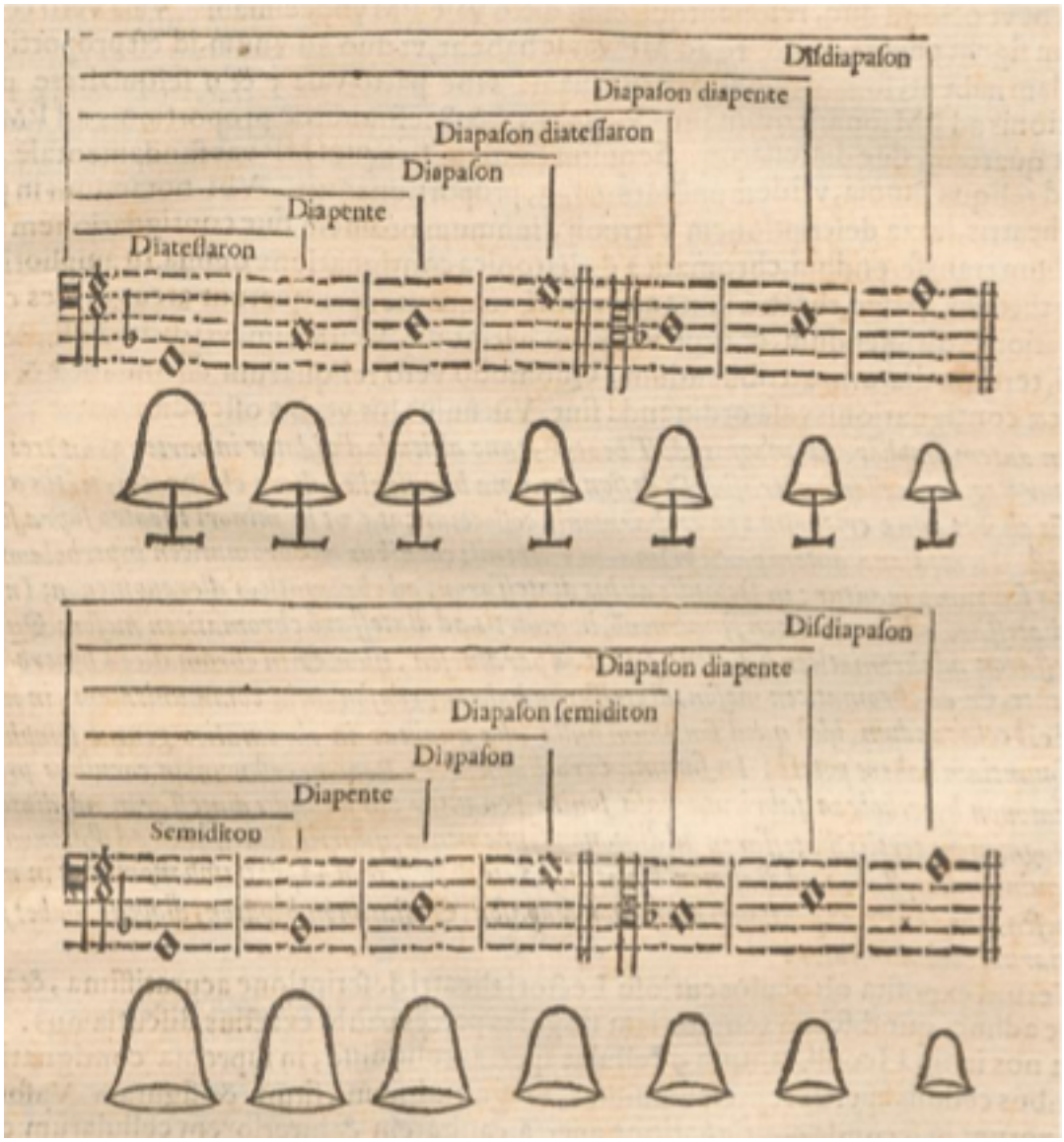
Höhe durch Kammern durch zwölf gleiche Teile dreizehn Kammern unterteilt werden, müssen mit Sicherheit zwei davon außen in den Ecken sein, eine in der Mitte und fünf auf beiden Seiten zwischen Mitte und Ende. An den äußeren Zellen, die er die erste nennt, klingen die Gefäße im Unisono bis zum größeren Gefäß, das in der Nete hyperbolaion klingt, das heißt die Quintdezime oder die Doppeloktave und fortlaufend bis zum größten Gefäß in der Proportio quadrupla.

Die zweiten Gefäße erklingen von den äußersten Tetrachorden bis zur Nete diazeugmenon, das heißt, sie stehen im Unisono. Im Verhältnis zum größten Gefäß erklingen sie in der Oktave mit Quinte, also in der Duodezime, sie stehen also in der Proportio tripla zum besagten Gefäß Hypate hypaton. Die Gefäße, die an dritter Stelle in den Kammern auf beiden Seiten aufgestellt sind, erklingen im Unisono und im Verhältnis zum größten Gefäß in der Oktave mit Quarte in der Proportio dupla sesquitertia, in der Undezime.

Die Gefäße in den Kammern an vierter Stelle zu beiden Seiten klingen im Unisono und zum größten Gefäß in der Oktave, deshalb müssen sie folglich zum Gefäß in der Mitte in der Proportio dupla stehen.

An dieser Stelle habe ich einen bedeutenden Irrtum entdeckt, der den musikalischen Vorschriften widerspricht. Es ist nämlich, dass die Quarte bis zur Nete synnomenon reicht. Der Begriff Quarte [Diatessaron] muss hier also getilgt werden, dann wird der Irrtum vollkommen beseitigt, wie immer er sich eingeschlichen hat. Weiter stehen die Gefäße, die beidseitig an fünfter Stelle postiert sind, im Einklang und erklingen zum größten Gefäß in der Quinte, also in der <285> Proportio sesquialtera. Die Intervalle werden vom der Quarte zum Meson bezeichnet.

Die Gefäße beidseitig an sechster Stelle stehen im Einklang und erklingen zum größeren Gefäß in der Quarte, stehen also zum besagten Gefäß in der Proportio sesquitertia. An siebter Stelle schließlich steht ein Gefäß, das größte und das Fundament, es stellt die Hypate hypaton dar, auf das die Konsonanzen aller anderen sich beziehen, wie schon gesagt. Damit der Leser Vitruvs und meine Ansicht besser versteht, schien es mir gut, hier die Konsonanzen und Proportionen, in denen die Gefäße zueinander stehen, in Musiknoten darzustellen.



Man sieht in der obigen Darstellung zwei Reihen von Gefäßen. Die erste ist die Disposition nach der Vorstellung von Vitruv, die zweite die nach den Neueren. Da die Gefäße für die Quarte und die Oktave mit Quarte an dritter und sechster Stelle zum ersten Gefäß dissonant sind und von den Neoterikern verworfen werden, haben wir die Quarte in eine kleine Terz oder eine große Terz umgetauscht, damit so die Konsonanz der bronzenen Gefäße größer ist, wie es aus der zweiten Aufstellung klar wird.

Nachdem wir diese Dinge nebenbei beschrieben haben, wollen wir den Bau des Theaters, wie er von Vitruv beschrieben worden ist, etwas ausführlicher darstellen, damit so Ort und Art der Aufstellung der Gefäße noch verständlicher werden.

AB soll die Bühne [Orchestra] des Theaters sein, wie es die Abbildung XVI mit der Figur I zeigt. In dem recht großen Theater gibt es drei Reihen oder Stockwerke, von denen das erste dem harmonischen, das zweite dem chromatischen, das dritte dem diatonischen System entspricht. Nach Vitruvs Beschreibung gibt es in jedem Stockwerk dreizehn Kammern. MOP ist

der Säulen- oder Wandelgang des Theaters. Die bronzenen Gefäße haben durch ihre untergelegten Keile vom Boden einen halben Fuß Abstand, sonst sind sie völlig in der Mitte der Kammern aufgestellt (wie es <286> die Kammer KL im obersten Stock zeigt), und zwar nach folgender Ordnung: Die beiden Gefäße in den Kammern C und D klingen im Einklang und in der Quintdezime zu dem bronzenen Gefäß in der Kammer MP und stehen zu ihm im Verhältnis 4 : 1. Es besteht hier also die Proportio quadrupla, das heißt, sie klingen zum Gefäß MP in der Doppeloktave oder, wie gesagt, in der Quintdezime. Die Gefäße in den sich anschließenden Kammern, die mit den Zahlen 1 und 12 bezeichnet sind, sind gleichklingend und von gleicher Größe. Sie verhalten sich zum Schallgefäß MP wie 3 : 1, das ist die Proportio tripla, das heißt, sie klingen zum Gefäß MP in der Duodezime. Die mit 3 und 11 bezeichneten Gefäße sind gleichklingend und von gleicher Größe, ihr Verhältnis zu Gefäß MP ist 8 : [3], sie klingen also zu MP in der Undezime. Die Gefäße in den Kammern mit den Ziffern 4 und 10 verhalten sich zu MP wie 2 : 1, das ist die Proportio dupla, sie klingen zu MP in der Oktave. So stehen die Gefäße 5 und 9 in der Proportio sesquialtera und klingen zu MP in der Quinte, die Gefäße 6 und 8 in der Proportio sesquitertia und klingen zu MP in der Quarte. Schließlich folgt das Schallgefäß MP, das Fundament, zu dem alle anderen, wie gesagt, in einem bestimmten Verhältnis stehen. Zu bemerken ist, dass in kleineren Theatern nach der Beschreibung von Vitruv das, was für die unterste Reihe oder den untersten Stock vorgesehen ist, in die Mitte zu übertragen ist und das chromatische und das diatonische System ausgelassen werden. In größeren Theatern wie diesem hier muss das Theater der Höhe nach durch vier Bogenreihen in drei Stockwerke aufgeteilt werden und dem untersten Stock das harmonische, dem zweiten wie gesagt das chromatische und dem dritten das diatonische System zugeordnet werden. Wie aber die Gefäße im chromatischen und diatonischen Stockwerk anzuordnen sind, das beschreibt Vitruv mit folgenden Worten:

Wenn also ein Theater größer ist, wird es in der Höhe in vier Teile geteilt, so dass sich drei Bereiche von Kammern ergeben, einer für das harmonische, der zweite für das chromatische, der dritte für das diatonische Tongeschlecht. Man beginnt von unten aus, also von der ersten Reihe, wo die Gefäße für das harmonische System aufgestellt werden, so wie es bei dem kleineren Theater oben beschrieben wurde. Im mittleren Teil werden die ersten Gefäße außen an den Ecken aufgestellt, die zum chromatischen Hyperbolaion gehören; in den zweiten Kammern von diesem eine Quarte bis zum chromatischen Diezeugmenon; in den dritten eine Quarte bis zum chromatischen Synemmenon, in den vierten Kammern bis zur chromatischen Quarte Meson, in den fünften Kammern eine Quarte bis zum chromatischen Hypaton, in den sechsten bis zur Paramese, die zum chromatischen Hyperbolaion als Quinte und zum zum chromatischen Meson als Quarte eine gemeinsame Konsonanz hat. In der Mitte wird nichts aufgestellt, weil keine andere Tonbeschaffenheit im chromatischen Geschlecht eine Konsonanz im Zusammenklang haben kann. In der obersten Abteilung und Gegend für Kammern werden an den Ecken zuerst Schallgefäße aufgestellt, die für das diatonischen Hyperbolaion gefertigt sind, im zweiten eine Quarte zum diatonischen Diezeugmenon, im dritten eine Quarte zum diatonischen Synemmenon, im vierten eine Quarte zum diatonischen Meson, im fünften eine Quarte zum diatonische Hypaton, im sechsten eine Quarte zum Proslambanomenos, in der Mitte zur Mese, weil sie zum Proslambanomenos die Oktave ist und zum diatonischen Hypaton die Quinte und damit konsonant.

Nachdem wir dem wissbegierigen Leser die sehr genaue Beschreibung des Theaters vor Augen geführt haben – was auch, soweit ich weiß, bisher von noch keinem unternommen wurde –, wollen wir jetzt die einzelnen Teile noch etwas genauer besprechen. Anzumerken

ist, dass wir in der Figur I der Darstellung nur neun Kammern offen gelassen haben. Im obersten Stockwerk haben wir in drei geöffneten Kammern die Größe, Lage und Gestalt der Schallgefäße dargestellt, im zweiten offenen Stock die Wölbung und den inneren Bau der Kammern zusammen mit den Keilen, auf welche man die Schallgefäße setzen muss. Im dritten offenen Stockwerk haben wir nur den inneren Bau der Kammern dargestellt. Die restlichen Kammern zeigen die äußere Gestalt in Richtung des Theaters. Darüber muss nun der Reihe nach gesprochen werden.

§ 1

Die Kammern

Dreizehn Kammern waren im Innern der Stockwerke so angeordnet, dass sie derartig voneinander getrennt sind, dass dennoch an ihren Seiten Durchgänge oder Röhren haben, durch welche der in die benachbarten Kammern fortgepflanzte Schall sich immer mehr verstärken kann. <287> Die Gestalt der inneren Oberfläche der Kammern kann nicht anders sein als rund, was ja für die Ausbreitung und Verstärkung des Schalls am besten geeignet ist, wie wir das hier beschrieben haben. Die Größe der Kammern entspricht der Größe des Theaters. Kleine Kammern sind nicht zu sehen, da sie innerhalb der Stockwerke verborgen sind. Nach außen haben sie jedoch eine Öffnung, quadratisch oder oval, zwei Fuß lang und einen halben Fuß hoch. Solche haben wir an den Räumen C, M D, P auf den Plätzen 1, 2 und 3 und bei den übrigen Kammern in der Reihe gezeichnet. Durch sie wird die Stimme der Komödianten, wenn sie dort eindringt, durch vielfältige Reflexion verstärkt, mehrfach im Kreis herumgewirbelt und schließlich durch die seitlichen Ausgänge (die wir bei den geöffneten Kammern M, L, R seitlich eingezeichnet haben) zunächst in die nächsten Kammern und von da nacheinander in eine Kammer nach der anderen getragen. Daher ist es nicht verwunderlich, dass in dem Theater eine so große Resonanz verursacht wird. Ich sage „durch die seitlichen Zugänge“, weil eine Stimme ohne sie wohl kaum ihre Stärke erreichen kann, da sie ja in den Kammern ohne Ausgang absorbiert und erstickt wird.

§ 2

Die Schallgefäße [Echaea] oder bronzenen Gefäße

Die Schallgefäße [Echaea], die nach dem Wort für „klingen“ [ἀπὸ τοῦ ἠχεῖν] benannt werden, oder die bronzenen Gefäße werden auf folgende Weise in den einzelnen Kammern aufgestellt. Auf den Boden in der Mitte der Kammer wird ein Keil oder eine Stütze [fulcrum] errichtet, wie das die Kammer ML zeigt. Diese wird in den Boden des Gefäßes mit höchster Bedachtsamkeit so eingeführt, dass das Gefäß ganz frei auf ihm ruht, so wie es manchmal bei unseren Glocken üblich ist. Die auf die Spitzen aufgestellten Gefäße klingen nämlich besser, wenn es keinen Widerstand gibt, der den Schall der Glocke behindern könnte.

Form und Gestalt der Schallgefäße

Die Form der Gefäße konnte keine andere sein als die, die unsere Glocken haben, von denen sie sich in keiner Weise unterscheiden. Eckig hätten sie nämlich nicht sein können, weil Winkel den Schall behindern würden, aber auch nicht kugelig, wie einige gern möchten, da das gegen die Meinung von Vitruv geht, der ausdrücklich sagt, die Gefäße seien unten offen und

stützten sich auf Keile. Andere glauben, sie seien wie Mörser. Ihnen widerspreche ich nicht, denn Glocken sind ähnlich wie Mörser und unterscheiden sich von ihnen nur dadurch, dass ein Mörser etwas schmaler ist als eine Glocke. Deshalb sind die Schallgefäße irgendwie kegelförmig wie unsere Glocken und Mörser. Diese Form erzeugt von allen den besten Schall, wie es die Erfahrung vieler Jahrhunderte zeigt. Auch wir zeigten dies ausführlich in unserem *Traktat über die Glocken* [MU A 519–528].

§ 3

Wie die Schallgefäße klingen und wie sie dazu angeregt werden

Eine große Meinungsverschiedenheit entsteht darüber, wie die Schallgefäße zum Klingen angeregt werden müssen, wenn viele nicht begreifen können, auf welche Weise diese harmonischen Schallgefäße Klang erzeugen. Einige glauben, sie hätten kleine Hämmerchen, die an Fäden oder Drähten aus Eisen befestigt seien, die, indem man sie anzieht, an die Glocken schlügen und sie erklingen ließen, genauso wie bei den modernen Glockenwerken üblich ist. So sagt es Caesar Casarianus in seinem Kommentar zu Vitruv. Einige glauben, dass allein durch das Anschlagen und den Stoß der Luft, die durch die Stimmen der Komödianten in Bewegung gesetzt wird, Klang erzeugt wird. Doch dies kann ich nicht unterstützen, da es keine so kräftige Stimme gibt, die ausreicht, um eine Glocke zum Klingen anzuregen. Das zeigen doch unsere Glocken, die, wie ich behaupte, einen Dauerton erzeugen würden, wenn sie allein durch Lufterschütterung zum Läuten gebracht würden, da sie ja ständig der Luft ausgesetzt sind und meist in der Höhe, wo der Wind stärker ist. Und es gibt auch kein Zeugnis davon, dass ein auch noch so starker Wind jemals einen solchen Klang verursacht hätte.

Ein Experiment zum Klang der Schallgefäße

Um überhaupt eine Erfahrung in dieser Sache zu machen, habe ich Glocken aus Glas blasen lassen und sie nach Vitruvs Methode in gewölbten Nischen aufgestellt. Dann habe ich Töne in jeder Tonhöhe erklingen lassen, doch war überhaupt kein Ton [sonus] zu vernehmen, sondern nur ein Klingeln [tinnitus], wie man es gewöhnlich in Brunnen oder Hohlräumen hört. Die meisten Autoren wollen jedoch glauben, dass jene gewölbten Kammern und die Schallgefäße nur dazu verwendet werden, um einen großen Widerhall im Theater zu gewinnen. Das bestreite ich nicht, <288> was aber die Gefäße, die mit so geistreichem Bemühen gemäß der musikalischen Konsonanzen aufeinander abgestimmt sind, ohne unmittelbare Berührung untereinander nützen sollen, kann ich nicht erkennen. Am wenigsten vermag ich zu erkennen, zu welchem Zweck die Gefäße nach den drei Tongeschlechtern, dem diatonischen, chromatischen und enharmonischen angeordnet worden sind, da all dies ohne einen wirklichen Zusammenklang [symphonia] nutzlos ist und für nichts gut. Vielleicht könnte man sagen, dass dies eine Einrichtung nur zur Verstärkung der Stimmen der Schauspieler war oder sonst einen anderen Nutzen hatte. Doch ist es unwahrscheinlich, dass die Schallgefäße allein wegen einer größeren Resonanz der Stimmen mit so großer musikalischer Kunst aufeinander abgestimmt wurden. Man kann auch nicht behaupten, wie gerade eben bewiesen, dass sie alleine durch die Stimmen oder die dadurch bewirkte Lufterschütterung zum harmonischen Zusammenklang angeregt worden sind.

Deshalb glaubt Bonaventura Cavalieri in seinem kleinen Werk über den Brennspiegel [*Lo specchio ustorio*, 1632], die Kammern Vitruvs wie auch die Schallgefäße hätten teils parabolische, teils hyperbolische Form gehabt, wo der eindringende Schall anschlage und durch eine unendliche Vervielfältigung seiner Strahlen verstärkt werde. Um dies aber zu belegen, führt er einen ganz anderen Bau eines Theaters an als den, dessen Beschreibung wir bei Vitruv lesen. Vom Standpunkt der Sprecher bis zu den Kammern gebe es parabolische Bögen, unterstellt er, bei denen gewissermaßen wie von ihrem Zentrum der Schall zerstreut, unendlich vervielfältigt, den wunderbaren Effekt einmal bezüglich der Schallverstärkung, dann auch bei der Anregung der Schallgefäße hervorbringe. Da er aber, wie gesagt, auf diese Weise ein ganz neues Theater erfindet, über das man bei Vitruv nichts Ähnliches lesen kann, scheint er die Architekten nicht sonderlich befriedigt zu haben, da sich nun ein jeder, indem er sich vom Text Vitruvs entfernt, neue Bauweisen für Schallgefäße ausdenken kann.

Die Frage heißt also: Wie konnten diese Theater eine solche Resonanz haben und auf welche Weise waren die Schallgefäße für einen so glänzenden Effekt ausgestattet, über dessen Auftreten uns die Historiker berichten? Zu bemerken ist, dass man zwei Arten des musikalischen Klangs bei derartigen Schallgefäßen unterscheiden kann. Die erste besteht in irgendeinem Klingeln oder einem tiefen, dumpfen Musikton, wenn von außen Stimmen in die Kammern eindringen, dort heftig bewegt anschlagen und durch die Schallverstärkung gleichsam wie durch einen Angriff auf die Schallgefäße dieses Klingeln erzeugen, das die Schwingungen des Gefäßes hervorbringt. Die zweite Art kann durch Hämmerchen entstehen, die von Schnüren gezogen an die Schallgefäße anschlagen. Der Nutzen der ersten Art scheint gewesen zu sein, dass die Stimmen der Komödianten von den Gewölben aufgefangen, dort verstärkt wurden und so eine größere Resonanz bekamen. Wie gesagt stimmen alle Kommentatoren des Vitruv darin mit mir überein. Freilich ist die erste Art des Klangs nichts anderes als ein harmonisches Klingeln, das durch die Schwingungen der nach musikalischen Proportionen aufeinander abgestimmten Schallgefäße verursacht wird. Der zweite Gebrauch konnte bei Vorspielen oder Zwischenspielen Anwendung finden. Um die Zuhören anzustacheln und die Erwartung auf die folgenden Ereignisse zu erhöhen, bevor die Schauspieler auftraten, erklangen die Schallgefäße. Doch konnten sie nur erklingen, wenn durch alle Kammern mit Hämmerchen bestückte Eisendrähte gezogen waren. Mit einem solchen Draht, der geschickt durch alle Kammern geführt war, konnte eine beliebige Person, die für diese Aufgabe bestimmt war, alle Gefäße zu einem vollkommenen harmonischen Klang anregen. Die Gefäße in den Kammern erzeugten einen starken Klang, der weit und breit vernehmbar war und umso mehr Bewunderung fand, je verborgener der Mechanismus der Musikerzeugung war. Dass diese Anwendung die hauptsächliche war, deutet auch Vitruv selbst mit diesen Worten an: *„Er erregte einen starken hellen Klang und eine Konsonanz durch einen aufeinander abgestimmten Zusammenklang“*. Der Zusammenklang geschah durch die nach den musikalischen Konsonanzen abgestimmten Gefäßen. Dass ein ähnlich starkes Zusammenspiel allein durch den Anschlag von Stimmen nicht zustande kommen kann, wurde oben schon gesagt, sie klangen zur Harmonie angeregt durch das besagte Verfahren mit den verborgenen Schnüren, was auch der oben zitierte Caesar Caesarianus witterte. Und wenn es nicht auf diese Art geschah, sehe ich nicht, welche andere Art es hätte sein können, durch die sie zum Zusammenklang hätten angeregt werden können. Mit demselben Kunststück werden laut Plinius auch Donnerschläge und andere Geräusche erzeugt. Dass aber Vitruv nicht offen über die besagten Drähte und Hämmerchen spricht, das ist freilich deshalb geschehen, weil er ein ähnliches Theater selbst niemals gesehen, sondern nur durch Berichte von Griechen davon

gehört hat. Deshalb verweist er oft auf Aristoxenos, der mit großer Wahrscheinlichkeit der Urheber eines derartigen Theaters war, und befolgt dessen Vorgaben für die Musik, weil er selbst unsicher war. Wir lesen, dass es weder in Griechenland noch in Rom ein derartiges Theater gegeben hat außer dem in Korinth, aus dem nach Vitruvs Zeugnis Perikles die Schallgefäße hat entfernen und zum Tempel der Fortuna in Rom hat bringen und dort aufhängen lassen. Es scheint auch sicher, dass Virtuv selbst von erfahrenen Architekten seine Zeit Einwände gegen die Konstruktion dieses Theaters gemacht wurden, die er mit folgenden Worten vorträgt und zu widerlegen versucht:

<289> *Vielleicht wird jemand sagen, dass in Rom alljährlich vieles im Theater geschehen sei, dass es aber dabei nichts von solchen Dingen gegeben habe. Doch er irrt in diesem Punkt, weil alle öffentlichen aus Holz gebauten Theater mehrere Stockwerke haben, die Schall aussenden müssen. Dies kann man bei den Kitharöden bemerken, die sich, wenn sie einen höheren Ton singen wollen, gegen die Tür der Szene wenden und so mit deren Hilfe einen Zusammenklang der Stimmen erhalten. Wenn die Theater aus festem Material gebaut sind, also mit Zement gebaut sind, mit Stein oder Marmor, die nicht tönen können, dann muss die Sache mit dieser Begründung erklärt werden. Fragt man jedoch, in welchem Theater in Rom dies geschehen sei, können wir keines vorweisen, sondern nur in einigen italienischen Gegenden und in einigen griechischen Städten. In Lucius Mummius haben wir einen Gewährsmann, der aus dem zerstörten Theater in Korinth bronzene Gefäße mit nach Rom gebracht und sie aus der Kriegsbeute dem Tempel der Luna als Weihegabe vermacht hat. Viele geschickte Architekten haben aus Not Gefäße aus Ton gewählt die so erklingen sollen und nach diesen Berechnungen gefertigt sind, und haben damit äußerst nützliche Effekte erzielt.*

So sehr hat Vitruv die Erfindung dieses Theaters gefallen, dass er vorab zu seiner Begründung die Grundlagen der gesamten Musiktheorie lieferte, obwohl er selbst in vielem unsicher war und auftretende Probleme nicht vorhergesehen hat. Hätte er nämlich wirklich gründliche musikalische Kenntnisse gehabt, hätte er bei der Darstellung der Schallgefäße für ein kleineres Theater niemals vom enharmonischen Tongeschlecht Gebrauch gemacht, da dies aufgrund der unterschiedlichen zwischen den bronzenen Gefäßen entstehenden Mischung von Tönen für einen Zusammenklang unnütz ist, wie wir im siebten Buch ausführlich bewiesen haben. Es ist auch unmöglich, jene bronzenen Schallgefäße so genau zu gießen, dass sie Diëse für Diëse die allerkleinsten Intervalle genau wiedergeben könnten. Besser hätte er dafür das dafür am besten geeignete diatonische Geschlecht heranziehen sollen. Wenn er nämlich Quarte und Quinte im enharmonischen Geschlecht verwendet, was beschreibt er damit anderes als das diatonische?

Daher wird klar, wie viele Irrtümer selbst in den Hinterlassenschaften der bedeutendsten Autoren verborgen sind, die, wenn sie tief durchdrungen werden, schon für sich genommen sich als schändlicher Makel entpuppen. Ich fasse also zusammen: Wahrscheinlich hat Vitruv den Bau eines solchen Theaters aus dem Manuskript des Aristoxenos einfach abgeschrieben und das den Späteren so dargeboten, da in der besagten Beschreibung der drei Tongeschlechter vieles auftaucht, was mit den Regeln für die Musik nicht vereinbart ist.

Schon höre ich einige widerwillig murren, die Griechen hätten doch viel Bewundernswertes gehabt, dessen Ursache den Nachkommen entgangen sei, und eines davon sei eben das Theater des Vitruv, in dem Schallgefäße mit solchem Geschick und mit geradezu unfassbarer Kunstfertigkeit so eingerichtet gewesen seien, dass sie nur durch eine Stimme zum Klingen hätten gebracht werden können. Aber da diese Sache jeder Erfahrung widerspricht, sollte

darüber kein vernünftiger Mensch einen Streit anzetteln, es sei denn, jemand wolle uns weismachen, eine irgendwie verborgene Intelligenz habe die Gefäße auf den Klang einer Stimme hin zum Klingen angeregt, was zu behaupten lächerlich, um nicht zu sagen dumm ist. Es ist nämlich typisch für die Bewunderer solcher Errungenschaften der Griechen, sich Traumhaftes vorzustellen und sich alles auszudenken, was die eigene Meinung stützt, auch wenn es wider Vernunft und Erfahrung ist. Trotzdem will ich gar nicht leugnen, wie oben gesagt, dass infolge der Rezitation der Schauspieler ein gewisses mittönendes Klingeln zu vernehmen ist, was uns ja auch unser obiges Experiment bewiesen hat. Doch will ich behaupten, dass es keineswegs ausreichend war, um den von den Alten gewünschten Zweck zu erreichen. Einige Leute sind auf diese Meinung gekommen, weil sie in den Trümmern einer Pferderennbahn, die heute noch in Rom zu finden sind, irgendwelche Gefäße aus Ziegelsteinen bemerkt haben, die ins Innere von Mauern eingelassen sind: Solche Gefäße seien aus keinem anderen Grund dort aufgestellt worden als zur Verstärkung der Resonanz des Theaters. Doch sie reden stark ins Blaue hinein, da die besagte Pferderennbahn nicht die Form eines Theaters hat und wegen des Lärms der rennenden Pferde und der schreienden Menschen noch weniger der Resonanz bedarf. Ich behaupte deshalb, dass jene Gefäße aus Ziegelstein das Gewicht der Mauern verringern sollten, wie wir das auch heutzutage bei Bögen aus Tuffstein [in fornicibus tophaceius] sehen, die zur Gewichtserleichterung eingesetzt werden. Und dies war es nun, was uns zum Theater des Vitruv zu sagen unterkam. Jetzt wollen wir unsere Feder anderem zuwenden.

Vorspiel II

Das wunderliche Echo der Villa Simonetta in Mailand

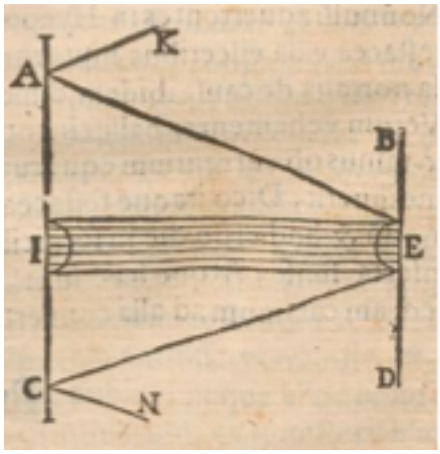
Etwa tausend Schritte außerhalb desjenigen Tores von Mailand, das „Tor der Gärtner“ [porta hortulanorum] heißt, liegt ein sehr berühmtes Gutshaus, das man gemeinhin *Simonetta* nennt, nach den Grafen dieses Namens, die es besitzen. <290> In diesem Gutshaus errichtete einst Ferdinand Gonzaga, der Bürgermeister von Mailand, ein Bauwerk, das nicht so sehr durch seine architektonische Symmetrie als vielmehr durch sein wunderbares Echo besonders berühmt wurde. Im obersten Stock dieses Bauwerks liegt ein Fenster, wie später noch erklärt wird, von dem man sagt, dass sich darin ein Schall vierundzwanzig Mal und entsprechend der Stimm- und Klangstärke immer mehr, ja bis zum Unendlichen vervielfältige. Als ich dies von mehreren vertrauenswürdigen Patres erfahren hatte, erfasste mich ein großes Verlangen, die Ursache für eine so vielfältige Reflexion herauszufinden. Ich habe Pater Matthäus Storr, einem Priester unserer Gesellschaft, einem vertrauenswürdigen Mann, der sich nicht nur durch ausgedehnte Bildung, sondern auch durch die ihm eigene Aufrichtigkeit auszeichnet, den Auftrag gegeben, den ganzen Bau samt des Orts und seiner Lage möglichst genau aufzuzeichnen. Er hat die Konstruktion des gesamten Baus millimetergenau vermessen und die Zeichnung zusammen mit einer Beschreibung seines Ortes und anderer Umstände, die das Echo beeinflussen, umgehend mir geschickt. Damit klar wird, was die Ursache für ein so wunderliches Echo ist, wollen wir dem Leser eine Erklärung zunächst des Baus in seiner ganzen Ausdehnung und dann seiner Teile vor Augen stellen.

Das ganze Bauwerk hat in der Höhe, wie es an der Figur II der Darstellung XV[I] [zu MU B 284] sichtbar ist, zwei Stockwerke, die durch einen Umlauf getrennt sind. Das untere Stockwerk zeichnet sich aus durch Peristyle unter dem Umlauf. Die Fläche K ist mit Steinen gepflastert.

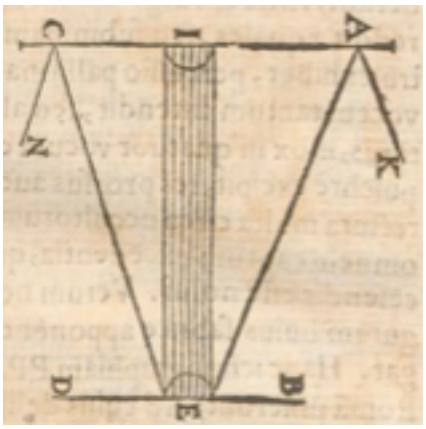
Das obere Stockwerk besteht aus drei Teilen, die besonderer Betrachtung wert sind. Der erste ist der innere und Hauptteil des Palast FLXM, dann gibt es zwei parallele Seitenteile XMVN und GFHL. Diese haben folgende Abmessungen: Die Breite FX oder LM beträgt 62 Mailänder Schritt und vier Zwölftel. Um bei unserer Aufgabe ganz genau vorzugehen, glaubten wir, in der Figur ein Viertel eines Fußes oder einer Mailänder Elle anfügen zu müssen und mit den Buchstaben XZ zu bezeichnen. Die Höhe FL oder XM beträgt 16 Schritt und vier Zwölftel. Die Länge MN oder HL beträgt 33 Schritt und drei Zwölftel Die Breite des Umgangs HL 8 Schritt und sechs Zwölftel. Das Fenster, von dem das Echo erregt wird, ist das einzige in der Mitte des oberen Teils der Wand XVMN und mit den Buchstaben RS gekennzeichnet. Soviel sei genug hinsichtlich der Dimensionen.

So ist das Fenster der einzige Platz, um das Echo zu hören, denn woanders hallt es nicht wider. Viele Menschen haben bezeugt, wie ich hörte, dass ein von dort ausgesendeter Schall vierundzwanzig Mal, ja dreißig und mehr, je nach größerer oder kleinerer Anstrengung der Stimme, reflektiert wird. Ich glaube sogar, dass es keine sichere und bestimmte Zahl für die Reflexion gibt, sondern dass der Schall unendlich oft reflektiert werden kann und dass hier dasselbe passiert wie bei den Schwingungen der Saiten, deren Ausschläge anfangs deutlich genug sichtbar sind, am Schluss jedoch infolge der hohen Geschwindigkeit verschwinden und der Ton allmählich erstirbt. Bei der Reflexion von Spiegeln geschieht dasselbe. Die Frage lautet also: Was ist die Ursache für dieses Echo? Meine Antwort: Ursache sind die beiden parallelen Gebäude, die in einem proportionierten Abstand zueinander stehen. Da die besagten Wände absolut gleich, ebenmäßig sind und keine Rauheit aufweisen, ist dort Schallreflexion eine äußerst leichte Aufgabe. Ich will es so beweisen:

In dieser Zeichnung sollen AC und BD parallele und ganz ebene Mauern sein und einen Abstand haben, der für die Reflexion eines Zweisilblers proportioniert ist. Ich behaupte, dass der aus dem Fenster E ausgesendete Schall sehr häufig reflektiert werden muss. Der von E nach I ausgesandte Phonismus kehrt von dort nach Satz I der Echometrie auf gleichem Wege nach E zurück, von E wieder nach I und von I aufs Neue nach E und so wechselweise in unendlichem Widerhall, bis der vom häufigen Zurückwerfen geschwächte Klang schließlich erstirbt, nicht anders als ein Ball, der zwischen zwei eng gestellten Wänden ohne Führung heftig immer hin und her springt und nach fünf- oder sechsmaligem Abprallen schließlich liegen bleibt, wenn die Energie verbraucht ist. Auch dafür gibt es keine andere Ursache als die, die ich schon genannt habe. Da ja nach Satz I der Echometrie der Einfallswinkel gleich ist dem Reflexionswinkel, kann es mit Sicherheit ein Echo nur geben durch den Phonismus, der als der Zylinder der Geraden IE zwischen den beiden parallelen Wänden begründet ist. Wenn nämlich andere Teile der Mauer, also zum Beispiel A und C den Schall reflektieren würden, müssten die Winkel A und C notwendig rechte sein. Doch nach Buch I, 15 sind sie spitze Winkel und reflektieren in andere Richtungen, also zum Beispiel nach K und N. Gemäß Satz I kann es daher von keinem anderen Platz aus ein so vielfältiges Echo geben. Freilich <291> tragen auch die Wölbung des Untergrunds wie auch die Fläche K und die Zwischenwand zur Verstärkung der Schallreflexion und zur Deutlichkeit des Klangs viel bei, wie wir es hinsichtlich des Theaters des Vitruv gesagt haben.



Das ist auch die Begründung, warum viele Brunnen und Zisternen eine so große Reflexion bewirken. ABCD sei ein Brunnen, DEB das Wasser, die Öffnung des Deckels des Brunnens oder der Zisterne sei I, die Decke der Zisterne CA. Ich behaupte, dass Schall, der durch I hineingeschickt wird, viele Male reflektiert wird, und zwar deshalb, weil der Phonismus auf die glatte und ganz ruhige Wasseroberfläche EF trifft und von dort zur Decke der Zisterne reflektiert wird und dann wieder zurück zur Wasseroberfläche und das so viele Male, bis er schließlich sich erschöpft und erstirbt. Die Sache bedarf keines weiteren Beweises mehr, da sie von sich aus offenkundig ist. Insofern ist die Ursache für das so vielfache Echo im Gut Simonetta klar.



Corollarium I

Daraus steht fest, dass jemand, wenn er ein ähnliches Bauwerk errichtet, das heißt zwei Wände mit ungefähr 63 Schritte Abstand voneinander, ein ähnliches Echo erzeugen wird, da für eine deutliche Reflexion des Schalls nichts anderes erforderlich ist als ein proportionierter Abstand, für den sich 63 Schritten ergeben. Wenn jemand eine Zisterne oder einen Brunnen mit ebenso vielen Schritten Tiefe baut, wird er das gleiche Echo finden.

Corollarium II

Es ist auch klar, dass nicht die Unterkonstruktion, nicht die Bodenfläche, nicht der Palast in der Mitte, der mit vielen Fenstern ausgerüstet ist, auch nicht der Umlauf dieses ungewöhnliche Echo verursacht, sondern, wie schon gesagt, die parallele Lage von sehr glatten Mauern, an denen keine Aufrauhungen die Reflexion behindert. Auch das Fenster muss nicht notwendig bei RS eingesetzt werden. Wenn man es nämlich an eine andere Stelle der Wand einlassen würde, hätte man mit Sicherheit dasselbe Echo und vielleicht hätte es in der Mitte der Wand am Punkt I eine weit größere Wirkung. Doch das zu bedenken wollen wir den Architekten überlassen. Das ist es auch schon, was wir zum Echo der Villa Simonetta in wenigen Worten sagen wollten.

Vorspiel III

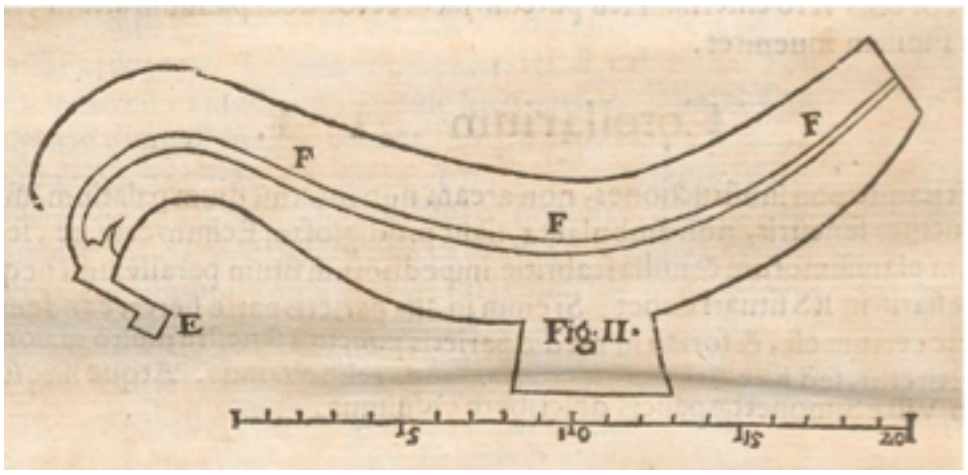
Das noch existente Ohr des Dionysius von Syrakus

Nun wird ein ganz berühmter Bau vorgestellt, der auch heutzutage in Syrakus in Sizilien noch zu besichtigen ist, den einige das Gefängnis des Tyrannen Dionysius, andere sein Öhrchen [Auricula], andere wieder anders benennen. Er ist mit solchem Geschick erbaut, dass man, wenn man in der Gegend des Zugangs steht, was auch immer gesprochen wird perfekt und mit vermehrtem Klang gehört wird. Da ich darüber schon vieles gehört hatte, teils aus Büchern, teils aus Berichten anderer, habe ich im Jahre 1638, als ich nach Syrakus hinüberfuhr, eine Untersuchung angestellt und schließlich auch die Ursachen herausgefunden. Eine solche beschreibt Mirabella mit großer Sorgfalt in seiner Ichnographia von Syrakus. Mit diesem

Bau verhält es sich so: Der Ort liegt außerhalb der Mauern von Syrakus und wird überall das „Gefängnis von Dionysius“ genannt. Wer die Kunstfertigkeit und das Geschick betrachtet, mit denen es vom Tyrannen erbaut wurde, kann erkennen, dass es keinen anderen Grund für dieses Bauwerk gegeben hat, als Gefangene festzusetzen, die dort so eingeschlossen waren, dass sie nicht einmal atmen konnten, ohne von einem Gefängniswärter gehört zu werden. Der Bau wurde vom Tyrannen in Form eines Ohrs nach dem Vorbild der Natur mit einzigartiger Kunstfertigkeit und Geschick errichtet.

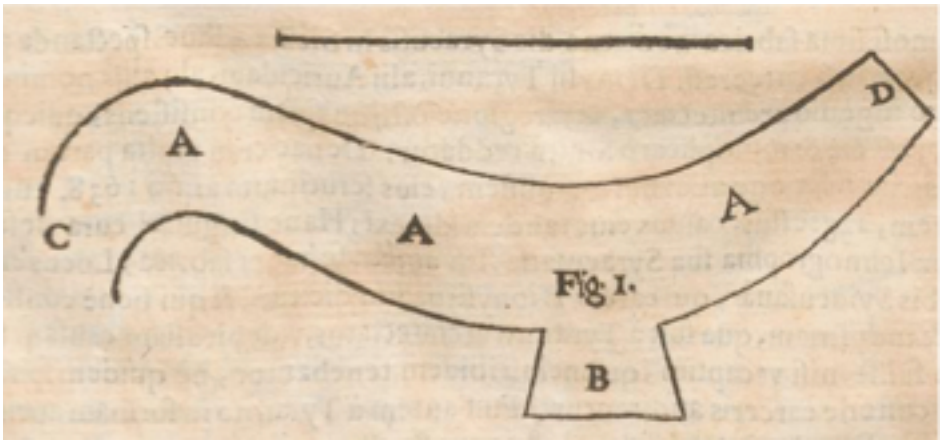
Er ist aus einem echten Felsen herausgeschnitten, führt schneckenförmig gewunden in eine enge Röhre und mündet im Zimmer des Gefängniswärters, das unter einer Höhlung liegt. So kommt es, dass jedes, auch noch so leises <292> Geräusch oder Flüstern in das Schneckenwerk eindringt und zum Zimmer des Wärters geleitet wird, wo alles, was auch immer noch so leise ausgesprochen wurde, so gehört werden kann, als sei es direkt zu einem gesagt. Nachdem heute die Röhre durch Mauerwerk verstopft ist, wandeln sich die leise geflüsterten Stimmen zu einem wunderbaren und schönen Echo, weshalb man es heute gemeinhin „la Grotta della favella“ [die Sprachhöhle] nennt. Worte werden nämlich nicht wie sonst beim Echo reflektiert wie sie ausgesprochen werden, vielmehr steigert sich ein leise gesprochenes Wort zum Geschrei, das Geräusch des Räusperns zum Donner und das Klatschen der flachen Hände kann wie eine Geschützexplosion erscheinen. Der Schall wird nicht nur verstärkt, sondern auch mehrfach reflektiert. Ein von zwei Sängern gesungener Kanon erweitert sich bald zu einem vierstimmigen Gesang, wenn die reflektierte Stimme des ersten Sängers den schönen Gesang des zweiten aufnimmt, eine Sache, die man unbedingt hören sollte. Mich lehrte diese so wunderbare Architektur vieles, was bezüglich des Mechanismus verborgener Klänge und der neueren Lehre jeden Begriff übersteigt. Da ich es bereits im Vorhergehenden erklärt habe, will ich es hier nicht länger ausdehnen als das, worum es hier geht. Um aber nicht in den Verdacht zu geraten, dem wissbegierigen Leser etwas vorzuenthalten, hielt ich es für richtig, hier eine Darstellung dieses Kunstwerks anzufügen, damit er der Darstellung selbst die Ursache für den wunderbaren Schall entnehmen kann. Diese Ichnographie haben unsere Patres aus Syrakus mit großem Bemühen von dem Felsen abgezeichnet und nach Rom geschickt. Am meisten zu dieser Zeichnung beigetragen hat der Augenzeuge Jakob Maso, ein Student der Theologie aus unserer Gesellschaft, der besonders in den mathematischen Wissenschaften bewandert ist.

Ichnographie [Grundriss] der „Höhle von Dionysius“, des Tyrannen von Syrakus, getreu vom Felsen abgezeichnet



Skala der Ellen, von denen jede 8 sizilianische Handbreit enthält.

Ein Viertel einer sizilianischen Handbreit



A: Grundrisszeichnung oder Ichnographie der Höhle. B bezeichnet die innere Kammer, die sich zu 4 Ellen und 4 Handbreit ausstreckt. Ihre Öffnung gegen das Dach erstreckt sich zusammen mit der Wand auf <293> eine Elle und sieben Handbreit. C ist der Eingang oder die Tür zur Höhle. D das Ende der Höhle, deren höchster Punkt 15 Ellen beträgt. F die Röhre von einer Breite von drei Handbreit in der Decke der Höhle, die aus dem Felsen darüber mit großer Sorgfalt ausgehöhlt wurde. Diese Röhre hat vom Boden der Figur II bis zum Eingang einen Abstand von elf Ellen und am Ende vom gleichen Boden der Figur II von 15 Ellen in der Höhe, genauso, wie man es hier abgezeichnet sieht, und vollzieht ihre Rundung in F, F, F. Anzumerken ist an dieser Stelle, dass die erste Figur den Umriss oder die Ichnographie des Bodens der Höhle angibt. Dem entspricht die zweite Figur in der Rundung und den parallelen Mauern genau, nicht aber in der Höhe, da sie am Anfang eine geringere Höhe hat als am Ende, wie schon gesagt. E bezeichnet ein Fenster der Wohnung des Dionysius, zu dem die Röhre FFF führt. Man sieht, dass die aus dem Felsen ausgehöhlte gewundene Röhre FFF zusammen mit der schneckenförmig geführten Höhle eine solche Fähigkeit hat, eine auch noch so leise Stimme vollkommen in das Zimmer E zu transportieren.

Dieser will ich noch die Darstellung eines anderen wunderlichen Bauwerks anfügen, das auch heute noch in Pavia existiert und mit solcher Kunstfertigkeit erbaut wurde, dass man am Eingang ein Echo hört wie ein geheimnisvolles Wunder. Denn mir drei Silben und mit so deutlicher Aussprache der einzelnen Silben scheint es dem Fragenden zu antworten, dass viele einfältig überzeugt sind, es handle sich nicht um ein Werk der Natur, sondern um die Vorspiegelung eines dort eingeschlossenen Dämons. Unter denen war auch Gerolamo Cardano, was bei einem so geistreichen und einem in den Geheimnissen der Natur so bewanderten Mann verwunderlich ist. Aber wir wollen uns die Worte des besagten Cardano anhören, der in seinem Buch *De Subtilitate* das Echo mit folgenden Worten beschreibt:

Das ticinensische Echo

Gerolamo Cardano aus Mailand sagt im 18. Buch *Über die Wunder* seiner Bücher *De Subtilitate*, gedruckt in Nürnberg, am Ende des Buchs:

Die dritte Art der Nachtwache ist rein und unverdorben, doch scheint sich dabei Wunderliches auf vielfache Weise zu ereignen: Wenn zum Beispiel ein Echo ertönt, dann geschieht es viele, viele Male, so dass es immer wieder siebenmal die Stimmen widerhallen lässt. Bei Nacht kann man allemal so ein Wunder bestaunen. Wenn die Sache nicht so bekannt wäre, könnte sie jemanden auch erschrecken, so deutlich und spät werden die Stimmen zurückgeworfen. Ursache dafür ist die Luft, die von gewölbten Flächen zurückgestoßen wird. Es reflektieren nur Höhlungen oder durch eine Mauer, aber nach den Alten reflektieren sie mehr von Ferne als aus der Nähe. Für ein Echo muss eine Stimme gebrochen und von der dazwischenliegenden Fläche zurückgeworfen werden. Oft ist es mehrfach, wir haben ein dreifaches gehört.

Die Alten haben nicht nur für eine vielfache oder siebenmalige Widergabe von Stimmen Beispiele gekannt. In Pavia, Ticinum, gab es einst eine große Basilika, welche die Italiener „Sala“ nannten, die neben der Burg der Stadt vom Tor aus so oft Stimmen reflektierte, dass man sie nicht mehr zählen konnte, manchmal hörte man dreißigmal das Echo. Viele Zeugen waren dabei anwesend, unter ihnen der bedeutende Professor der Medizin, der Deutsche Melchior Malheuser, unser Schüler. Man hätte glauben können, jemand antworte einem oder man werde verspottet. Allmählich nahmen die Stimmen ab und hörten ganz auf. Verwunderlich wurde so „Ahime“, was auf Latein „heu“ heißt, reflektiert, wie durch die Stimme eines Sterbenden und Dahinscheidenden. Dieser Bau ist rechteckig und durch mehrere Fensteröffnungen oben von den Seiten erhellt. Vorderseite und Rückwand sind nicht durchbrochen, außer dass in der Vorderseite der Eingang ist. Die Länge der Basilika beträgt ungefähr 100 Fuß, die Breite 25. Schall wird auch mehrfach reflektiert, wenn man an der dem Eingang gegenüber befindlichen Wand steht. Es hört sich dann an, als komme er von dem oberen Teil des Eingangs. So wird der Schall von beiden Seiten reflektiert und am besten für die, die außerhalb des Eingangs stehen, in der Mitte aber niemals. Deshalb kann niemand zweifeln, dass dort ein Dämon oder ein Betrug am Werk ist. Denn man kann kaum an ein Echo glauben, so deutlich, so ungestört, so oft und in der richtigen Reihenfolge hört man alle Stimmen. Die Höhe ist, wie ich glaube, um die Hälfte größer als die Breite, es ist nämlich eine hochaufragende Basilika. Es beliebte, es so zu beschreiben, damit die Leute wissen, wo man derartiges erleben kann oder um nach Belieben ein anderes Beispiel zu geben. Ich habe von Leuten, die dabei waren, gehört, einst habe es vor dem Eingang geradeaus einen Bogen einer Säulenhalle gegeben, von dem ein großer Teil auch noch übrig ist. Um vieles besser seien gewöhnliche Worte reflektiert worden für die, die außerhalb des Eingangs unter dem Bogen standen. Um vieles

üppiger und mit mehr Gewinn, so dass die Stimmen immer wieder dreißigmal reflektiert wurden. Sicher ist, dass die Schallausbreitung schneller ging, die Stimmen stärker und viel bewegter waren und ebenso deutlich wie häufig widerhallten.

Da aber vor noch nicht so langer Zeit Salvator Scarduccius, ein Priester unserer Gesellschaft und ein in der Musik erfahrener Mann, mir eine vollständige Information über die Beschaffenheit dieses Echos und die Konstruktion des Bauwerks geschickt hatte, hielt ich es für richtig, diese an dieser Stelle einzufügen, um so den wissbegierigen Leser mit der Ursache des so berühmten und bekannten Echos besser bekannt zu machen. Die Sache verhält sich so: Das Bauwerk steht in der Stadt Ticinum, vom Volk Pavia genannt, im höchsten Teil der Stadt neben <294> dem Kastell oder dem Palast des Herzogs, im Volksmund *Salone* oder *Arsenale* genannt. Der diente einst öffentlichen Vergnügungen, dann war er Aufbewahrungsort für Kriegsgerät. Seine Form ist rechteckig, seine Höhe beträgt 35 römische Ellen bis zur Decke, seine Länge 124 römische Ellen, die Breite 24. Er hat zwei Eingänge, einen gegen Norden an der Stirnfront von sechs römischen Ellen hoch, vier bis fünf Ellen breit. In der dieser gegenüberliegenden Seite, gegen Süden also, erkennt man drei Fenster, von denen das mittlere größer ist als die anderen. Unter ihnen öffnet sich ein Eingang, der von gleicher Größe ist wie der an der Nordseite. Durch diesen gelangt man zu der von Cardano benannten Säulenhalle, die auch als Werkstatt diente. Die Beschreibung des gesamten Bauwerks haben wir kurz erklärt, wenigstens soweit es unserem Vorhaben dient, jetzt bleibt uns noch, die Ursache für ein so vielfaches Echo zu erklären.

Erklärung der Ursache für das Echo in Ticinum

Bei geöffnetem Nord- und Südtor – Letzteres ist ungefähr 30 Schritte von der Stadtmauer entfernt – antwortet das Echo einem, der in der Mitte steht, elfmal. Ist das Südtor geschlossen, achtmal, sind beide Tore geschlossen, nur sechsmal. Dafür kann es keine andere Ursache geben als den Widerstand der Mauern vor den Toren, welcher die die Schallphänomene entsprechend der berechneten Proportion der Entfernung elfmal reflektiert. Sind aber die Tore verschlossen, muss es notwendig weniger Reflexionen geben, da die Entfernung auch geringer ist. Zu beachten ist dennoch, dass dieses Echo seine größte Stärke bei der Reflexion von Zweisilblern hat, wie es vom Echo in Mailand gesagt wurde. Die natürliche Stimme ist für die Erzeugung des Echos an diesem Ort am besten geeignet, künstlich erzeugter Schall durch Trompete oder Trommel entstellt es durch die Stärke des Schalls. (Die Ursache hierfür haben wir im Vorhergehenden aufgezeigt.) Dennoch kann man lesen, dass Trompete oder Flöte [tibia], allgemein *Cornetto* genannt, wenn sie die Intervalle ut, mi, sol einsilbig intonieren, im Zusammenklang ein Echo in der Form einer elfstimmigen Fuge erzeugen, eine für das Gehör wunderbare Sache. Abhängig vom unterschiedlichen Standpunkt der Rufenden hat das Echo verschiedene Eigenschaften. Es hört sich anders an für diejenigen, die in der Mitte stehen, wenn die Rufer an der Frontseite oder der Seitenwand stehen, anders hören es diejenigen, die dem Eingang gegenüberstehen, von Rufern aus der Mitte. Die Ursache dafür ist keine andere als die Stellung der jeweils sich gegenüberstehenden Mauern, wodurch die Phänomene des reflektierten Schalls durch den berechneten oder zufälligen Abstand immer wieder reflektiert und so den Ohren verschiedenen Schabernack bieten. Die Ursache für dies kann nur der verkennen, der unsere vorausgegangenen Gedankengänge zu den Polyphonismen nicht gelesen oder das Gelesene nicht verstanden hat. Dass es heutzutage diese wunderbare Schallreflexion nicht mehr gibt wie zu Zeiten von Cardano und Blancani, hat seinen Grund darin, dass dieser Ort so mit allerlei Kriegsgerät angefüllt ist, dass es eine vielfältige

Schallreflexion verhindert. Ein offensichtlicher Beweis dafür ist die Tatsache, dass die im Süden stehenden Menschen kein Echo hören können, wo Hindernisse dieser Art angehäuft sind, weil dadurch die Gestalten des Schalls zerstreut und absorbiert werden. Dies war es, was ich über das berühmte Echo der Stadt Ticinum glaubte sagen zu müssen.

Der Hof von Mantua und eine andere wunderbare Schallverstärkung im berühmten heute noch bestehenden Palast des Herzogs von Caparola Farnese

Andere wunderliche Echos an verschiedenen Orten

In diesen beiden Höfen ist nichts anderes zu sehen als eine Röhre, ähnlich der, die wir in der Grotte von Syrakus beschrieben haben. Bei beiden wird besagte Röhre mitten durchs Kuppeldach zu den gegenüber liegenden Ecken geführt, sie ist in übertäfelten Gips eingepresst, halbkreisförmig, und eine Handbreit breit. Wenn jemand am einen Ende leise etwas sagt, gelangen die in die Röhre eingegangenen und sich ausbreitenden Schallgestalten, da sie nicht entweichen können, notwendigerweise zu den Ohren von Leuten, die sich am anderen Ende befinden. Das ist keine große Kunst und kann von den Architekten in jedem Gebäude mit einer Kuppel installiert werden.

Vor nicht langer Zeit schrieb mir Pater Giacomo Bonvicino, ein hervorragender Mathematiker unsere Gesellschaft und ein vorzüglicher Sprachenkenner, über ein anderes wunderbare Echo, das sich im Tal des Vesuvs neunmal hören lässt. Dies Echo entsteht durch die Beschaffenheit des Orts und durch den Fleiß der Einwohner seit dem letzten Ausbruch, als sie nämlich verschiedene Kanäle gruben, die zur Wasser- und Feuchtigkeitsversorgung der Weinberge bei Trockenheit nötig sind. Dadurch geschieht es, dass, sobald jemand auf dem Berggipfel in eine Kanalöffnung spricht, <295> die Stimme sich durch die Kanäle ausbreitet und durch vielfältige Reflexion verstärkt wird, und so deutlich zu den Menschen gelangt, die an den Kanälen am Fuß des Berges spazieren, dass man schwören könnte, man unterhalte sich mit Leuten, die vor einem stehen. Man könnte an dieser Stelle allein infolge der Geschwätzigkeit der Natur auch immer wieder die Gespräche der Hirten und die Stimmen von Menschen ganz deutlich hören, obwohl niemand in der Nähe ist oder dort erscheint, was viele Menschen für ein Geheimnis halten. Das aber soll jetzt genügen zu den geheimnisvollen Echos.

Pragmatia I

Wie man den Bauplan einer Halle so gestaltet, dass nichts so leise gesprochen werden kann, was nicht darin oder in einem anderen Zimmer gehört werden kann

Röhren haben die wunderbare Fähigkeit, Stimmen zu sammeln.

Einige behaupten, man könne dies durch eine verborgene Röhrenverlegung bewirken, so dass, wenn man von den verschiedenen Räumen Röhren zu einem einzigen Ort führt, der Fürst, indem er seine Ohren an die Öffnung der Zusammenführung aller Röhren in verschiedenen Räumen anlegt, alle Töne hören kann. Wenn man die Sache so versteht, dass alles, was in irgendwelchen Räumen leise gesprochen wird, sich durch Röhren ausbreitet und dem

Fürsten zu Ohren kommt, dann ist es falsch, da sich die Stimmen aus dem Zimmer, die fortgetragen werden, wohl kaum an der Öffnung einer Röhre bündeln, sondern sich erst in dem freien Medium zerstreuen und absorbiert werden, bevor sie in die Röhre gelangen und dann schon matt sind und ersterben. Wenn man aber den Mund an die Röhre anlegt und die Worte hineinflüstert, dann hört der Fürst die Gespräche aus den einzelnen Zimmern zweifellos deutlich.

Eine Röhre von 500 Fuß befördert Stimmen.

Nicht nur ich habe durch eine Röhre von sehr großer Länge Worte gehört, sondern auch andere mit mir durch eine Bleiröhre, die über 500 Fuß lang war. Sie darf aber im Durchmesser nicht allzu groß und auch nicht allzu eng gebaut sein, sondern muss die richtige Breite oder der Durchmesser soll drei Daumen betragen. Für Trommeln oder Trompeten kann man ein etwas größere Röhren nehmen.

Warum in Mauern eingelassene Röhren Schall besser befördern als solche im Freien verlegte

Wenn solche Röhren eingemauert sind, befördern sie Schall besser, als wenn sie im Freien verlegt sind. Die Ursache dafür ist nichts anderes, als dass die eingemauerten Röhren keine so merkliche Erschütterung zulassen wie die frei verlegten. Die Erschütterung aber behindert die Schallausbreitung sehr, weil sie durch ihr Zittern die Bewegung die Stimmen zerstreut.

Das Gegenteil passiert bei festen Balken.

Eine ganz und gar gegenteilige Erfahrung macht man mit Balken und anderen festen, länglichen Körpern, die alle Kraft einer eingeflüsterten Stimme vernichten. Für die Beförderung von Schall ist eine umso größere Kraft erforderlich, je freier das Medium der Beförderung ist, wie oben gezeigt wurde. Denn das Zittern des Ganzen lässt den Lärm, der auf der einen Seite erzeugt wurde, auf der anderen erscheinen. Ein in die Erde eingegrabener oder eingemauerter Balken beschneidet die freie Bewegung, also muss der Schall zugleich die freie Ausbreitung zerstören.

Ein Experiment des Autors mit unterirdischen Röhren

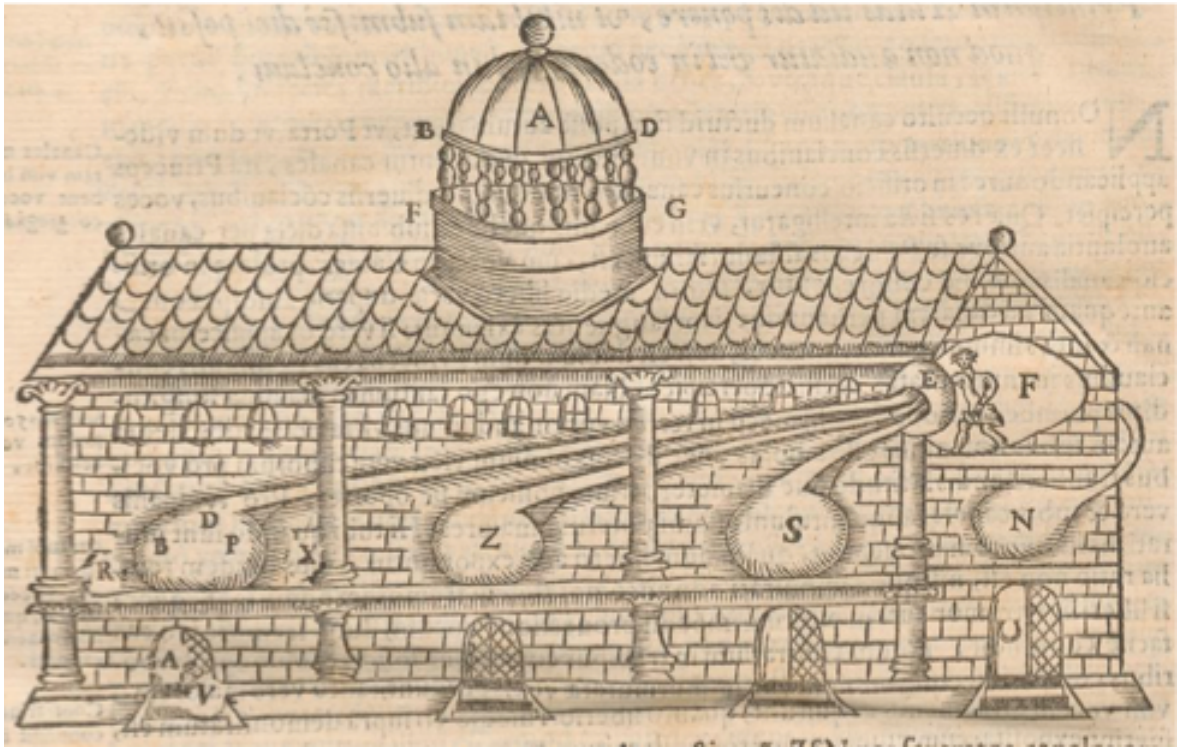
Obwohl das mit den Röhren eine recht einfache Sache ist, kann man dennoch nicht bestreiten, dass man viel geradezu Paradoxes mit verborgen verlegten Röhren bewirken kann, wenn ein schlauer Künstler und Echomeister das rechte Geschick an den Tag legt. Die Richtigkeit dieser Behauptung hat mir ein Alchemist bestätigt, dessen unterirdische Werkstatt ohne irgendeine Öffnung oder Fenster und nur mit einer Röhre für den Rauchabzug und einer sehr kleinen Tür ausgerüstet war, wodurch alles, was in dem so abgeschirmten Raum gesprochen wurde, am anderen Ende der Röhre deutlich zu verstehen war, was nicht geringe Bewunderung erregte. Schlauer geworden durch dieses Experiment, bin ich wohl überzeugt, in den Palästen der Fürsten zweifellos etwas Ähnliches bewirken zu können. So soll ein Echomeister seine Sache anfangen.

Es soll ein Zimmerchen sein, das nur wenige Menschen fasst, 8 Handbreit [sic, wohl eher 8 Fuß] lang, wie in der folgenden Zeichnung gezeigt, ebenso tief und hoch. Die Tiefe wird in der Zeichnung mit RX 8 Palm bezeichnet, die Höhe mit gleichem Maß DV. Das Zimmer soll eine sehr kleine, niedrige Tür A haben, die ganz dicht verschlossen werden kann.

In die Seitenwand soll aus dichtestem Kristallglas ein Fenster so in die Mauer eingelassen werden, dass kein Schall durch Fenster oder Tür entweichen kann, wenn er drinnen reflektiert wird, sondern nur durch die Röhre DE, die verborgen durch das Haus nach dem Zimmer F verlegt ist, der sich zusammen mit D dem Kuppeldach der Kammer (das wie ein gedrehter Kegel gemäß dem Bild, das wir zeigen, ganz glatt sein muss) so fortsetzt, dass es als zusammenhängende Fläche erscheinen könnte. Am anderen Ende soll die Röhre bei E eine gekrümmte Öffnung haben, damit der Schall austreten und sich in Freiheit ergießen kann. Und so wird man den vollendeten Bau haben. Wenn also jemand bei geschlossenen Fenster und Tür in die Kammer AD kommt und irgendwelche Worte hineinspricht, wird der Schall, da er ja nirgends sonst entweichen kann, <296> durch die kegelförmige Fläche D vielfach hin und her getrieben und zusammengedrückt wird. Er gelangt schließlich in die Röhre DE und erreicht, wenn er in E austritt, vollkommen unversehrt die Ohren der Leute, die bei F stehen.

Folgerung

So wird klar, dass Musik, die im Zimmer AD aufgeführt wird, indem sie durch die verborgene Röhre DE in den Raum F geht, vollkommen wiedergegeben wird. Wenn jemand verschiedene Streiche mit Schall spielen will, kann er dies durch die verschiedenen Kämmerchen, die durch getrennte Röhren mit F verbunden sind, leicht bewirken.



Z, S, N sind solche akustischen Kämmerchen. Sie alle werden durch getrennte Röhren mit dem Zimmer des Fürsten verbunden, das mit dem Buchstaben F bezeichnet ist. Man sehe sich die obige Zeichnung an, wo man besser erklärt sehen kann, was ich meine.

Pragmatia II

Einen Bau so anlegen, dass man den Schall nur an zwei gegenüberliegenden Stellen hören kann und sonst nirgends

In verschiedenen Fürstenpalästen kann man solche Spielereien mit Schallübertragung betrachten, mehr dazu in der *Echo-Geschichte* [historica Echonica]. Wie irgendein Fürst ähnliche Bauwerke errichten kann, soll nun gesagt werden.

Erstens: Der Bau soll rund sein wie eine Kuppel, von der Art der Kuppel, die die obige Zeichnung zeigt, und durch seine runde Form zu einer ganz gleichmäßigen Oberfläche gestaltet werden. Sein Fundament soll vollkommen rund sein, wie auch die Mauer zwischen dem Fundament und dem Dach der Fürstenhalle eingefasst ist ist.

Ein wunderbares Echo in einem Turm
des kaiserlichen Schlosses in Heidelberg

Ich hielt es für richtig, hier eine Zeichnung eines Echoturms anzufügen, wie ich ihn einst in Heidelberg im kaiserlichen Schloss gesehen habe. A soll das Kuppeldach sein, BAD ein Halbkreis, BDFG ein Rundgang mit Fenstern, FG ein zweiter, ganz glatter Rundgang. Diese Halle zeigt folgende wunderliche Eigenheit: Wenn sich jemand ihr nähert und ein wenig fester auf den Boden tritt, glaubt er zu hören, ihm folge eine Schwadron. Steht er mitten drin, bewirkt er ein vielfach reflektiertes Echo. An den gegenüberliegenden <297> Stellen F und G des Rundgangs CEFG kann nichts so leise gesprochen werden, was von einem, der an F oder G steht, nicht gehört werden kann.

Das Echo in der Kuppel des Petersdoms in Rom

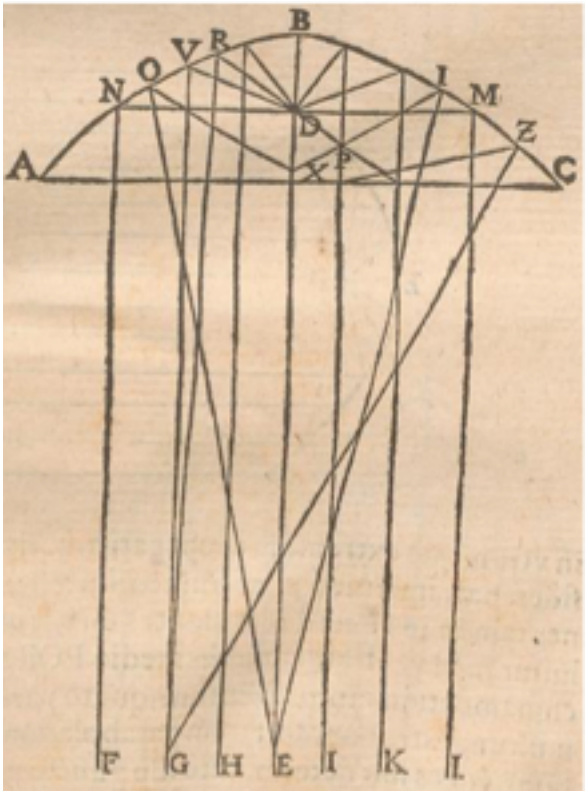
Dieser Effekt ist allen runden Bauwerken gemeinsam, wie wir das oben bei der Kuppel von St. Peter gezeigt haben. Ähnliches kann man auch, wie ich höre, in irgendeinem Zimmer in dem Palast des Herzogs von Mantua in der Vorstadt hören. Doch darüber an anderer Stelle. In solchen Gebäuden verbirgt sich keine andere Kunstfertigkeit als das, was dem Vorbild des oben vorgestellten Turms folgt. Bei solchen Gebäuden darf die Oberflächen durch keine Koronis beeinträchtigt werden, sondern die Innenfläche muss sich als Ganzes ohne Unterbrechung erstrecken. Auf diese Weise breitet sich der Schall besser aus.

Pragmatia III

Wie man Hallen mit parabolischer Oberfläche so konstruiert, dass ein an einem bestimmten Punkt platziertes Ohr versteht, was auch immer leise gesprochen wird

Obwohl wir oben Natur und Eigenschaften der Parabel schon reichlich besprochen haben, hielt ich es aber, damit man in der Praxis keine Fehler begeht, für gut, hier die Erörterung einiger Schwierigkeiten vorauszuschicken. Man muss wissen, dass man parabolische Oberflächen auf zwei Weisen betrachten kann, je nachdem, ob sie stumpf oder spitz ist. Je stumpfer eine konkave Fläche ist, desto näher liegt der Brennpunkt oder der akustische Punkt am Scheitel der Parabel. Je spitzer die Fläche ist, desto weiter liegt der akustische Punkt vom Scheitel der Parabel entfernt. Der akustische Punkt oder der, bei dem die Strahlen zusammenlaufen, liegt immer auf der Parabelachse.

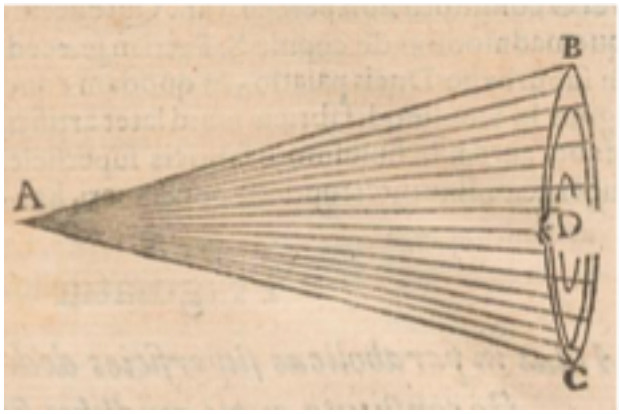
Die Linien, die in einer Parabel zusammenlaufen,
müssen immer Parallelen sein.



Zweitens muss man wissen, dass es dafür, dass alle Schalllinien in dem akustischen Punkt zusammenlaufen notwendig ist, dass die auf eine konkav-parabolischen Fläche einfallenden Klanglinien parallel zur Achse sind. Wenn daher eine Parabel hinreichend groß ist, fließen alle Gestalten des Schalls, auch sehr kleine, in einem Punkt zusammen. Doch wollen wir die Sache noch ein wenig deutlicher zeigen. ABC soll unsere Parabel sein, D der Brennpunkt. Ich behaupte nun, dass die Schallphänomene nur dann im Punkt D zusammentreffen, wenn sie alle zur Achse BDE parallel sind. Der Klang soll nämlich von E nach O und I ausstrahlen (oben haben wir gezeigt, dass sich Schall durch kegelförmige Phonismen ausbreitet). Gemäß der oben übermittelten Regeln der Reflexion werden die Linien, die von E auf O und I treffen, nicht nach D, sondern nach X reflektiert. An diesem Punkt ist nämlich der Einfallswinkel gleich dem Reflexionswinkel. Wenn wiederum ein Schall, der nicht auf der Achse liegt, auf die konkave Fläche trifft, wird tatsächlich nur ein einziger Strahl nach D reflektiert werden, die übrigen Strahlen werden sich auf verschiedene Zentren neben der Reflexionsachse verteilen. Dies wird bei der Schalllinie, die von G nach V fällt und von dort nach D reflektiert wird, wo jedoch die Linien, die von G nach R und nach Z strahlen, ihren gemeinsamen Punkt nicht in D und nicht in X, sondern in P finden.

Der kegelförmige Phonismus sucht sich in einer Parabel
verschiedene Zentren oder Reflexionspunkte auf der Achse.

Man kann also sehen, dass der sich kegelförmig in einer Parabel ausbreitende Schall nichts Besonderes bietet, außer wenn er auf der Achse erzeugt wird, dann nämlich strahlen die Linien nur eines kegelförmigen Phonismus zusammen auf einen Punkt aus. In der folgenden Zeichnung soll ABC der Phonismus sein, BDC die Parabel, AD die Schalllinie auf der Achsen der Parabel. Ich behaupte nun, dass die Linien des kegelförmigen Phonismus ABC, die auf die Oberfläche der konkaven Parabel treffen, nach D reflektiert werden. Weil nämlich alle diese Linien auf einer konkav-parabolischen Fläche einen Kreis beschreiben, der mit der Kegelbasis identisch ist, ist es sicher, dass alle Linien nach der Winkelgleichheit zu einem Zentrum oder einem bestimmten Punkt auf der Achse reflektiert werden. Da es aber nicht nur einen Kegel dieser Form gibt, <298> sondern dieser unzählige kleinere und wieder kleinere in sich einschließt, werden nicht alle Linien auf einen Punkt ausstrahlen, sondern es werden für verschiedene Linien auch verschiedene akustische Zentren auf der Achse gebildet, genauso wie es bei einem runden konkaven Brennspiegel passiert, bei dem die Lichtstrahlen, die auf ihn treffen, nicht alle einen Brennpunkt haben, sondern verschiedene Strahlen auch verschiedene Brennpunkte auf der Achse des Brennspiegels bilden.

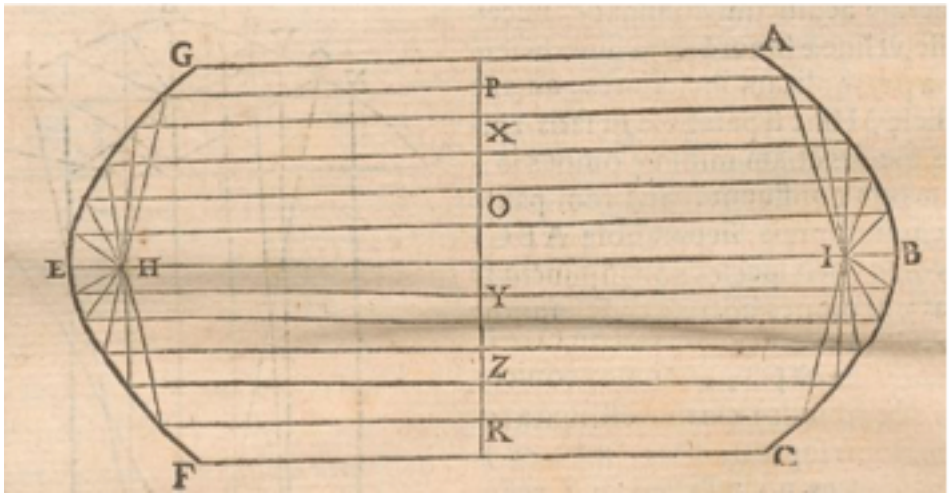


Fällt ein zylindrischer Phonismus auf eine Parabel,
laufen alle Linien in einem Punkt zusammen.

Ist jedoch ein Phonismus nicht kegelförmig, sondern zylindrisch, dann, sage ich, sind alle Schalllinien parallel zur Achse und laufen in einem Punkt zusammen. Den Beweis dafür sehe man sich in der *Ars magna lucis et umbræ* an.

Wenn jemandem nach der Klärung all dieser Fragen der Sinn danach stehen sollte, in irgendeinem Palast einen ähnlichen Mechanismus zu bauen, kann er dies in einem langgestreckten Promenadengang [ambulacrum] bequem so einrichten: An beiden Enden wird mit Hilfe einer Parabelschablone [paraboloplasta] eine parabolische Fläche beschrieben, so dass die verlängerte Achse durch die Zentren beider Parabeln verläuft.

An beiden Enden der Promenade soll eine Parabel sein, ABC am vorderen, GEF am hinteren. EB die beiden gemeinsame Achse, H und I die beiden Brennpunkte, an Punkt O, in der Mitte der Achse EB soll die Schallquelle sein. Wenn der Schall in einem kegelförmigen Phonismus strahlt, erhält man die (wenn auch nicht sehr starke) Wirkung, die aus den eben übermittelten Gründen eine Parabel verspricht. Breitet sich jedoch der Phonismus zylindrisch von POR zu den beiden Enden aus, wird ein Ohr, das an einem der Brennpunkte H oder I postiert ist,



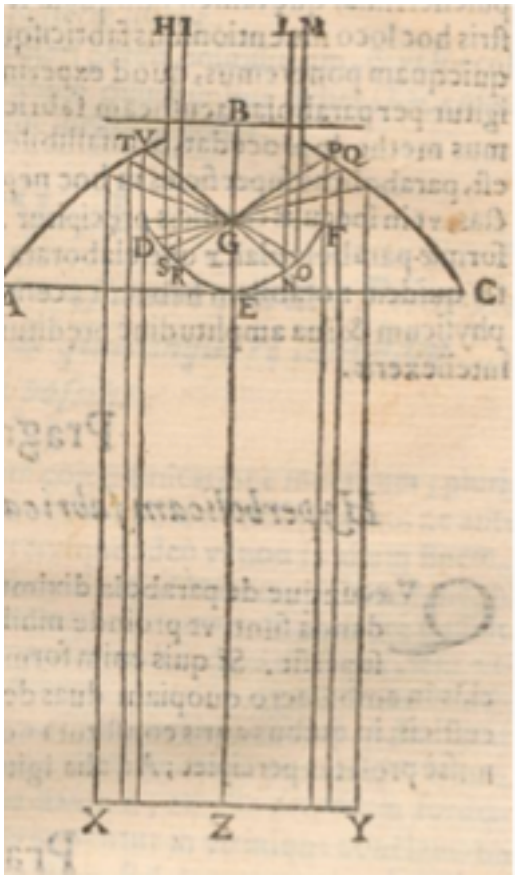
hören, was es sich gewünscht hat. Denn alle Schalllinien, mit welch leiser Stimme sie auch immer versehen wurden, werden in H oder I reflektiert und dort wunderbarerweise verstärkt. Man kann also in H oder I hören, was in der Mitte POR ganz leise gesprochen wird.

Dieser Mechanismus wird umso verborgener bleiben, je stumpfer die Parabeln sind. Dadurch kommt es nämlich, dass die Brennpunkte weit weg sind von der Krümmung der Parabeln. Die Zuhörer wundern sich, unter freiem Himmel an einem bestimmten Punkt einen solchen Schall hören zu können, obwohl weder Bögen noch andere Flächen auf der Promenade zu sehen sind, die Ursache für einen so geheimnisvollen Schall sein könnten. Sogar wenn sechs Leute an den Punkten P, X, O, Y, Z und R stünden, könnte jeder für sich demjenigen, der in H oder I steht, etwas anderes mitteilen, obwohl nicht einmal den aufmerksamen Nachbarn übermittelt würde, was ganz leise gesprochen wird. Wer aber am Brennpunkt H der Parabel steht, der wird, wenn er in die Richtung der zweiten Parabel flüstert, den in P, X, O, Y, Z, R stehenden Leuten alles mitteilen können, was er will. Will er aber nur mit einem von den sechs Personen sprechen, zu Beispiel mit dem, der an Punkt P steht, könnte er das mit einer unmittelbaren Röhre zu Punkt G der Parabel tun. Der Schall, der auf G trifft, muss zu den Ohren des an Punkt P stehenden gelangen, da der Strahl in der Form, mit der er einfällt, auch reflektiert wird.

<299> Eine andere Methode

Mersenne hat in seiner *Harmonia universalis* eine andere Methode übermittelt, die ich hier anfüge, damit man beurteilen kann, was davon zu halten ist.

Eine andere Methode der Verstärkung der parabolischen Phonokamptik



Als er nämlich sah, dass ein zylindrischer Phonismus schwierig ist, der kegelförmige aber nicht ausreicht, hoffte er, mit einer Verdopplung der Parabeln eine bessere Wirkung erzielen zu können. Er stellte nämlich einer größeren konkaven Parabel eine kleinere gegenüber, die den gleichen Brennpunkt haben soll wie die größere, so dass der Phonismus, der auf die größere traf, von dort durch den Brennpunkt auf die die kleinere trifft und von hier schließlich parallel zueinander außerhalb der Oberfläche der größeren Parabel (die entsprechend der Größe der kleineren Parabel ausgeschnitten sein muss) zu den Ohren eines Menschen ausbreitet, der dahinter steht.

ABC sei die größere Parabel, DEF die kleinere. Sie seien so aneinander angepasst, dass der Brennpunkt G beiden gemeinsam ist. Von V bis P soll die größere Parabel ausgeschnitten sein. Ist dies getan, sollen die Schalllinien von X und Y, also XT, XV, YP, YQ, auf die konkave Fläche der größeren Parabel treffen, von dort durch G nach S und R beziehungsweise von XT und XV nach N und O reflektiert werden, und von dort wiederum nach LM und HI, bis sie sich schließlich mit einem zylindrischen Phonismus den in HILM postierten Ohren darstellen.

Auf den ersten Blick sehen die Parabeln sicher gut aus, doch haben sie in der Praxis keinen Erfolg. Nebst den sehr wenigen Linien, die die große Parabel fassen kann, transportiert die kleinere in diesem Parallelismus auch sehr wenige Linien die erheblich geschwächt sind, so dass ich das Verfahren, das wir oben beschrieben haben, hundertmal besser zu nennen wage.

Vieles, was die Theorie fordert, kann in der Praxis nur mit Schwierigkeiten realisiert werden.



Ja, Mersenne selbst hat die Schwierigkeiten vorausgesehen, hat jenes Verfahren gleichsam niedergeschrieen und sich zu einem anderen geflüchtet, das freilich auch nicht viel besser ist. Es ist nämlich ganz offensichtlich, dass eine solche Erfindung keinen Erfolg haben kann, einmal aus besagten Gründen, dann auch wegen des Brennpunkts, der ja, da er für beide derselbe sein soll, mehr als Archimedes Geschick erforderte, um ihn an beide anzupassen.

ABC soll die größere Parabel sein, ihr soll die kleinere D so gegenübergestellt werden, wie man es in der Zeichnung sieht. Sie soll eine konvexe, parabolische Fläche und in E den beiden gemeinsamen Brennpunkt haben. Nachdem dieses Arrangement so gefertigt ist, treffen die Schalllinien von G und F auf die konkave Fläche der größeren Parabel, von den Punkten o, n, x, h nicht auf den Brennpunkt E, sondern werden auf die Fläche der konvexen kleineren Parabel D reflektiert, und der empfangene Schall wird in einem zylindrischen Phonismus nach I und R zurückgeworfen, zu den Ohren der dort lauschenden Menschen. Wer sieht hier nicht, dass auch dieses Verfahren außer dem gefälligen Aussehen nichts enthält? <300> Denn außer, dass die kleinere Parabel nur mit großen Schwierigkeiten an den Brennpunkt der größeren angepasst werden kann, wirft sie auf ihrer konvexen Fläche so wenige und so schwache Reflexionen zurück, dass jemand , der bei I oder R steht, meiner Meinung nach wohl kaum eine besondere Verstärkung des Schalls wahrnehmen kann. Selbst wenn man um des Arguments willen annimmt, dass dass eine starke Schallverstärkung entsteht, so halte ich dennoch die praktische Ausführung für so schwierig, dass sie kaum Erfolg haben dürfte. Es gibt ja viele Dinge, die in der Theorie sehr schön sind, die man aber fast nie in Praxis umsetzen kann. Damit man nicht genau dies auch von unseren Erfindungen und den akustischen Bauten sagen kann, haben wir uns mit besonderem Bemühen davor gehütet, irgendetwas vorzustellen, was nicht zuvor durch ein Experiment erprobt wurde. Wem also der Sinn danach steht, mit Parabeln einen akustischen Bau zu errichten, der soll mit keiner anderen Methode vorgehen, als mit der, die wir genannt haben und er wird mit Sicherheit Erfolg haben. Es ist auch nicht notwendig, dass die parabolischen Flächen bei einer solchen echotektonischen Aufgabe so mathematisch exakt sind, wie dies bei Brennspiegeln erforderlich ist. Es genügt eine Gestalt, die möglichst sorgfältig mit Hilfe einer Parabelschablone her-

gestellt wird. Da nämlich die Schalllinien eine eigene, hinreichend bekannte Ausdehnung haben, wird das akustische Zentrum einer Parabel nicht mathematisch bestimmt, sondern physikalisch und hängt von seiner Ausdehnung ab. Das weiß nur der nicht, der das Vorhergegangene nicht begriffen hat.

Pragmatia IV

Einen hyperbolischen Bau konstruieren, der den Schall bündelt

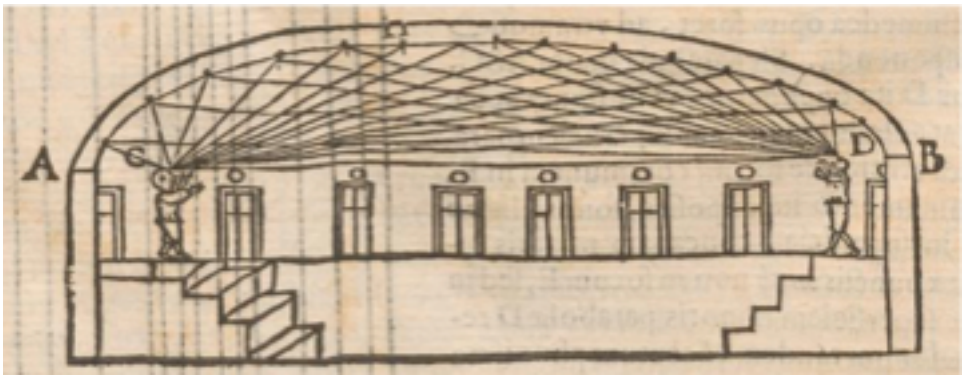
Funktionsweise eines hyperbolischen Baus

Alles, was wir bezüglich der Parabel gesagt haben, muss auch auf hyperbolische Flächen angewendet werden, so dass bezüglich der Gestaltung solcher Flächen nichts mehr gesagt zu werden braucht. Wenn nämlich jemand eine Hyperbelschablone, welcher der Größe des Raums angepasst ist, und in einer Promenade zwei hyperbolische Flächen mit ihren akustischen Zentren aufzeichnet, so wird ein Ohr, das an ihnen postiert ist, nicht anders als bei parabolischen Flächen Laute hören, die noch so leise gesprochen wurden. Also lasst uns zu anderem eilen.

Pragmatia V

Elliptische Bauten konstruieren, die wunderbar den Schall verstärken

Von allen Kegelschnitten ist die Ellipse für unsere echotektonische Aufgabe am besten geeignet. Daher glaubten wir, hier den elliptischen Bau etwas ausführlicher behandeln zu müssen. Was eine Ellipse ist und wie man sie zeichnet, wurde oben gesagt. Also zur Ausführung: Elliptische Dächer von Bauten haben die Eigenheit, dass sie im freien Raum immer zwei Punkte oder Zentren erzeugen. Die Schablone für die Ellipse soll zuerst so lang sein, wie es die Länge des ovalen Dachs erfordert.



AHB soll das Dach aus Gips sein, daran legt man an den Polen A und B die Ellipsenschablone an. C und D sollen die akustischen Zentren sein, die man sehr sorgfältig markieren muss. Dreht man <301> die Ellipsenschablone so lange im Gips im Halbkreis, bis die Schablone eine vollkommen elliptische Fläche am Dach zurückgelassen hat, wird der Bau vollkommen. Steht nun jemand am Punkt D und spricht so leise er will Worte aus, wird einer, der am Punkt C steht, wie ich sage, die Rede deutlich und genau hören. Da nämlich die Stimme von D aus, wie auch immer sie am elliptischen Dach anschlägt wird, immer nach C zurückgeworfen wird

und die unzähligen Schallgestalten dort in ein- und demselben Moment ankommen, bietet sich die Gestalten dort perfekt verstärkt den Ohren dar.

Anzumerken ist dennoch, dass die Fläche möglichst glatt sein muss, ähnlich einem Spiegel, sie muss mit Wasser aus Leim oder auch aus Gummi arabicum aufgeweicht und benetzt werden. So wird der Schall, wenn alle Risse und Aufrauhungen beseitigt sind, besser reflektiert.

Pragmatia VI

Wie man in einem Palast eine akustische Ellipse so konstruiert, dass sich zwei Fürsten, die sich in zwei getrennten Zimmern aufhalten, über eine Sache unterhalten können, als stünden sie sich gegenüber

Dies ist eine Erfindung von größter Nützlichkeit für eine gegenseitige Beratung. Es liegt viel daran, sich in einer geheimen Beratung austauschen zu können, von der andere Menschen nichts erfahren, damit die Pläne nicht vorzeitig listig ausgespäht und bekannt werden. Denn sicher wurden die geheimen Treppen und Zugänge zu den Fürstengemächern zu keinem anderen Zweck eingerichtet, als dass man sich über Gegenstände von großer Tragweite so geheim und sicher wie möglich austauschen und darüber zusammenkommen könnte.

Wie wir mit der Kunst der Echotektonik Ähnliches wie die Architekten vollbringen können, soll bald sichtbar werden. Damit also zwei Fürsten, die sich in zwei verschiedenen Räumen aufhalten, sicher und sorglos ihre Pläne austauschen können, muss ein Bau mit dieser Kunst errichtet werden. Man wähle einen Abstand zwischen zwei Zimmern einen beliebigen Abstand von 100 oder auch mehr Fuß und in den durch zwei Mauern eingegrenzten Abstands setze man eine akustische Ellipse ein, die mit solcher Kunstfertigkeit konstruiert wird, dass die zwei Ellipsenbrennpunkte an den Fensterchen beider Zimmer liegen, die zu diesem Zweck geschaffen sind. Schon hat man, was man wünschte. Doch soll die Anschauung die Sache besser ans Licht bringen.

Ein wunderbarer Bau für die Unterredung zwischen Fürsten



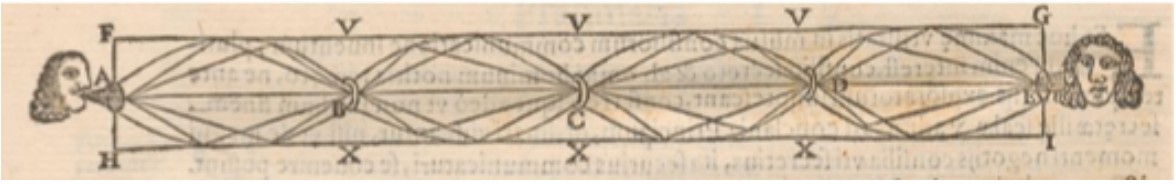
D und E seien die beiden Räume sein, der zwischen beiden liegende und mit Mauern abgeschlossene Abstand sei DE. Innerhalb dieses Raums zeichnet man mit Hilfe der Ellipsenschablone ein konkaves elliptisches Dach in den Gips und glättet es höchst sorgfältig. Die akustischen Zentren dieser Ellipse oder des konkaven Ellipseneis B und C stimmen genau mit den Fensterchen D und E in beiden Räumen überein, die für die vorbestimmte Aufgabe eingelassen wurden. Schon hat man den vollkommenen, geheimen Bau. Die noch so leise gesprochenen Worte des Fürsten, der am Fensterchen B steht, werden vom anderen Fürsten, der am Fensterchen E steht, klar und deutlich gehört, als ob sie aus nächster Nähe gesprochen seien. Es lässt sich kaum sagen, welche Verstärkung eine Stimme in der Krümmung dieses elliptischen Eis erfährt. Ob die Worte nach oben, nach unten oder zur Seite gesprochen werden, alle Schalllinien, die an Krümmung <302> gebrochen werden, werden

nach C reflektiert und dort so stark gebündelt, dass die in B vorher mit leiser Stimme gesprochenen Worte am Punkt C als deutliches Geschrei erscheinen. Ich ermuntere hier alle geschickten Architekten, einen Versuch mit diesem so wunderlichen Geheimnis zu machen und der Sache zu vertrauen zu lernen, über die sie zuvor nicht grundlos im Zweifel waren, da es ihnen widersprüchlich oder technisch unausführbar erschien.

Pragmatia VII

Wie man mit einer anderen Methode denselben Bau noch viel kunstvoller konstruiert und den Abstand noch mehr ausdehnt

Wenn jemand einen ähnlichen Bau für diese Kunst mit einem weit größeren Abstand errichten will, soll er die Sache so anfangen: Zwischen zwei Mauern, die im gewünschten Abstand errichtet sind, sollen vier, fünf, sechs oder sieben elliptische Eier angebracht werden, und zwar genau so, wie man dies in der Zeichnung unten sieht. Die Ellipsen müssen so gebaut sein, dass sie entlang der Linien, die senkrecht durch die Brennpunkte verlaufen, beschnitten werden, wie man das in der folgenden Zeichnung sehen kann.



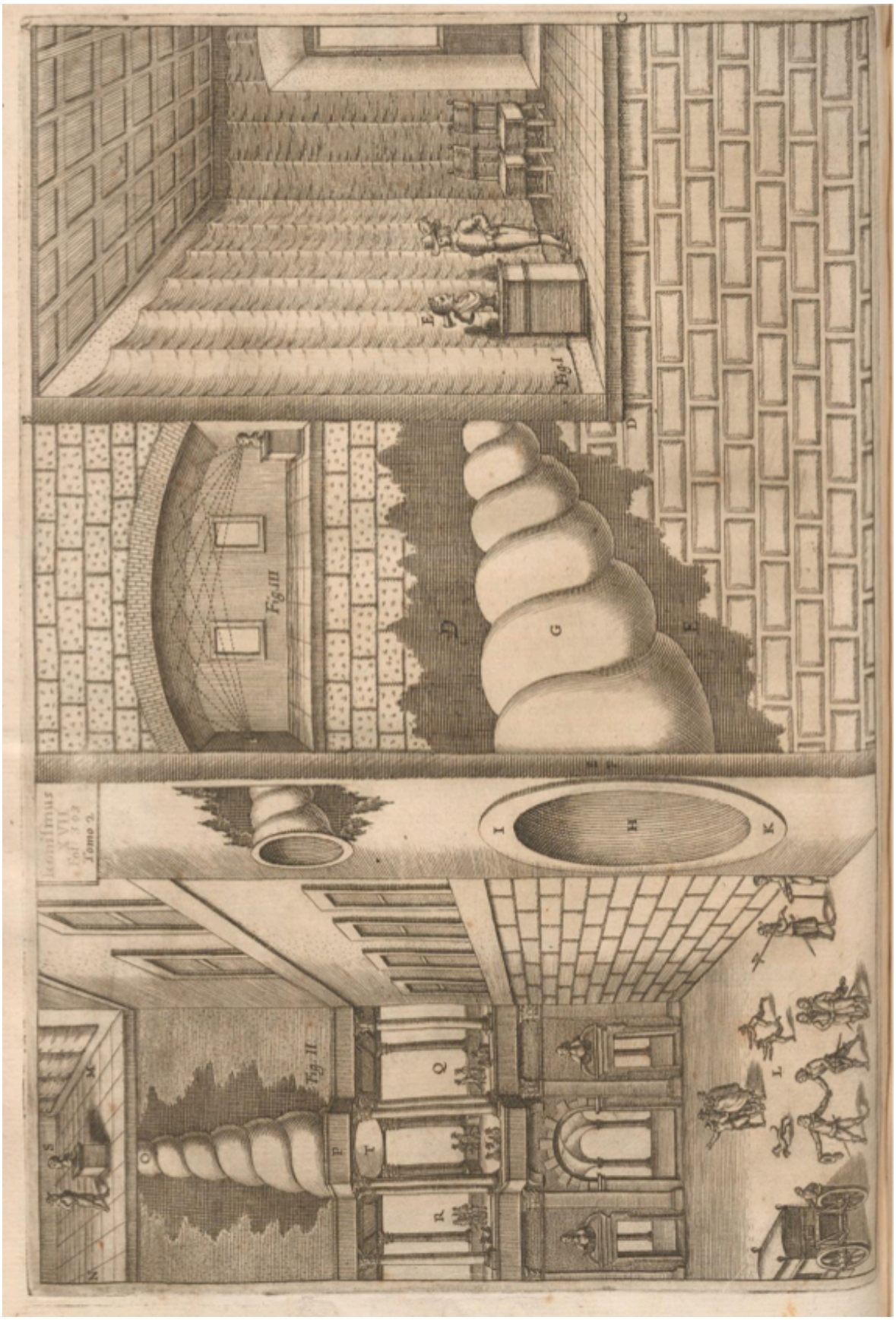
Ein wunderbarer Ellipsen-Bau für die Vervielfältigung der Stimmen

In dieser Zeichnung sind zwischen den Mauern FG und HL vier elliptische Eier so angeordnet, dass ihre akustischen Zentren oder ihre Brennpunkte jeweils zwei Ellipsen gemeinsam sind. So hat die Ellipse AB ein gemeinsames akustische Zentrum mit der Ellipse BC und das akustische Zentrum C der Ellipse BC ist gemeinsam mit Ellipse CD und das akustische Zentrum D der Ellipse CD ist gemeinsam mit der Ellipse DE.

Die Ellipsen müssen also entlang der Linien VX beschnitten werden, die durch die Brennpunkte verlaufen, so dass die Ellipsen aussehen wie durchbohrte Fässer. So hat man das große Geheimnis vollbracht. Denn wenn jemand, der am Punkt A steht, etwas mit noch so leiser Stimme hineinflüstert, wird das jemand, der am Punkt E steht, auch wenn er fünfhundert Fuß entfernt ist, deutlich hören, so wie wenn es ihm direkt ins Ohr geflüstert würde. Denn alle Schalllinien, die an der elliptischen Wölbung AB reflektiert werden, fließen in B wie zu ihrem Zentrum zusammen, werden dort vervielfältigt und verstärkt, strömen unvermischt allesamt weiter und erreichen in der zweiten Ellipsenwölbung eine weitere Reflexion nach C, und gelangen, in diesem Zentrum nochmals gebündelt und verstärkt, so in die Wölbung der Ellipse CD. Dort werden sie wieder reflektiert und vereinigen sich am Punkt D, werden von hier aus an der vierten Wölbung wieder reflektiert und gelangen schlussendlich verstärkt und vervielfältigt zu den Ohren dessen, der am Punkt E steht. Dieser wird die Gestalten des Klangs so deutlich wahrnehmen, als wenn er auch an Punkt A stünde. Der Beweis für diese Sache ist so deutlich, dass zu seinem Verständnis nichts notwendig erscheint als die Betrachtung der Zeichnung.

Corollarium

Aus dem bisher Gesagten wird klar, wie viele echotektonische Wunder man mit Hilfe nur eines einzigen hier vorgestellten Projekts erzeugen kann. Mit Sicherheit wird man damit musikalische Zusammenklänge jeder Art darbieten können, ohne dass jemand ahnen kann, woher die Klänge kommen. Doch soll dies für einen verständigen Leser genug sein, um unendliche viele Dinge entdecken zu können.


Fig. I
Fig. III
Fig. II
Tomus 2.

<303> Pragmatia VIII

Wie man in einem Bauwerk einen gedrehten, spiralförmigen Kegel oder eine schneckenhausförmige Röhre so anbringt, dass sie alle Stimmen von einem auch noch so weit entfernten öffentlichen Ort so genau und deutlich in einem Zimmer im Inneren wiedergeben, als wären sie direkt an die Ohren gelangt, wobei keiner ahnt, woher der Ton kommen könnte. Man sehe sich die Abbildung XVI an.

Sicher mit Recht haben wir die vollkommenste und am meisten bewunderungswürdige echotektonische Installation für den letzten Gang reserviert. Ich kenne keinen anderen Effekt, der in der Welt der magischen Natur noch mehr bewundert würde. Um den Leser nicht länger hinzuhalten, stelle ich die Sache kurz vor.

Eine wunderbare akustische Installation
mit Hilfe einer schneckenhausförmigen Röhre

Man meißelt in Fels oder in Naturstein oder, wenn dies die örtliche Gegebenheit nicht erfordert, in Gips, Ton oder Tuffstein eine Schneckenröhre oder man formt einen spiralförmig gedrehten Kegel mit solchem Geschick, dass er am entferntesten Ende eine weite und ausgedehnte Öffnung hat in Richtung eines öffentlichen Platzes, der von vielen Menschen frequentiert wird. Das andere Ende der Röhre läuft in einer sehr kleinen Öffnung aus und endet in einem Zimmer im Inneren, das nur von wenigen Menschen betreten wird. Die Oberfläche des Schneckenrohrs soll innen, soweit es das steinerne Material zulässt, möglichst sorgfältig geglättet werden; ist der Fels zu rau, soll die Innenfläche mit Gips für eine saubere Glättung überzogen werden.

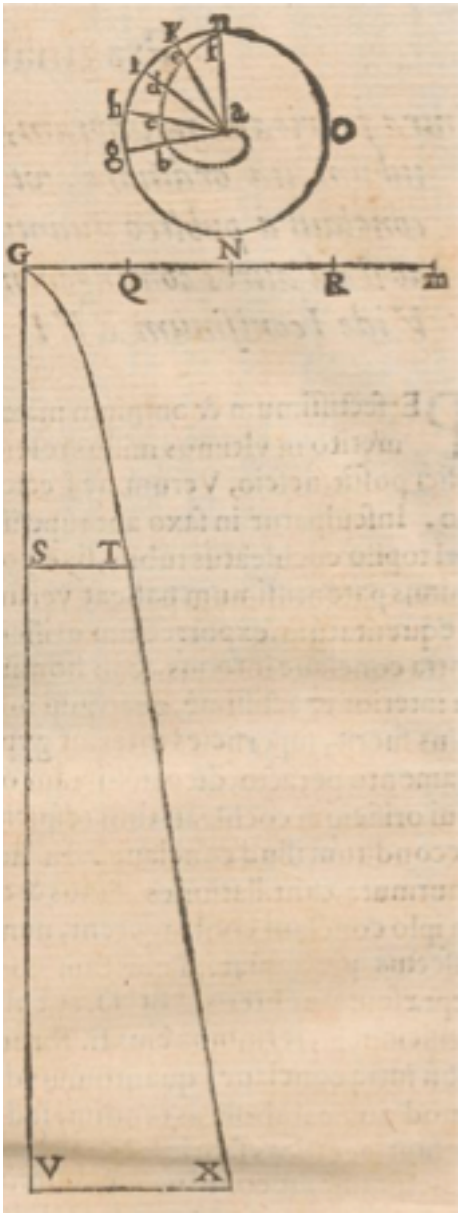
Sind diese technischen Maßnahmen erledigt, wird, sage ich, auf dem gegenüberliegenden Platz, der Gasse oder dem Ort für die Öffentlichkeit, welcher der Öffnung der Schneckenröhre zugewandt ist, nichts so geheim gesprochen werden können, was nicht durch die Röhre zu jenem entfernten Zimmer übertragen wird. Dabei wird man die unterschiedlichen Laute von Tieren, geheimes Flüstern von Menschen, ihr Singen, Weinen und Klagen so klar und deutlich hören, wie wenn dieser Schall im Zimmer selbst erzeugt würde, wobei niemand ahnt, woher ein solch ungewöhnlicher Klangeffekt stammt. Man betrachte den Bau in der folgenden Abbildung XVI[I], wo der Palast mit den Buchstaben ABCD bezeichnet wird, die in die Mauer eingelassene oder in den Fels eingemeißelte Schneckenröhre mit G, ihre Öffnung mit H, das andere Ende mit E, der Marktplatz mit L. Dort kann nichts so geheim geäußert werden, dass man es nicht im Zimmer hören kann, wie weit es auch entfernt ist.

Dies ist eine Technik, die nicht nur die Parabeln, sondern auch alle Ellipsen und alle akustischen Bauwerke, wie viele davon auch bisher vorgestellt wurden, bei weitem übertrifft, da sie nach dem Vorbild der Natur entworfen ist, das sie beim Bau des Ohrs verfolgt und mit unendlichen Reflexionen des Schalls hervorsprudelt (wie wir das im Problem 8 gezeigt haben, weshalb der Schall auch wunderbar verstärkt wird). Es kann eine solche Röhre in zweifacher Lage aufgestellt werden, in horizontaler oder liegend wie G oder in vertikaler Position wie PO. Beides erzeugt einen riesigen Effekt. Bei vertikaler Position ist er stärker, weil sich der Schall leichter nach oben als nach unten oder seitwärts ausbreitet. Beide Rohrführungen haben wir in dieser Abbildung dargestellt. Diese wunderbare Technik haben wir auch wir auch am Beispiel des Ohrs des Dionysius von Syrakus auf Sizilien gefunden, das bis heute

besteht. Man sehe sich in der Geschichte des Echos seine Beschreibung an, die ein wenig weiter oben mitgeteilt wurde.

Exkurs über die Schneckenröhre

Weshalb in dem gedrehten Kegel der Schnecke eine solche Kraft der Schallvervielfältigung steckt, muss mit Recht jedem verwunderlich erscheinen. Da ich lange und viel über diese Frage nachgedacht habe, habe ich schließlich verstanden, dass der Schneckenkegel zu dem bestimmten Zweck gedreht ist, um auf irgendeine Weise etwas Parabelhaftes zu erlangen. Wenn darin eine schier unendliche Zusammenballung des Schalls stattfindet, ist es nicht verwunderlich, dass die Röhre eine solche Kraft besitzt, Schall zu vervielfachen.



Aber auch die Schneckenlinie kann bekanntlich als eine der Parabolischen gleiche gegeben werden. Damit der wissbegierige Leser dies versteht: Die Schneckenlinie soll im Kreis N g n o mit den Buchstaben a b c d e f n bezeichnet werden. Meine Behauptung: Wird die Achse der Parabel GS dem Halbkreis n g N des Kreises n O N g gleichgesetzt und die Halbordinate der Parabel T S dem Radius a g des besagten Kreises, dann wird durch die Spitze G der Achse die Parabel G T gezeichnet, die durch das Ende der Halbordinate S T verläuft. Dann, behaupte ich, <304> wird die Parabel G T gleich der Schneckenlinie a b c d e f n verlaufen. All dies hängt von den verschiedenen Bewegungen ab, durch die eine jede Linie als ähnlich und gleich beschrieben wird. Wenn man nämlich die Tangente der Parabel G m in beliebig viele Teile teilt, die dem Radius des Kreises a g gleich sind, wird die Bewegung von a nach g gleich sein der Bewegung von G nach Q und die Bewegung von N durch den Halbkreis g h i k n wird nach unsere Hypothese gleich sein der Bewegung von G nach S, die durch die Achse der Parabel verläuft.

Daraus ergibt sich: Wenn man so die Halbordinate gleich GN nimmt (der Verdopplung von ST) und sie in die verlängerte Parabel XV zwischen GV und GX einsetzt, wird klar, dass die Parabel GTX doppelt so groß ist wie die Schnecke a b c d e f n oder dass dieselbe zweimal der ursprünglichen gleich wird. Wenn man aber die Halbordinate, um den dreifachen Radius a g vergrößert, in die Verlängerung der Parabel einsetzt, erhält man eine Parabel, die dreimal größer ist als die Schnecke und so weiter bis ins Unendliche. All dies würde ich noch ausführlicher beweisen, wenn ich mir das nicht für andere Stellen vorbehalten hätte.

Es genügt also zu wissen, dass die Kraft der Schneckenröhre durchaus etwas mit den parabolischen Röhren gemeinsam hat. Das glaubte ich hier aussprechen zu müssen, um die Aufmerksamkeit der Anfänger auf die gründliche Erforschung solcher unerschöpflichen Schätze der Natur zu richten.

Pragmatia IX

Bau von Hörrohren

Wie man akustische Instrumente aller Art oder Instrumente für den Gebrauch und Vorteil der Schwerhörigen baut

Wer das Vorausgegangene richtig begriffen hat, wird keine Schwierigkeiten bei der Konstruktion akustischer Instrumente jeder Art haben. Denn alle Röhren – die runden wie die parabolischen, hyperbolischen und elliptischen – verstärken, in kleiner Größe an das Ohr angelegt, das Gehör auf wunderbare Weise. Unter allen anderen scheinen aber dennoch die elliptische und die schneckenförmige Röhre die Siegespalme davonzutragen. Es sei also eine elliptische Röhre O mit dem Kunstgriff, dass das eine der akustischen Zentren genau auf das Ohr SC eines Schwerhörigen, das andere Ende auf den Mund eines Sprechers BV ausgerichtet ist, wie dies in folgender Zeichnung erscheint.



Die Ohrellipse muss den Tauben angepasst werden.

II. Ein weiteres Instrument ist die Schneckenröhre, die nach dem Vorbild des Ohres gebaut ist und eine wunderbare Kraft besitzt, Schall zu bündeln. Eine Abbildung folgt:

<305>



Schneckenförmiges Hörrohr für Taube

III. Instrumente, die nach dem Vorbild von Ohren von Tieren gefertigt sind, die mit großer Hörkraft ausgestattet sind, besitzen auch die große Fähigkeit, das Gehör zu verstärken. Mit äußerst scharfen Ohren ausgestattete Tiere sind: Hirsch, Hund, Hase und alle übrigen Tiere, die sehr langohrig sind. Unter den übrigen ist der Bau des Hasenohrs am bewundernswertesten. Da es ja ein besonders furchtsames Tier ist und ziemlich wehrlos, hat es die Natur doch offensichtlich einmal mit einem sehr scharfen Gehör wie ein Späher nach Feinden, um Gefahren vorauszusehen, dann auch mit Füßen sozusagen als Waffen, die bestens zum Laufen geeignet sind, ausgerüstet.

Wenn jemand ein nach dem Vorbild eines Hasenohrs richtig konstruiertes Hörrohr hätte, würde er ein wunderbares Geheimnis entdecken, um das Gehör zu verstärken.

Bau des Hasenohrs

Dieses Organ hat ein sehr langes Außenohr und gleichsam eine elliptische, knorpelige Hülle, die in alle Richtungen drehbar ist, um die Schallstrahlen besser in sich zu versammeln. Von einem engen Raum weitet es sich zu einem langen, höhlenartigen aus und endet schließlich in der Schnecke. Vor diese Schnecke ist jene Membran gespannt, die wir in der *Anatomie* [Buch I] Tympanon genannt haben, mit Hammer, Amboss und Steigbügel. Der Schall sammelt sich also durch jenes lange, bewegliche Ohr innerhalb des höhlenartigen Eingangs zum Innenohr, wo er verstärkt durch eine einzigartige Reflexion mit großer Kraft an die Schneckenwindungen anschlägt und wenn er dort auf das Tympanon trifft, die innere Luft mitbewegt, worauf sich jene sehr scharfe Wahrnehmung einstellt, die wir am Hasen bewundern. Wenn man ein Hörrohr mit dem Geschick der Natur vergleicht, entdeckt man, wie schon gesagt, ein wunderbares Geheimnis, mit Leichtigkeit die Hörfähigkeit zu verstärken.

Damit wir bei dieser Nachahmung der Natur noch sicherer vorgehen, haben wir uns darum bemüht, dass die Ohren von den Tieren, die sich vor anderen durch ihre Hörfähigkeit auszeichnen, durch die erfahrensten Anatomen angefertigt werden, die wir auch mit der Röhre auf der ersten Abbildung Nr. I [bei Kircher: II] zur Anschauung dargestellt haben, damit man gemäß dem verborgenen Bau der Natur beim Organ des Hörvermögens, der offen gelegt wird, das Werk deiner Kunst anpasst und die Hörrohre mit ausgesuchtem Geschick konstruiert.

Pragmatia X

Gemäß dem Vorrat der natürlichen Magie eine Statue bauen, die alle Arten von deutlichen und undeutlichen Lauten ausspricht

Ob man eine Statue bauen kann,
die irgendwie deutliche Worte aussprechen kann

Verschiedene Leute haben verschiedenes über diese wunderliche Technik geäußert. Wer der geheimen Lehrmeinung von philosophierenden Männern folgt, glaubt, dass dies tatsächlich möglich sein könnte. Denn sie behaupten, Albert der Große habe mit bewundernswürdiger Geschicklichkeit einen Menschenkopf gefertigt, der deutliche Worte ausgesprochen habe.

Dass auch die Ägypter verschiedene Statuen hergestellt haben, die Beliebiges deutlich ausgesprochen haben, haben wir in unserem *Œdipus Ægyptiacus* auf viele Weise gezeigt.[11] Einige, die dies für einen Widerspruch zu den Naturgesetzen halten, können sich wohl kaum davon überzeugen, dass eine ähnliche Technik möglich sei.

Es ist schriftlich bezeugt, dass es den Kopf
Alberts des Großen gegeben hat.

Sie sagen, dass das technische Werk von Albert und den Ägyptern ein untergeschobenes und trügerisches Werk gewesen sei oder mit Hilfe von Dämonen erbaut und zwar auf die Art, wie ein Dämon einst, wie man lesen kann, durch Orakel und Statuen mit deutlicher Stimme geantwortet hatte. Viele jedoch glauben, es könne schon eine Statue geben, die mit solchem Geschick gefertigt sei, dass sie einige Worte <306> deutlich aussprechen könnte. Nach dem Vorbild der Natur könne man einen Kehlkopf, eine Zunge und die übrigen Sprechwerkzeuge so anpassen, dass sie, vom Wind angetrieben, den offenkundigen Effekt deutlicher Sprache hervorbrächten. Was es mit dem berühmten Kopf Alberts des Großen und den anderen technischen Werken der Ägypter auf sich hat, wollen wir nicht weiter diskutieren. Wir behaupten jedoch, dass ein solches Geheimnis tatsächlich in die Tat umgesetzt werden kann. Um nicht den Eindruck zu erwecken, wir machten mit Worten nur leere Versprechungen, werden wir hier den Bau einer Statue vor Augen legen, die nicht nur deutlich spricht, sondern auch beliebige Töne und Gesänge von sich gibt, beliebige Fragen beantwortet, beliebige Tierstimmen nachmacht und geradezu unzählige unglaubliche und widersinnige Dinge hervorbringt.

Eine Statue, die alle menschlichen Regungen nachahmt

So beginnt man: In das Zimmer ABCD, in welches die in der Pragmatia 8 beschriebene Schneckenröhre zu E führt, oder an die vertikale Röhre S setzt man eine Statue, die mit dem Mund, beweglichen Augen und mit der gesamten Körperhaltung Leben versprüht. Wie dies gemacht werden könnte, wird in unsere *Thaumaturgia statica* zu seiner Zeit sachkundig gelehrt werden. Diese Statue soll an einem bestimmten, zugewiesenen Platz so aufgestellt werden, dass das Ende der Schneckenröhre genau in der Mundhöhle ausläuft und schon hat man eine perfekte, vollkommene Statue, die Beliebiges von sich gibt. Denn diese Statue plaudert in einem fort, bald hört man sie sie voller Bewunderung Stimmen von Menschen von sich geben, bald Laute von Tieren, bald Kichern oder lautes Auflachen, dann singen, weinen und fortwährend klagen und manchmal heftige Winde ausblasen.

Da sich ja die Schneckenröhre zu einem öffentlichen Platz öffnet, nimmt sie alle Gespräche der Menschen von außen in sich auf und befördert sie zum Mund der Statue. Bellen die Hunde, bellt auch die Statue, wenn jemand singt, gibt sie den Gesang wieder, und so weiter. Wenn der Wind bläst, wird er in der Röhre gefangen und zwingt die Statue, heftige Winde auszustoßen. Daher scheint sie Flöte zu spielen, wenn man ihr eine Flöte ansetzt. Wenn man eine Trompete an den Mund bewegt, klingt die Statue wie eine Trompete: Unzählige solcher Spielereien wird sie durch die Vorrichtung einer verborgenen Schneckenröhre darbieten. Man sehe sich die Zeichnung in der Abbildung an, wo ABCD das Zimmer oder der Innenraum sein soll, der von jeder Menschenansammlung getrennt ist. Die Statue soll E sein, die in das sehr dicke Mauerwerk DE eingelassene Röhre G, die weit geöffnete Röhrenöffnung IHK. Dann ist es so, dass alles, was auf dem öffentlichen Platz oder dem Markt geäußert wird, in der Röhrenöffnung gebündelt und dann im Zimmer von der Statue E wiedergegeben wird.

[11] *De statuis Aegyptiacis polycharacteristicis*, in: *Œdipus Ægyptiacus* 3, syntagma 18.

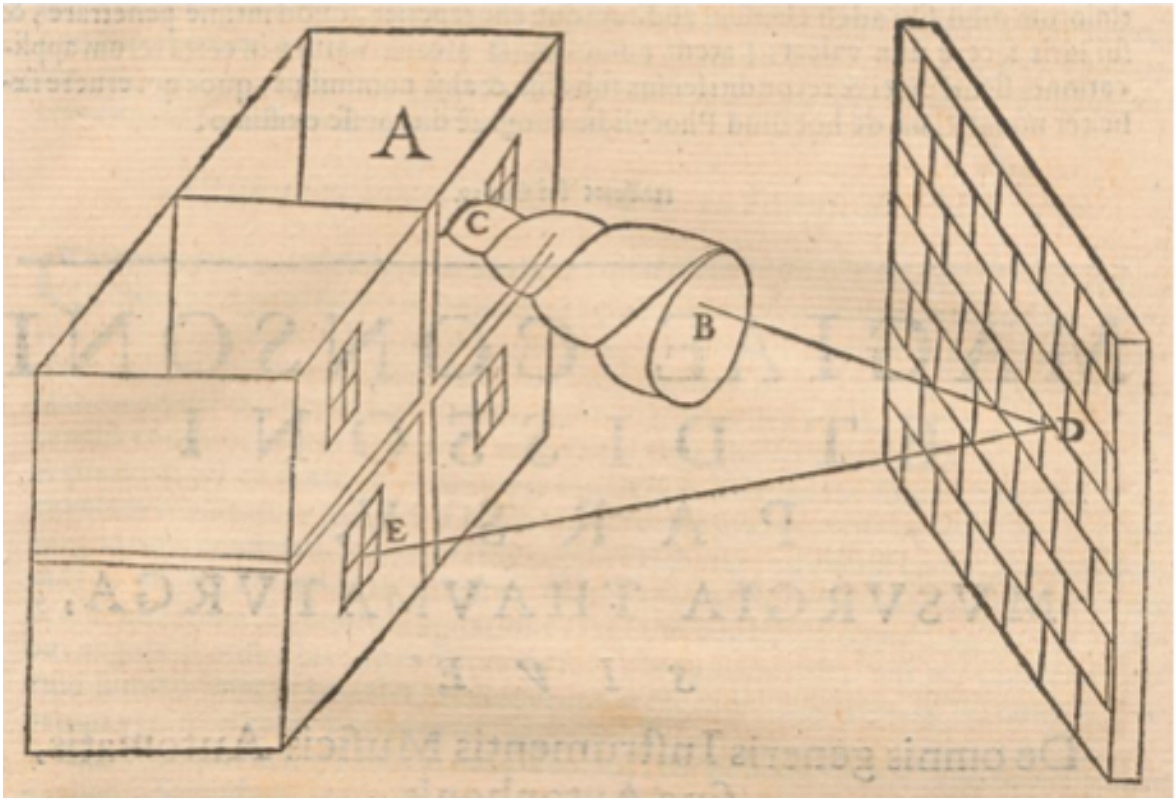
Wenn man diese Schneckenröhre vertikal anbringt, hat die Sache einen besseren Effekt, gemäß dem, was wir im Vorhergegangenen gesagt haben. Es soll noch ein anderes Zimmer MN geben, wie das in der zweiten Zeichnung in der Abbildung XVII ersichtlich wird, wo S die Statue sein soll, OP die Schneckenröhre, die in dem Mund der Statue endet, T die andere weite Öffnung, QR ein öffentlicher Ort, der von vielen Menschen besucht wird. Deren Stimmen werden in die Öffnung T aufgenommen, zur Statue transportiert und gelangen ganz deutlich wie zuvor zu den Ohren derer, die sich dort aufhalten. Man schaue sich die Abbildung an, die auch noch unzählige andere Möglichkeiten für den Einsatz solcher Röhren anbietet.

Pragmatia XI

Wie man eine Statue so konstruiert, dass sie nach Art eines Echos beliebige Reden wiedergibt

Dieses Projekt hängt ganz und gar von der örtlichen Gegebenheit ab. A sei das Zimmer, in dem die Statue aufgestellt ist, BC die ins Mauerwerk eingelassene Schneckenröhre. Aus ihrer Richtung wird ein anakamptisches Objekt so aufgestellt, dass aus dem Fenster E des Zimmers ausgesendeter Schall, von D reflektiert, in die Schneckenröhre B eindringt und die derart kreisförmig reflektierte Stimme schließlich die Statue zum Leben erweckt, wenn sie die gesprochene Rede bald munter wiederholt, wobei niemand weiß, wie das möglich ist. Unzählige Spielereien, ähnlich diesen Erfindungen, die nach allgemeinem Glauben magisch sind, können mit Hilfe der Kunst der Anakamptik veranstaltet werden. All das überlassen wir einfallsreichen Architekten zur Ausführung, wie das in folgender Zeichnung sichtbar ist.

<307>



Zusammenfassung zur Magie der Natur

Es kann, wie ich behaupte, eine Statue hergestellt werden, die in freier Luft schwebt und sowohl deutliche Worte als auch undeutlichen Schall vollkommen wiedergibt

Mit Recht nennen wir diese Behauptung eine Zusammenfassung, da alle Beschreibungen von bewunderungswürdigen Dingen, die wir bisher zusammengetragen haben, hier wie in einem Auszug enthalten sind.

Der wunderbare Bau einer magischen Statue

Was ich sagen möchte, ist sicher, nicht zu bezweifeln und, soweit es geht, auch durch ein Experiment wunderbar erprobt. Nach meiner Behauptung kann nämlich eine Statue hergestellt werden, die sich in der Mitte eines Zimmers befindet oder auch in freier Luft hängt und all das ausführt, was vorher gesagt wurde, so dass die Anwesenden das Geheimnis einer sprechenden Statue sehen und hören, die Ursache für ein so verborgenes Geheimnis aber niemals ergründen können. Sie beobachten die Bewegung der Augen, wundern sich über die Beweglichkeit von Lippen und Zunge und schauen voller Staunen auf den Bau eines Körpers, der Leben atmet. Doch keiner kann begreifen, mit welchem Kunstgriff die Statue erbaut ist oder welchen Mechanismus sie für ihre Bewegungen besitzt, da sie in freier Luft schwebt, nichts sie stützt, an keine Röhre angeschlossen ist und durch kein Räderwerk belebt wird, sondern durch einen vollkommen natürlichen Kunstgriff und verschiedene Kombinationen verborgener Künste hergestellt ist.

Doch niemand soll überzeugt sein, dass ich ihm etwas Unmögliches verspreche. Was immer ich verspreche, das lässt sich untrüglich in die Tat umsetzen. Die Art und Weise, sollte man jedoch, wie ich glaube, besser verschweigen (damit das so feine Mysterium geheimer Dinge, das allein für die Großen gelüftet werden soll, nicht irgendwem in die Hände fällt). Wenn wahr ist, was allenthalben über den Kopf des Albert verbreitet wird, würde ich sagen, dass in der Welt keine Kunstfertigkeit mehr fehlt außer der von mir beschriebenen, um einen ähnlichen Kopf zu bauen. Von solcher Macht ist die Kunst der Kombination, mit deren alleiniger Hilfe alle Geheimnisse der Welt gelüftet werden, und erforscht wird, was immer in irgendeiner Wissenschaft abwegig und wunderlich ist. Wer sich in dieser Kunst versteht, der wird bei der Erforschung der Geheimnisse <308> keine Suche so verschlossen und abseitig finden, dass er sie nicht tief durchdringen und sich zu Eigen machen könnte. Es sind nämlich alle Geheimnisse der Natur in einer bestimmten Verbindung der Dinge verborgen, wie sich ja auch sichere und geheime Sinnzusammenhänge einmal unter diesem, dann unter jenem Namen verbergen. Wer sie mit Leichtigkeit erforscht, über den lässt sich, glaube ich, mit Recht jener Satz von Phocylis sagen: πλήσιος ἐστὶ θεοῖς, er ist den Göttern nahe.

Teil V

MUSURGIA THAUMATURGA, oder: automatische Musikinstrumente aller Art oder Autophone

Vorrede

Nachdem wir die Magie der Phonokamptik (also der Schallreflexion) abgehandelt haben, bleibt nichts übrig als zu zeigen, wie Musikinstrumente aller Gattungen so gebaut werden können, dass sie von selbst irgendwelche Harmonie erklingen lassen. In diesem Teil soll der wissbegierige Leser die Töne verborgener Orgeln hören, alle Arten selbstklingender Saiteninstrumente, ferner soll er das Zusammenspiel von Glocken und zu seiner Verwunderung Tierlaute und Menschenstimmen aller Art hören. Was auch immer dazu an Wunderbarem, Seltenem und auch schon Vergessenem überliefert werden konnte, das wird er getreu, ausführlich und sorgfältig überliefert finden. Die gesamte Musurgie werden wir hier in zehn technischen Kunstwerken abhandeln.

Zurüstung [Parascevastica]

Progymnasma I

Der Bau äolischer Kammern für die Benutzung durch hydraulische Orgeln

Pragmatia I

Äolische Kammern bauen

Äolisch nennen wir solche Kammern, die, durch den Einfall von Wasser mit Wind angefüllt, ein sehr heftiges Blasen erzeugen, das die Stärke jeglicher Blasebälge übertrifft. Solche Kammern haben großen Nutzen in jedem Schmiede-Unterfangen. Hier in Italien liefern sie überall in eisenverarbeitenden Werkstätten für das Bearbeiten von Instrumenten kontinuierlich den Wind. <309> Außer, dass sie Wind in Fülle liefern, drehen sie bei einer hydraulischen Orgel das phonotakische Tympanum. Durch sie werden Tiernachbildungen aller Art belebt, als könnten sie selbst Laute von sich geben und viele andere mehr, von denen im Folgenden eine Menge erwähnt wird. Aeolische Kammern können aber auf verschiedene Weise eingerichtet werden.

Erste Art, siehe Figur II in der Abbildung XVIII [nach MU B 312]

Erste Art der Konstruktion einer äolischen Kammer

Man baue aus Seitenflächen ein konkaves Gefäß mit der Form, die man hier sieht. Auf den Boden stellt man einen Stein I aus Marmor, dessen Oberfläche sehr sauber geglättet ist. Von A aus führt man eine Schneckenröhre AL ein, die bei A offen ist und unten bei L so an der Seite AE festgemacht ist, dass die darin eingeschlossene Luft nur bei F einen Ausgang findet. Außerdem hat die Kammer bei C ein Ventil [epistomium] für die Ableitung des Wassers nach außen. Bei F schließlich soll ein Rohr nach außen führen, das die Luft ableitet, im Volksmund *porto vento* genannt, und schon ist das Werk fertig. Wasser aus einer Quelle oder einem Fluss wird durch die Röhre AK eingeleitet und ergießt sich mit großer Wucht in die Schneckenröhre (die stark abwärts laufende Windungen haben muss). Durch sie strömt eine große Menge komprimierter Luft mit großer Wucht und lautem Geräusch auf die glatte Fläche des Steins I. Infolge des enormen Drucks des hinabstürzenden Wassers und der Bewegung der sich verteilenden Wassertropfen wird die eingeschlossene Luft besonders erregt und durch die Beengung komprimiert. Wenn sie sich keinen Ausgang schaffen und keinen finden kann außer durch die Röhre F, strömt sie hierdurch mit hohem Druck in Kammern aus, die für die Aufnahme von Wind vorgesehen sind. So wird eine ständige Windzufuhr für luftbetriebene Orgeln bereitgestellt.

Warum wir eine gedrehte Spiralröhre verwendet haben und weshalb einen Stein mit polierter Oberfläche, das will ich kurz erklären. Man muss wissen, dass das herabstürzende Wasser voll mit Luft ist, und auch bei allen Wasserfällen eine große Menge davon mit sich führt. Das beweist hinreichend die große Menge von Schaum wie Schnee, was ja nichts anderes ist als unendlich viele Wasserbläschen, die mit Luft gefüllt sind, infolge deren großer Menge und Kompression das Wasser die Farbe wie weißer Schnee annimmt.

Warum mehr Luft in gekrümmten
als in zylindrischen Röhren erzeugt wird

Da das so ist, wird das durch die Röhre AK eingeleitete Wasser, das bald in jähem Fall in die Röhre AL mit ihren gewundenen Krümmungen eindringt, indem es darin vielfältig hin und her geschleudert wird, sehr viel Luft erzeugen. Das kann in zylindrischen Röhren nicht geschehen, da dort das Wasser auf kein Hindernis trifft und einfach nur hinabstürzt auf den Stein I und nicht so viel Luft mit sich führt wie bei dem besagten gewundenen Rohr. Das eine große Menge Luft durch den Kanal mitführende Wasser schlägt also mit größtem Druck auf die Oberfläche des Steins I und erzeugt infolge der Zerstörung des Wasserstrahls und der Zerstäubung seiner Teile immer neue und neue Luft, die, weil sie im gewölbten Gefäß komprimiert wird, wenn sie keinen anderen Ausgang findet als den durch F, durch diesen dann mit größtem Druck und lautem Geräusch entweicht. Damit aber hier der Luftstrom nicht abreißt und damit das Gefäß sich nicht im Lauf der Zeit mit Wasser füllt, haben wir hier das Ventil C angebracht, durch das immer so viel Wasser abgelassen wird, wie durch die gewundene Röhre eingebracht wurde. Damit wird ein ständiger Luftstrom gewährleistet.

Pragmatia II

Eine äolische Kammer auf eine andere Art bauen

Zur selben Zeit, als ich dies schrieb, ist mir durch ein Mandat des Papstes Innozenz X. aufgetragen worden, ich solle mich um den Bau einer hydraulischen Orgel im Garten des Quirinal kümmern. Mit herausragendem Erfolg haben wir dafür eine äolische Kammer in der Art gebaut, die nun folgt.

Die Kammer AH ist von 5 Fuß Länge oder Höhe, wie es die Figur I der Abbildung XVIII zeigt, mit einer Breite von 3 Fuß von den Seiten aus. In der Mitte sitzen zwei Membranen CD und EI, die wie ein Sieb mit mehreren Öffnungen durchlöchert sind. Ein Stück weiter unten wird das Rohr G eingeführt, das Wasser zuleitet, ihm bietet bei H ein Ventil einen Ausgang. Das Wasser stützt also durch das Rohr G <310> mit großem Druck hinein und erregt innen einen heftigen Wind. Da dieser Wind mit viel Feuchtigkeit durchsetzt ist, werden, damit er reiner und trockener herauskommt, jene Membranen die durchlöchert nach Art eines Siebs gefertigt sind eingesetzt. Indem zwischen ihnen die heftige Bewegung des Wassers sich bricht und stößt, drückt die Luft reiner und feiner durch die Röhre A nach außen.

Doch als man später herausfand, dass die Luft zu feucht war und den inneren Gängen der Orgel schwer schadete, veranlassten wir, um die wasserdurchsetzte Luft so trocken wie möglich zu machen, dass eine schneckenförmig gedrehte Bleiröhre QR in das ein wenig geräumigere Gefäß S eingeführt wird, das wie eine Urne geformt ist. In der Bleiurne und dem gedrehten Rohr wird die feuchte Luft hin und her geschleudert, so dass sie von jeder Feuchtigkeit gereinigt und man könnte sagen, wie aus dem Ofen in die Orgel geleitet wird. Man betrachte ihre Darstellung in der Abbildung Nummer 1: Mit dem Buchstaben S haben wir die Urne bezeichnet, die gedrehte oder Schneckenröhre mit QR, die letzte Öffnung mit Z, die an die Windkammer der Orgel angeschlossen ist. Diese Bauweise, fand man, sei für hydraulische Orgeln am besten geeignet. Andere Autoren beschreiben noch andere Verfahren, doch stimmen sie fast gänzlich mit uns überein.

Diese Kammer muss an einem möglichst trockenen Platz aufgestellt werden, so dass das Wasser in sie durch ein langes Rohr eingeleitet wird und nicht der Aufstellungsort durch seine Feuchtigkeit den Orgeln schadet. Daher leiten auch einige die Luft statt durch Kammern mit wasserbetriebenen Blasebälgen in die Kammern. Nach diesem kurzen Einblick wollen wir uns anderem zuwenden.

Pragmatia III

Eine weitere Konstruktion einer äolischen Kammer

Es gibt einige Leute, die die äolische Kammer mit folgender Technik bauen. Aus bestimmten Seitenteilen konstruieren sie eine Kammer entsprechend der Größe der Orgel von der Form, die man in Figur III der Abbildung XVIII sehen kann. Auf ihrem Boden errichten sie eine zweite Röhre FG, die durchgängig quadratisch oder zylindrisch ist. In sie wird eine weitere Röhre von E von außen in die Röhre FG im Abstand eines Fußes bis H eingeführt. Schon ist die Konstruktion fertig. Wasser strömt ständig durch die Röhre E, innen füllt es die Röhre FG auf, bis es überfließt. Infolge der Zerstäubung des übergeflossenen Wassers und seines Drucks auf den Boden des Gefäßes CD wird ein heftige Luftstrom erzeugt, der keinen anderen Ausweg

hat als durch B. Durch diese Röhre ergießt sich die Luft in die Anemontheke oder den Windkasten oder die Windkanäle. Allerdings würde ich diese Technik keinem empfehlen: Bei ihr gibt es zu Anfang einen übermäßig starken und heftigen Luftstrom, zum Schluss aber einen ungewöhnlich schwachen und dünnen. Innerhalb der Kammer wächst die Wassermenge beständig an, bis die Kammer ganz gefüllt ist. Diese Füllung muss dann schließlich durch das Ventil I entleert werden. Besser und einfacher anzuwenden als die hier betrachtete sind die Konstruktionen, deren Bau wir in den beiden vorangegangenen Projekten gelehrt haben, es sei denn, man verändert die Technik so, dass das Wasser, das sich im Gefäß sammelt, nur bis zu einem bestimmten Punkt ansteigt, so dass die Menge in MH weder wächst noch abnimmt. So wird den Luftkammern nämlich ein gleichmäßiger Luftstrom geliefert.

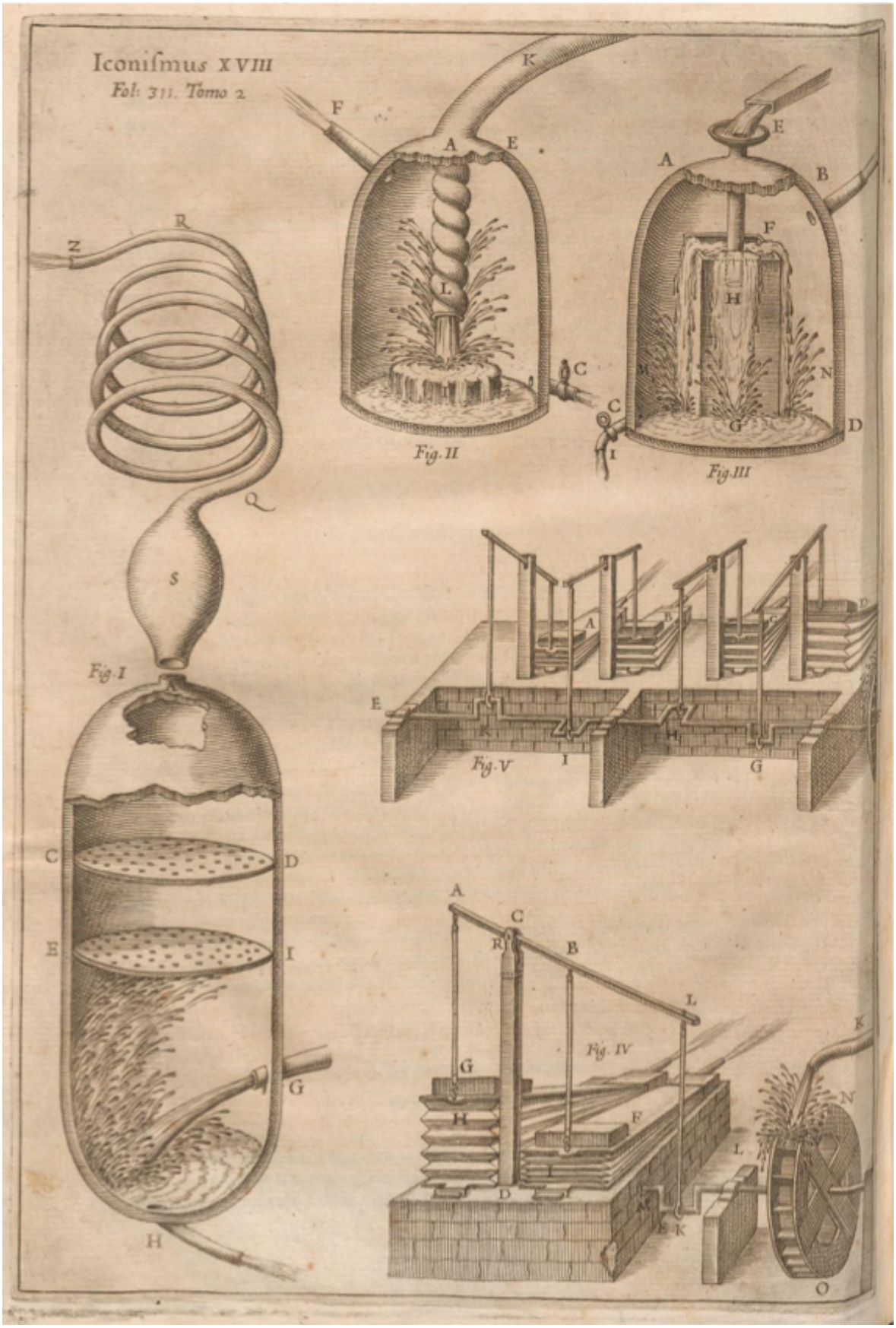
Nachdem wir die Verfahren mitgeteilt haben, mit denen wir einen Luftstrom in die Luftkammern befördern, der allein durch den Druck des einfließenden Wassers erzeugt wird, muss jetzt auch das Verfahren mitgeteilt werden, wie wir den gleichen Luftstrom beständig fließen lassen können, der technisch geschickt mit Hilfe von Blasebälgen in Röhren komprimiert ist.

Pragmatia IV

Einen ständigen Luftstrom für hydraulische Orgeln durch Aufbauten in der richtigen Reihenfolge erzeugen

Durch Blasebälge leitet man einen Luftstrom mit folgender Erfindung zu einem weit entfernten Ort: Zunächst soll K der ständige Zufluss aus einer Quelle sein, wie man dies in Figur IV der Abbildung XVIII sieht. Mit seiner Hilfe führt man sein Vorhaben aus. Neben das Flüsschen pflanzt man an dem für den Bau der hydraulischen Orgel <311> geeigneten Platz einen Mast CD auf. An ihm wird in R ein Querholz so angebracht, dass es sich am Punkt R nach oben und unten wie an einem Pol bewegen lässt. Anschließend baut man das Rad NO mit seinen Schaufeln auf, dessen verlängerte Achse in der Weise abgewinkelt ist, wie man es auf der Abbildung sieht. Sie wird so in das Gestell M eingelassen, dass sie dort wie an einem Pol kreisen kann. Oben auf dem Gestell werden am richtigen Platz zwei Blasebälge, die mit Gewichten ausgestattet sind, an den Punkten G und F befestigt. An ihren Griffen werden zwei Leisten festgemacht, die wiederum am Querholz AB an den Punkten A und B so angebracht werden, dass sie an Ringen frei bewegt werden können. Außen am Querholz bei [L] wird eine weitere Latte LK mit einem runden Griff abgelassen, die bei K so in dem Ring K befestigt wird, dass sie frei an der Achse K laufen kann.

Hat man dies vorbereitet: Wenn das Wasser K durch kräftigen Fall das Rad NO dreht, dreht auch das Rad die Achse und den abgewinkelten Griff MK, an dem ja die Latte K befestigt ist. Wenn diese sich gegen den unteren Teil senkt, zieht der Griff KE, mit dem sie verbunden ist, das Querholz AB mit sich herab. Senkt sich dieses, wird der eine Blasebalg, nämlich G, notwendigerweise angehoben, der andere F wird durch sein Absteigen den Aufstieg des Blasebalgs G mit seinem Gewicht M befördern. Steigt der Griff K nach oben, hebt die Latte den Blasebalg F an; der zweite Blasebalg schließt sich dann notwendigerweise, niedergedrückt einmal durch das Gewicht G und durch die Latte. So geht es wechselweise immer weiter. Infolge des Zusammenpressens der Blasebälge wird Luft in die äolische Kammer gedrückt und von da durch Röhren dahin transportiert, wohin man sie haben will.


Iconiſmus XVIII
Fol: 311. Tomo 2
Fig. II
Fig. III
Fig. I
Fig. V
Fig. IV

Eine weitere Möglichkeit mit Blasebälgen

Wer die Zahl der Blasebälge vermehren will, der kann das leicht durch mehrere abgewinkelte Griffe in jeweils verschiedener Stellung in die Tat umsetzen, wie man das in besagter Abbildung bei der Figur V sieht: Jeder der Blasebälge A, B, C, D erzeugt, der Reihe nach die Achse EF anhebend, die mit vier Griffen K, I, H, G versehen ist, einen ungeheuer starken Wind. Das auf das Rad F fallende strömende Wasser bewegt nämlich die Achse EF. Die abgewinkelten Griffe heben entsprechend ihrer Stellung mit den Latten, die für den Zug der jeweiligen Blasebälge bestimmt sind, die Blasebälge jeweils an oder senken sie ab. Doch stellt die Zeichnung die Sache besser vor Augen, als ich sie mit viel Worten erklären kann.

Verwendungsmöglichkeiten für Blasebälge

Die Verwendungsmöglichkeiten für Blasebälge sind unterschiedlich und vielfältig. Durch sie werden Orgeln zum Leben erweckt, ein Konzert für Vogelstimmen wird eingerichtet, Gemächer werden gekühlt, verschiedene Bewegungen werden ermöglicht, worüber teils hier, teils an anderer Stelle gesprochen werden soll, wenn Gott es gibt.

Pragmatia V

Wie man ein erstes bewegliches Teil einsetzen muss, um ein Saiteninstrument oder eine Laute erklingen zu lassen

Da Saiteninstrumente Feuchtigkeit überhaupt nicht lieben, können sie nicht lange an feuchten Plätzen stehen, ohne deutliche Schäden zu erleiden. Künstler haben eine andere Methode erfunden, um besagte Instrumente anzuschlagen. Sie haben mit einzigartigem Geschick gewisse Federn aus Stahl [pinnae chalybeae] hergestellt, deren Länge nach der Größe des Instruments berechnet ist.

Gebrauch der Stahlfedern

Diese werden in Zylinder und Trommeln eingeschlossen und gewöhnlich mit Seilschlingen im Zylinder zusammengebunden. Infolge ihrer Stärke und des ständigen Drucks muss der Zylinder sich drehen und erzielt so dieselbe Wirkung wie Zylinder, die mit Wasser umspült werden und vorher beschrieben wurden. Das ist eine allseits bekannte Technik. Handwerker haben nämlich fast jede Art von Uhrenrädchen mit besagtem Antrieb durch besagte Stahlfedern eingeführt. Diese in Zylinder eingeschlossenen Federn haben eine solche Kraft, dass sie die Stärke von ungeheuren Gewichten ausgleichen können. Da wir aber ihren Bau in unserer *Statica universalis* in der Abhandlung über Uhrenräder sachgemäß behandeln werden, will ich hier nicht noch ausführlicher werden. Wer mehr über solche Federn wissen möchte, soll inzwischen Uhrmacher befragen. Setzt man also anstelle des Rads NO der in Pragmatia IV beschriebenen Figur einen Zylinder ein, der durch die besagten Metallstreifen oder Stahlfedern angetrieben wird, wird dieser die Blasebälge G und F mittels des abgewinkelten Griffs K ebenso leicht anheben wie das Rad NO, wenngleich die Antriebskraft nicht ebenso lange währt. Der Antrieb durch Wasser ist dauerhaft, der mittels Federn dauert so lange, wie es erforderlich ist, um die Orgel klingen zu lassen. Diese Federn haben zwei Aufgaben, sie heben die Blasebälge an und drehen den phonotaktischen Zylinder für die Wiedergabe von Melodien, wie das in der folgenden Figur deutlich wird.

<312> Progymnasma II

Einen phontaktischen Zylinder bauen

Damit Orgeln von selbst spielen, müssen die Tasten des harmonischen Abakus harmonisch niedergedrückt werden. Harmonisch niedergedrückt werden können sie aber nur von Händen oder von etwas anderem, was statt der Hände die Tasten niederdrückt, wie zum Beispiel ein mit Zähnen bestückter Zylinder.

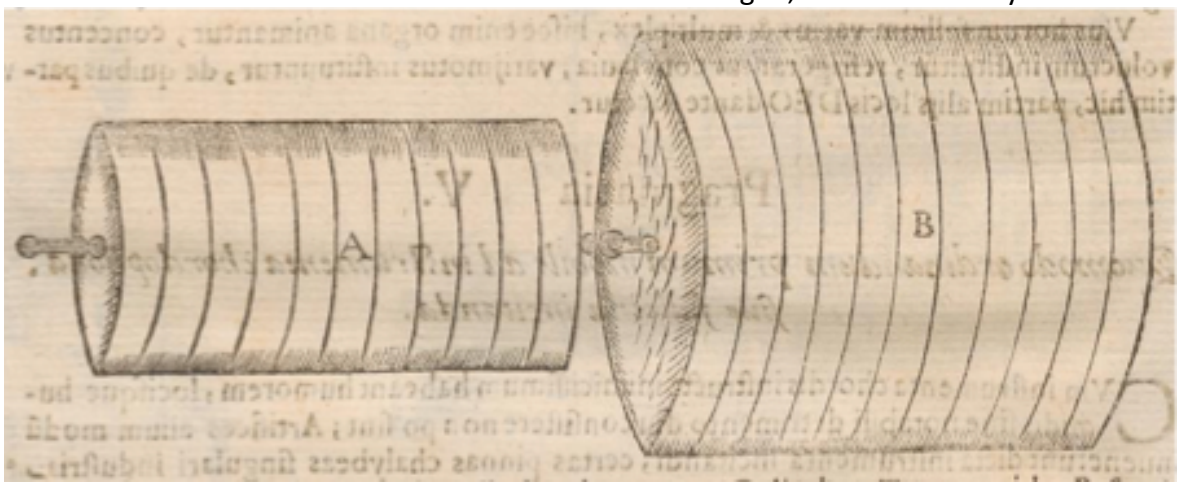
Was ist ein phonotaktischer Zylinder?

Durch seine Drehung ziehen die Zähne die Ärmchen der Tasten und erzeugen so einen harmonischen Klang. Wie ein solcher Zylinder gebaut wird, wie man ihn aufteilt und wie er mit Zähnen bestückt wird, das muss jetzt gesagt werden. Denn in der Vorbereitung, Unterteilung und Anwendung des Zylinders steckt alles, was in der Beschäftigung mit Automaten selten, verborgen und subtil erscheint, so dass ohne dies nichts Ordentliches und Geschicktes zustande kommt. „Phonotaktisch“ nennen wir den Zylinder deshalb, weil bei seiner Aufteilung harmonische Gesänge mit größter Sorgfalt der Reihe nach eingebaut sind, wie das im Fortlauf dieses Werkes deutlich werden wird.

Beispiel I

Einen phonotaktischen Zylinder harmonisch unterteilen

Ein phonotaktischer Zylinder kann unter zwei Aspekten betrachtet werden: einmal nach Art einer Säule mit länglicher Gestalt, dann nach Art einer Militärtrommel. Beide kann man für unser Vorhaben gebrauchen. Der Säulenzylinder dient für kürzere Gesänge von 15, 20 oder 30 Takten. Er macht nämlich kürzere Umdrehungen, was beim Zylinder A zu
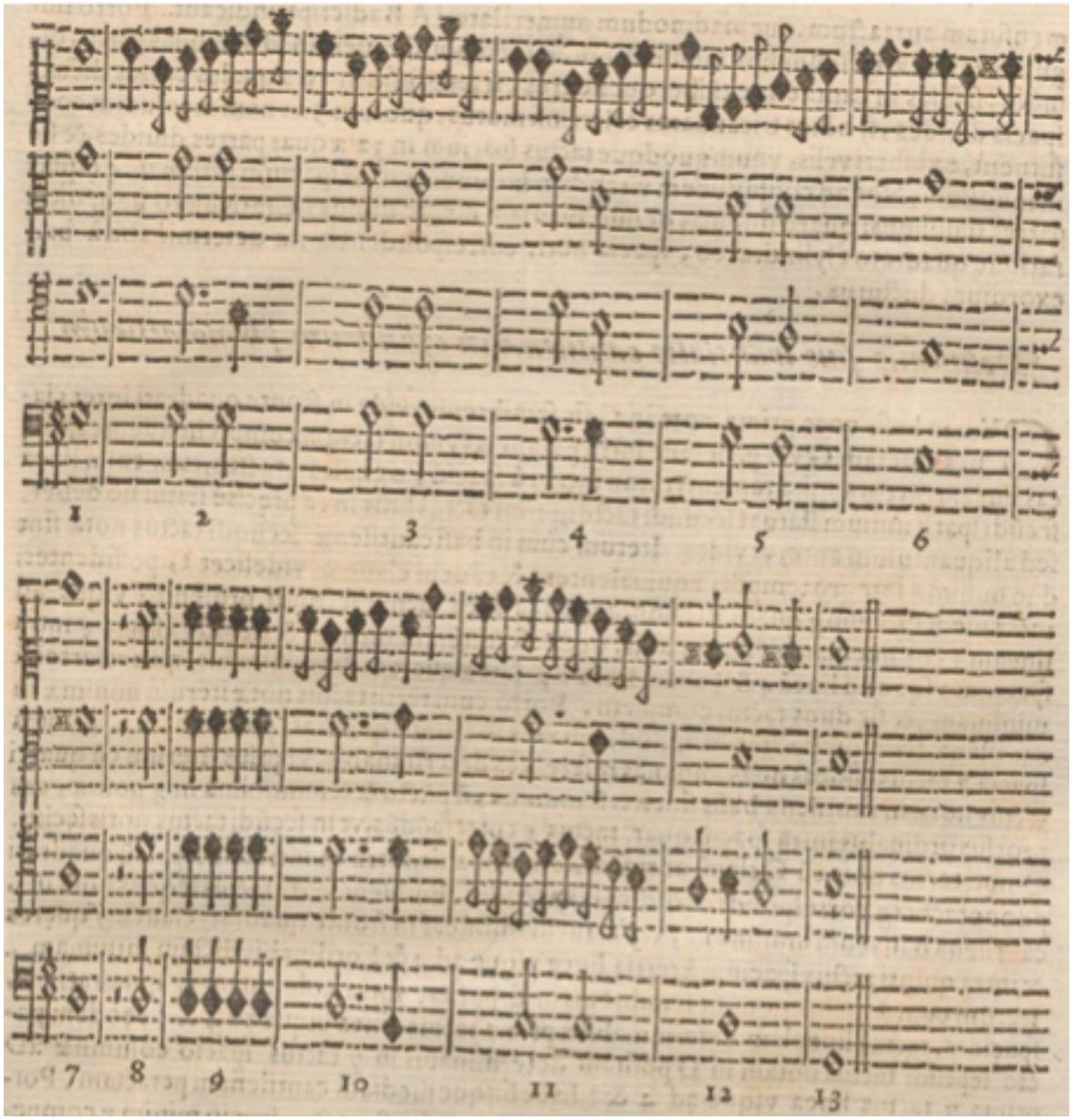


sehen ist. Einen Trommelzylinder braucht man für längere Gesänge, seine Umkreise sind deutlich weiter als die des Säulenzylinders, wie es die Zeichnung zeigt. Beide kann man wählen, um das Vorhaben auszuführen.

Ein Zylinder soll also nach besagter Art in der Größe gebaut sein, die eine Melodie von 14 Mensuren oder Takten für die Notenwerte fasst, die man haben will. Genauso wie er auf den Abakus der Tasten darunter oder die Tastatur ausgerichtet ist, teilt man die Länge des Zylinders, die derjenigen des Abakus entspricht, in genauso viele Teile, wie der Abakus Tasten

hat, so dass jedem einzelnen Handstück oder jeder einzelnen Taste, um es ordinär auszudrücken, ein abgeteilter Kreis auf den Zylinder entspricht.

Ist der Zylinder aufgestellt und nach besagter Manier abgeteilt, wähle man eine schöne geistreiche Melodie, die jedoch 14 Zeitmaße nicht überschreiten soll und die man in einzelne Stimmen zerlegt, indem man jeden Takt einer Linie zuweist und einer Zahl für den Takt, die hinten und vorne auf dem Zylinder aufgetragen wird, wie das im folgenden Beispiel deutlich wird. Im ersten Beispiel wird offensichtlich eine einfache Melodie wiedergegeben und mit größeren Notenwerten ausgedrückt, damit wir den Weg vom Einfacheren zum Vollkommeneren beschreiten können. Die Sopranstimme haben wir dennoch ein wenig diminuiert um ein Beispiel zu bekommen für eine Diminution der Noten für einen Zylinder.

<313>



Diesen Gesang kann man entweder unmittelbar auf den Zylinder übertragen oder erst separat auf Papier abschreiben. Das ist zum einen sehr einfach, zum anderen hat man auch die

gesamte Komposition vor Augen, die man auf der glatten Fläche des Zylinders auftragen muss.

Danach gehe man wie folgt vor: Man bereite ein dünnes Blatt Papier vor von der Größe, dass es genau der konvexen Oberfläche des Zylinders entspricht. Das gelingt, wenn man es genau an den Zylinder anpasst, dessen Größe man zuvor genau abgemessen hat. Wie man sich an dieser Stelle mit geometrischen Tricks behilft, wie man also die Oberflächen gewölbter Körper auf eine Fläche überträgt, das haben wir in der *Ars magna lucis et umbræ* auf Seite 328 beschrieben. Dorthin verweisen wir den Leser.

Das folgende Quadrat ABCD soll in seinen Maßen genau dem phonotaktischen Zylinder entspricht. Dorthin überträgt man auf folgende Weise die vorausgegangene Melodie. Man teile die Seite AD in 36 gleiche Teile, also so viel, wie der Abakus der Orgel Tasten hat. Dann ziehe man von jedem Teilungspunkt der Seite AD Parallelen auf die Seite BC, der Basis des Quadrats. Diese Linien bezeichnen die Stellen, in die die Zähne des Zylinders eingesetzt werden müssen, die bei der gewählten Melodie den Noten für einzelnen Stimmen entsprechen. Danach teile man die Seite AB wiederum in 15 gleiche Teile und ziehe von den Teilungspunkten der Seite AB auf die Seite DC parallele Querverbindungen. Jeder Zwischenraum zwischen den Linien stellt eine Zeiteinheit dar, eine Mensur oder <314> einen Takt, wie es die an der Seite AB angeschriebenen Zahlen anzeigen. Man teile ferner diese Zwischenräume für die Takte, die Mensuren oder Zeiteinheiten nochmals in acht gleiche Teile, wenn man für die Melodie Fusae verwenden möchte, bei Semifusae teile man besagte Zwischenräume in 16 gleiche Teile. Will man Noten mit drei Fähnchen für sehr schnelle Bewegungen verwenden, von denen 32 eine Mensur ergeben, muss man jeden Zwischenraum für einen Takt in 32 gleiche Teile teilen und so weiter bis ins Unendliche. Um Verwirrung zu vermeiden, haben wir hier einen Zwischenraum für einen Takt nur in vier gleiche Teile geteilt, von denen man sich jeden zweigeteilt vorstellen muss. Ist auf die besagte Art der Zylinder in Form eines Quadrats mit diesem Netz überzogen, kann man so die den Noten entsprechenden Stellen bestimmen, indem man mit dem Bass beginnt:

Abschreiben oder Übertragen der Melodie auf den phontaktischen Zylinder

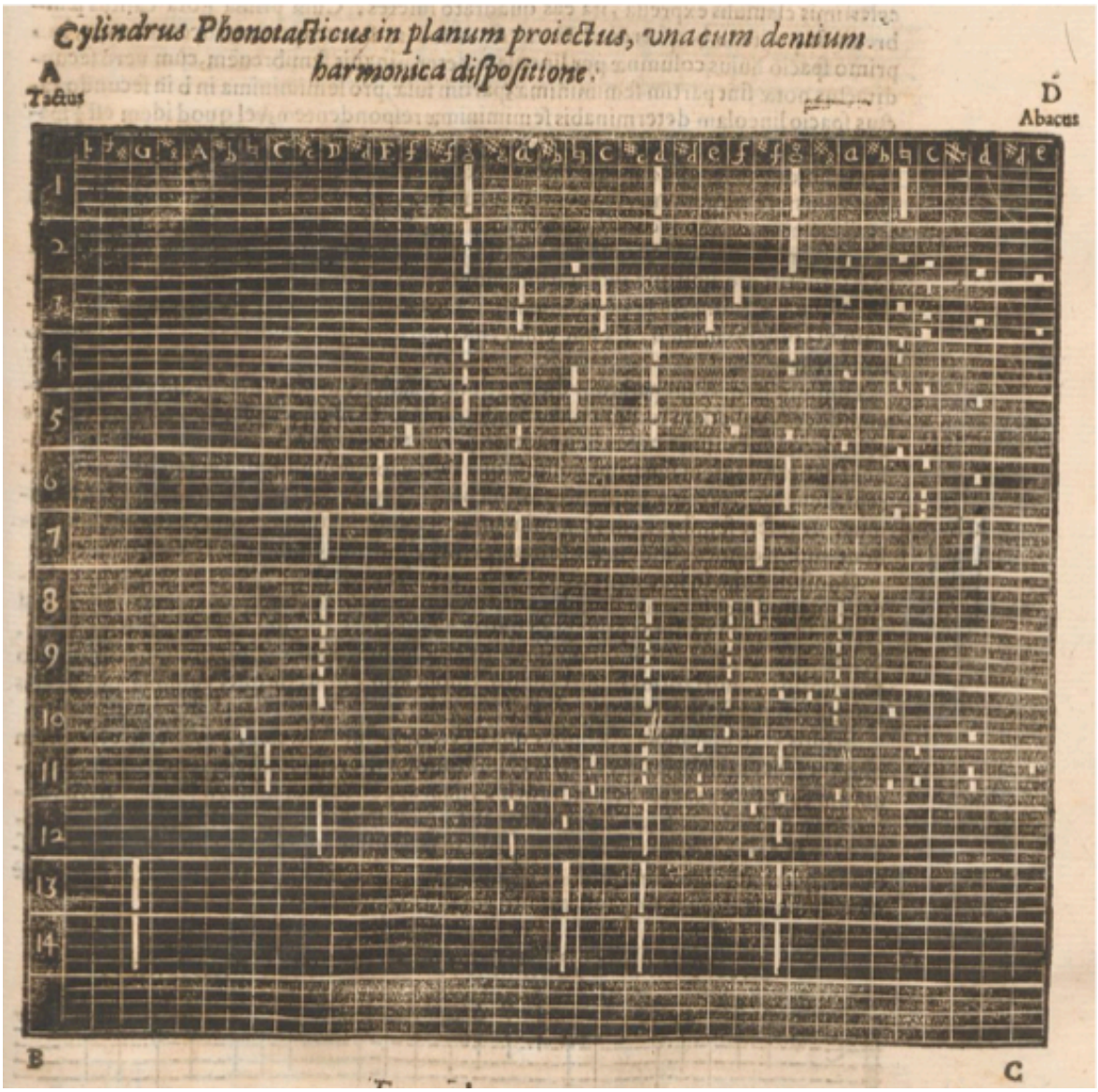
Wenn im Bass die ersten Note G eine Semibrevis sein soll, suche man oben im Quadrat bei den Notennamen nach dem Buchstaben G oder g, und ziehe innerhalb der Parallelen, die einen Takt begrenzen, eine gerade Linie, so, dass der Takt nicht den ganzen Raum g a ausfüllt, da nämlich die Linie für den zweiten Zwischenraum den Anfang des zweiten Takts angibt und man das Ende des ersten Takts nicht genau darauf setzen darf, sondern schon ein wenig vorher, wie man sieht. Da wiederum im Bass der Melodie die Noten für den zweiten Takt zwei Minimae sein sollen, die einer ganzen Taktzeit gleich sind und denselben Notennamen tragen, nämlich G, ziehe man an derselben Stelle für g im phonotaktischen Quadrat ausgehend von der Linie für den zweiten Takt bis zum Linie für 2½ einen kleinen Strich,[12] der die Minima g darstellt, und dann von der Linie 3 im Zwischenraum bis zur Linie 4 ½ eine weitere Linie, die der vorigen gleich ist, die die zweite Minima darstellt. So hat man zwei Takte ausgefüllt.

Da als Noten des dritten Takts in der Bassstimme wieder Minimae auf dem Ton a gesetzt sind, suche man das a an der oberen Seite des phonotaktischen Quadrats und ziehe im Raum

[12] 2½ bezieht sich jeweils auf die vier Linien, in welche die einzelnen Zellen unterteilt sind.

des dritten Taktes zwei Linien, welche die Minimae darstellen wie vorher. Da die Noten des vierten Takts wiederum eine Minima mit Punkt und eine Semiminima auf der Note g sind, ordne man sie ein an die Stelle für den vierten Takt für g, wie man es bei den Noten des zweiten Takts getan hat. Da die Note für den fünften Takt auf der Tonstufe G steht und auch eine Minima ist, trage man sie an die Stelle für den fünften Takt des phonotaktischen Quadrats für g ein, wie man es sehen kann. Da die folgende Note in der Bassstimme auch eine Minima ist und ein f, suche man an der oberen Seite des Quadrats das f und ordne an der Stelle für den fünften Takt von Linie 3 bis Linie 4½ die besagte Minima ein. Als Note für den sechsten Takt ist E als Semibrevis gesetzt. In der Spalte E des Quadrats an der Stelle für den sechsten Takt ziehe man einen kleinen Strich von der ersten Linie des Taktes bis zur Linie 4½. In gleicher Weise ordne man die Note für den siebten Takt, ein D, an die Stelle für den siebten Takt der Spalte für D von der ersten Linie des siebten Takts bis 4½, und schon hat man die Melodie zur Hälfte fertig. Da in der Notation für den achten Takt eine Pause vor die Minima gesetzt ist, lasse man im achten Takt eine einer Minima entsprechende Linie aus. Da aber die Note für diese Stelle eine Minima und ein d ist, setze man in der Mitte des Raums für den achten Takt die Minima von der dritten Linie bis 4½ ein. Da im neunten Takt vier Semiminimae D stehen, ordne man sie an der besagten Stelle der Spalte für D über die einzelnen Linien ein, die für die vier Semiminimae stehen. Eine Semiminima beansprucht nämlich nur eine halbe Linie des Raums für einen Takt, keine ganze, wie man sieht. Da die Stelle für den zehnten Takt wiederum eine Minima D mit Punkt enthält und eine Semiminima b, übertrage man sie an die entsprechenden Plätze des Zylinders. Die Noten des elften Takts sind zwei Minimae C, die des zwölften Takts ist eine Semibrevis D, die des dreizehnten Takts ist die Finalis G von beliebigem Wert. All diese übertrage man in die dafür bestimmten Plätze des Zylinders und man hat, was man wünschte, wie es die Zeichnung des Zylinders deutlich zeigt, der als quadratische Fläche ausgestreckt ist.

<315>



Phonotaktischer Zylinder als Fläche ausgerollt zusammen mit der Anordnung der Zähne für die Musik

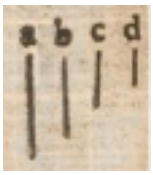
Beispiel

Genau so muss man bei den anderen Stimmen, im Alt und Tenor vorgehen. Es gibt nämlich für alle nur eine Vorgehensweise. Da aber die oberste Stimme bewusst diminuiert und mit einigermaßen schnelleren Klauseln eingerichtet ist, schien es mir richtig, kurz zu zeigen, wie diese in das phonotaktische Quadrat übertragen werden, damit nichts übrigbleibt, was irgendeinen Zweifel aufkommen lassen könnte.

Anzumerken ist, dass jede Semibrevis fast den ganzen Raum für einen Takt im phonotaktischen Quadrat beansprucht. Fast, habe ich gesagt, weil sie nicht den ganzen Raum ausfüllen darf, damit die Note für den zweiten Takt beginnen kann. Eine Minima nimmt fast die Hälfte des Raums für einen Takt ein, eine Semiminima fast ein Viertel, eine Fusa fast ein Achtel, eine Semifusa schließlich fast ein Sechzehntel des besagten Raums und so weiter. Da also die oberste Stimme der gewählten Melodie <316> mit schnellen Klauseln ausgestattet ist, trage man diese so ins Quadrat ein.

Da die erste Note des Soprans eine Semibrevis b ist, suche man die letzte Tonstufe b, die oben im Quadrat auftaucht, und bestimme den Platz für die Semibrevis im ersten Raum dieser Spalte durch einen Strich. Da die Noten für den zweiten Takt teils Semiminimae, teils Fusae sind, lege man für die Semiminima b im zweiten Raum für den Takt einen Strich an, der der Semiminima entspricht oder, was dasselbe ist, belege dafür jeweils knapp ein Viertel des Platzes für den Takt. Da aber die erste Fusa ein g ist, suche man die Spalte für g und ziehe dort im zweiten Raum für den Takt auf der zweiten Linie einen Strich, der fast so groß ist wie ein Achtel des Raums für einen ganzen Takt. Die folgende Fusa a stelle man durch einen Strich in Spalte a des zweiten Raums für den Takt dar und ordne sie gemäß dem Aufstieg der Noten in der Mitte des zweiten Raums ein. Und so gehe man weiter vor, bis man sämtliche Noten richtig an die entsprechenden Stellen im Quadrat eingefügt hat. Das ergibt das obige phonotaktische Quadrat, in dem das bisher Gesagte genau dargestellt ist. Deswegen rate ich, es mit der vorausgegangenen Melodie gewissenhaft zu vergleichen. Mit diesem einen Beispiel kann man mühelos alles andere erfassen.
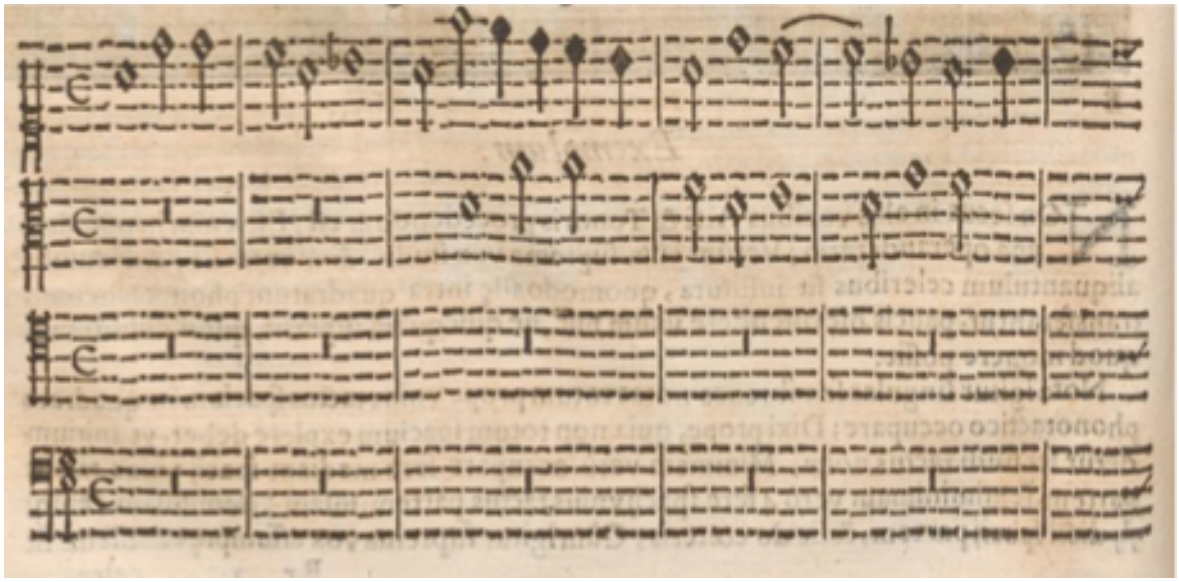
Wenn das phonotaktische Quadrat auf besagte Weise vorbereitet und die Einteilung vorgenommen ist, legt man es um den Zylinder herum oder klebt es darauf. Danach bringt man die Zähne aus Eisen am Zylinder an, entsprechend den Noten, die durch die Striche dargestellt werden. Die Semibreven müssen glatte und polierte Zähne von genau der Länge haben, wie die Striche sie darstellen. Zur besseren Einsicht in die Dinge wollten wir hier eine Zeichnung der Zähne anfügen. A stellt eine Semibrevis dar, b eine Minima, c eine Semiminima, d eine Fusa und e eine Semifusa [fehlt in Kirchers Zeichnung]. Alle Zähne müssen in vollkommener Gleichheit gleich mit der gleichen Höhe aus dem Zylinder herausragen.
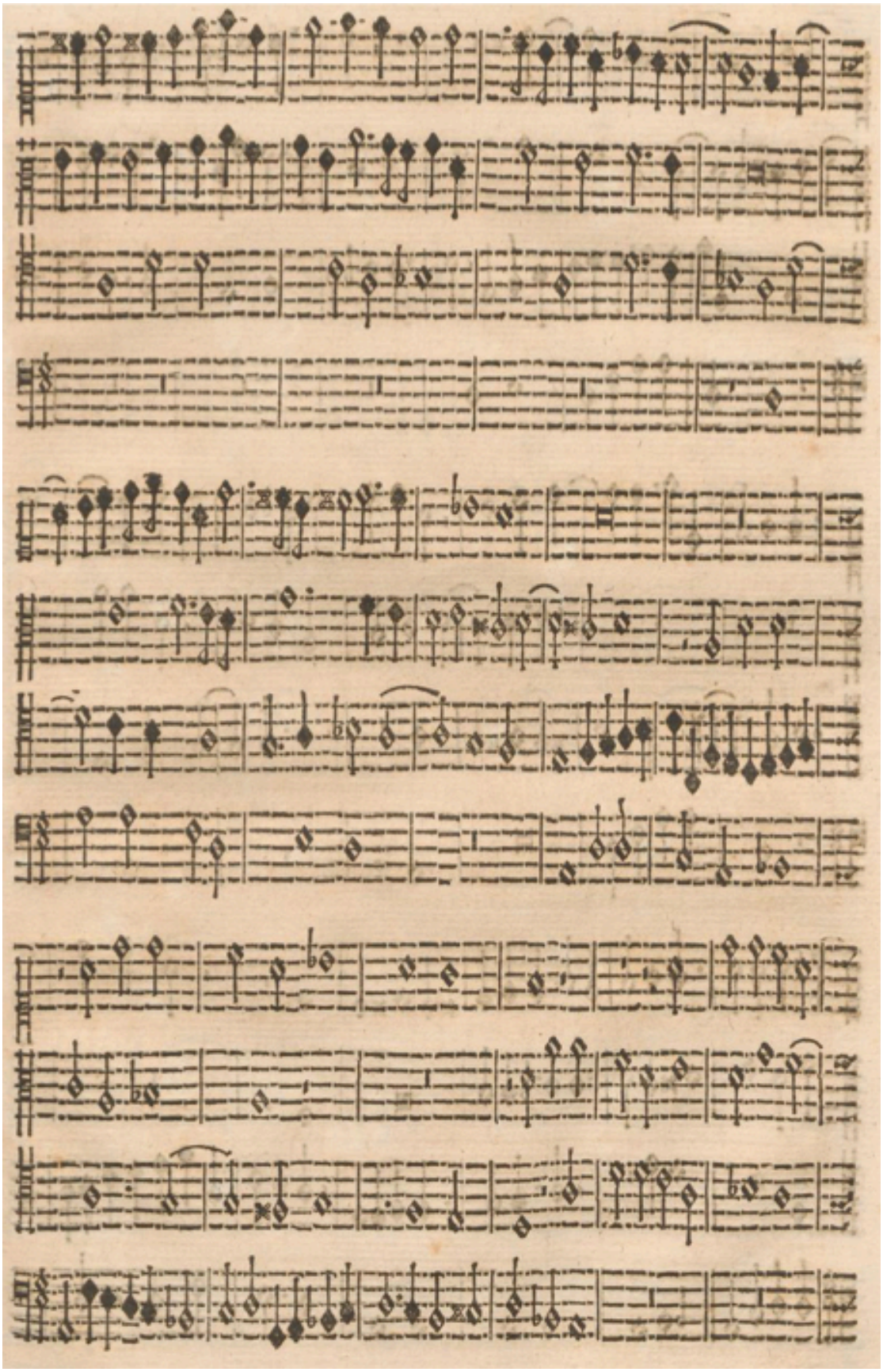


Auf der Erledigung dieser Aufgabe beruht die gesamte Vollkommenheit der Harmonie. Da ja schon auf dem Zylinder die Längenmaße und die Stellen für die Zähne durch die Striche exakt dargestellt sind, muss man nichts anderes mehr tun, als die bereits vorbereiteten und kunstgerecht gefertigten Zähne richtig an ihre Plätze einzubringen. Dann erhalten wir einen in jeder Hinsicht vollendeten Zylinder. Man kann sehen, wie gleichzeitig der Zylinder bewegt wird und sich dreht, wenn man den Handgriff am Zylinder dreht, obwohl die eisernen Zungen der Tasten stets unbewegt bleiben.
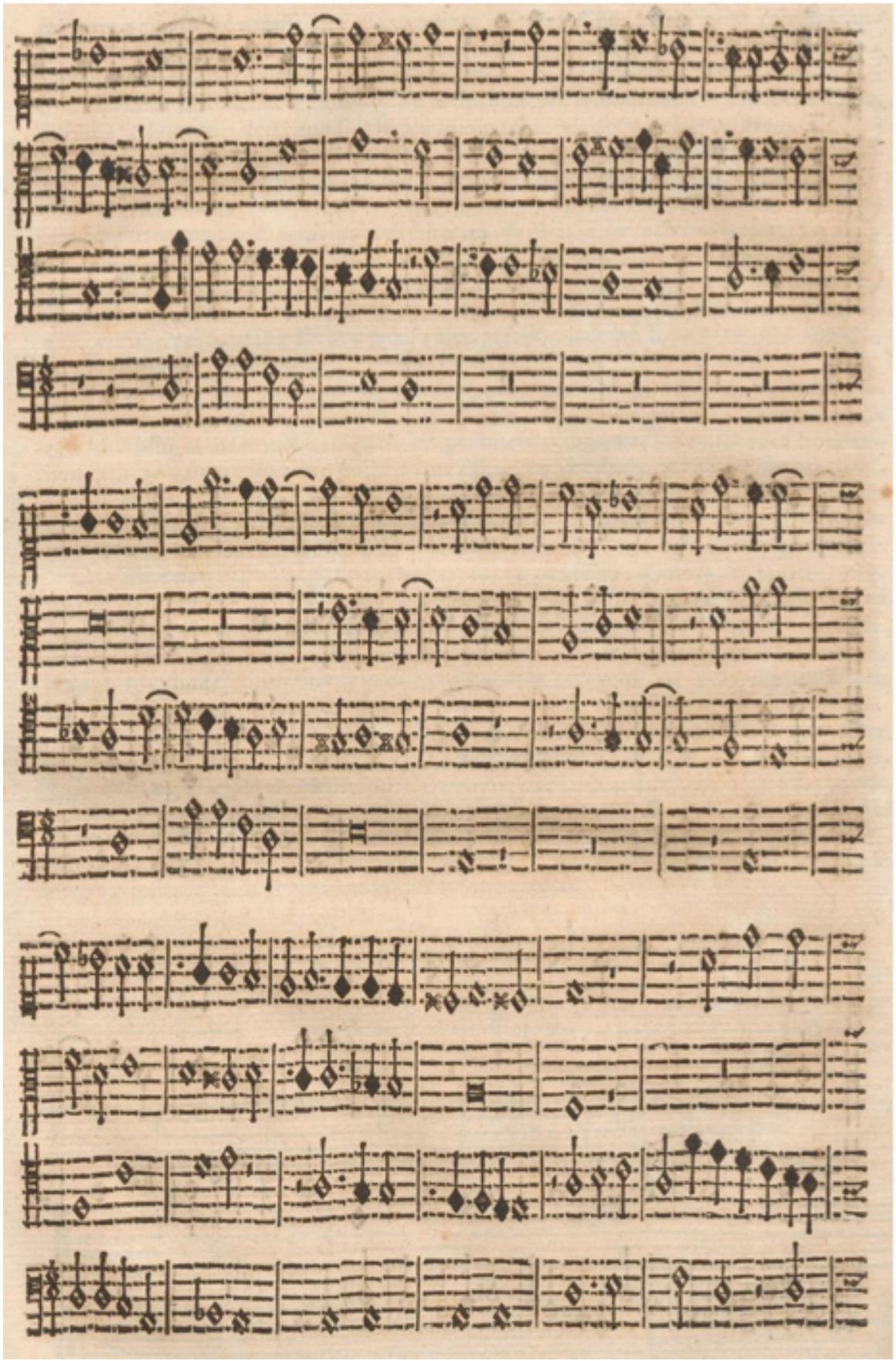
Wenn jemand geistreiche Präludien, die man *Toccaten* oder *Ricercare* nennt, auf einen phonotaktischen Zylinder auftragen will, muss er einen größeren Zylinder fertigen, der nämlich 100 Takte muss fassen können. Ich hielt es für richtig, ein solches Stück hier anzufügen. Es ist komponiert von Johann Kaspar Kerll, dem Organisten und hervorragenden Musiker des alleredelsten Erzherzogs Leopold, unseres höchst großzügigen Förderers. Darin ist gleichsam wie ein Idealbild das allerwürdigste Wesen eines solchen vollkommenen Stils erkennbar, das der geniale Schöpfer sowohl auf kunstvoll gefertigten Automaten wie auch mit Handarbeit auf der Orgel zur Schau stellt.

Ricercar, auf einen phonotaktischen Zylinder zu übertragen
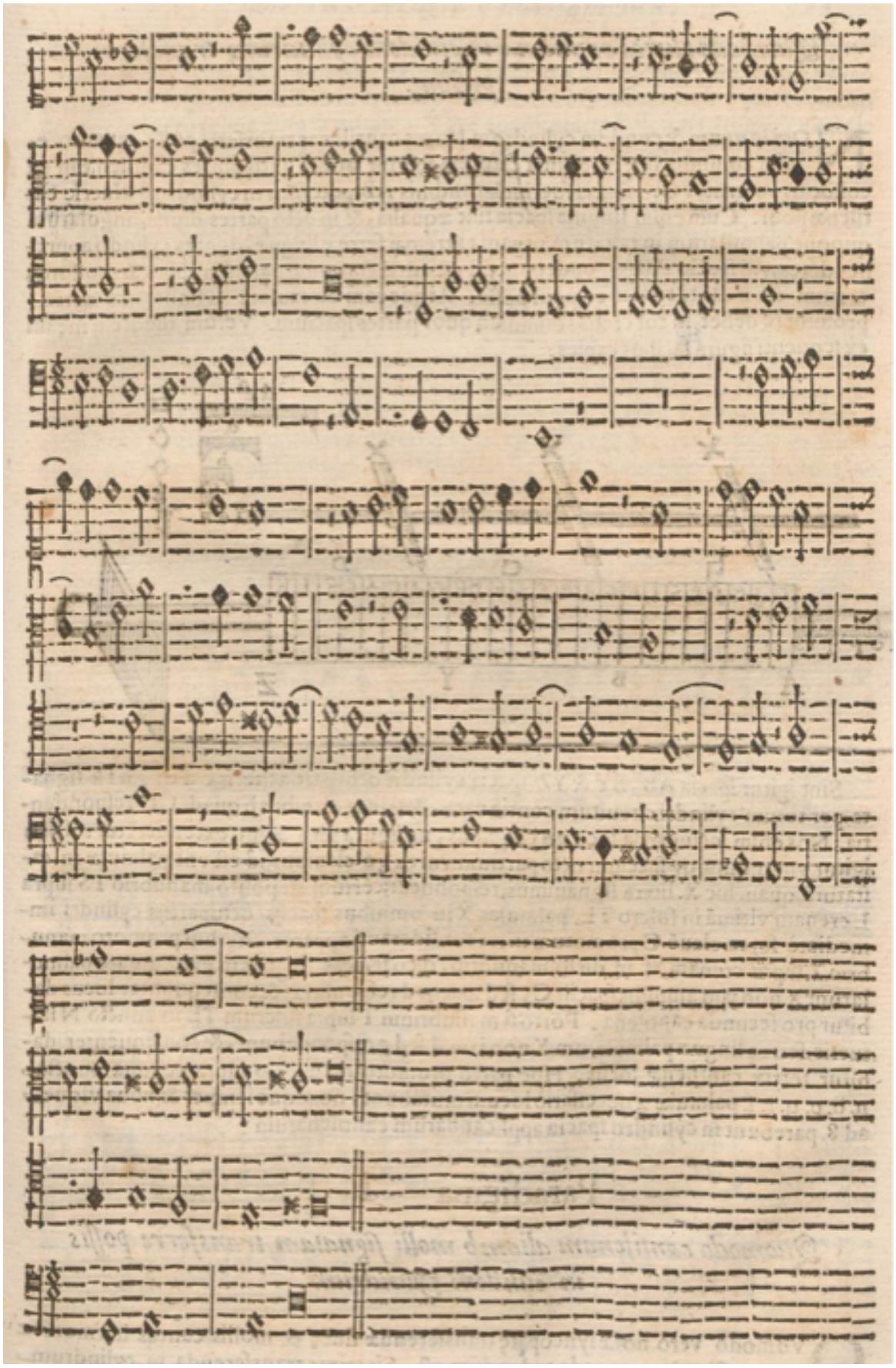


<317>



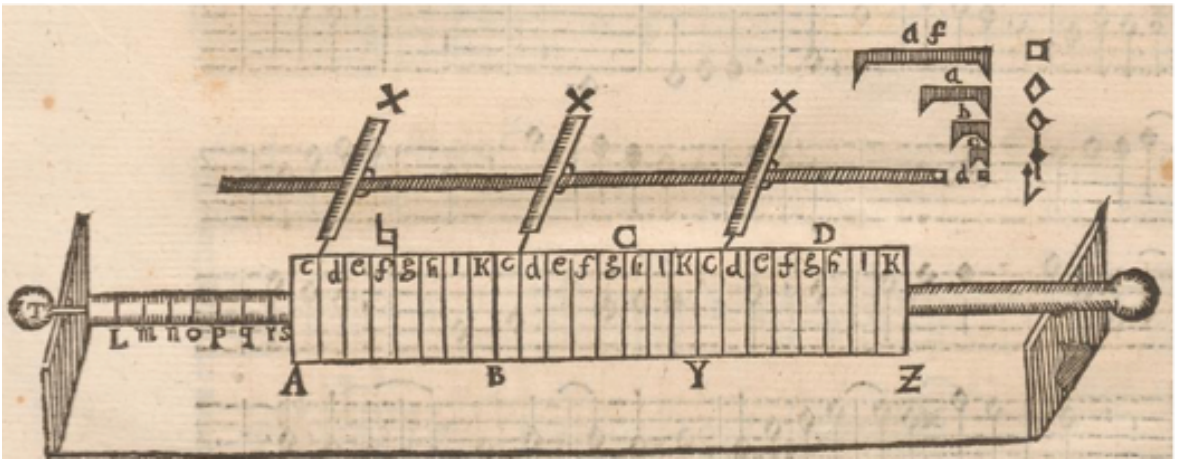


<319>



<320> Wie man mehrere Gesänge auf denselben Zylinder übertragen könnte

Anzumerken ist, dass man auf ein und denselben Zylinder mehrere Melodien auftragen kann. Je breiter nämlich eine Spalte oder ein Zwischenraum für die Tonstufen ist, desto mehr Melodien können darin versammelt werden. Ein Beispiel: Wenn ein Abschnitt die Breite von AB hat, kann man auf dem Zylinder acht verschiedene Gesänge auftragen. Da nämlich alle Teilabschnitte gleich und das Ganze in acht Teile geteilt ist, entsprechen die äußeren eisernen Zungen der Tasten auf der Tastatur der Orgel, die die Zähne des Zylinders erfassen, einem Abschnitt von AB, das heißt, sie können an einen der acht Teilabschnitte angesetzt werden. Also können mit Sicherheit acht Melodien aufgetragen werden. Und aus diesem Grund muss die Achse des Zylinders an der Seite heraus ragen und in so viele Teile unterteilt werden, wie der Abschnitt Teile hat. Was ich damit meine, wird man an der folgenden Zeichnung leichter begreifen können.



AB, BY, YZ sollen die Abschnitte des Zylinders sein, die in acht Teile aufgeteilt und mit den Buchstaben c, d, e, ,f, g, h, i, k bezeichnet sind, welche sich über den ganzen Umfang des Zylinders erstrecken und den drei Tonstufen B quadratum, C und D entsprechen. Wir haben eine Unterteilung in acht Teile statt 36 gewählt, um die Zeichnung nicht ungebührlich auszudehnen. Da aber jeder Raum von acht Teilen einer der 36 Tonstufen zugeordnet ist, also einer Taste auf der Tastatur, die wir hier mit X bezeichnet haben, ist gesichert, dass die Tasten X, wenn der Griff über dem letzten Abschnitt L auf der Stütze TL aufsitzt, in jedem achtgeteilten Abschnitt direkt vorgerückt über die Stufe C gehen, wie der Betrachter sehen kann. Zieht man den Griff T über den Abschnitt M auf dem besagten Griff, ordnen sich die eisernen Zungen außen auf den Tasten X nicht mehr den Zwischenräumen von C zu, sondern denen von d. Folglich ergibt sich der Ort für den zweiten Gesang. Wenn man den Griff T über der Stütze TL am Punkt N ansetzt, ordnen sich die eisernen Zungen der Tasten X nicht mehr d, sondern e zu. Folglich ist das der Platz für den dritten Gesang. Setzt man auf diese Weise den Griff über die restlichen Punkte n, o, p, q, r, s, tauschen die Tasten X notwendig ihren Platz und ergeben immer neue Plätze auf dem Zylinder, um Melodien aufzutragen.
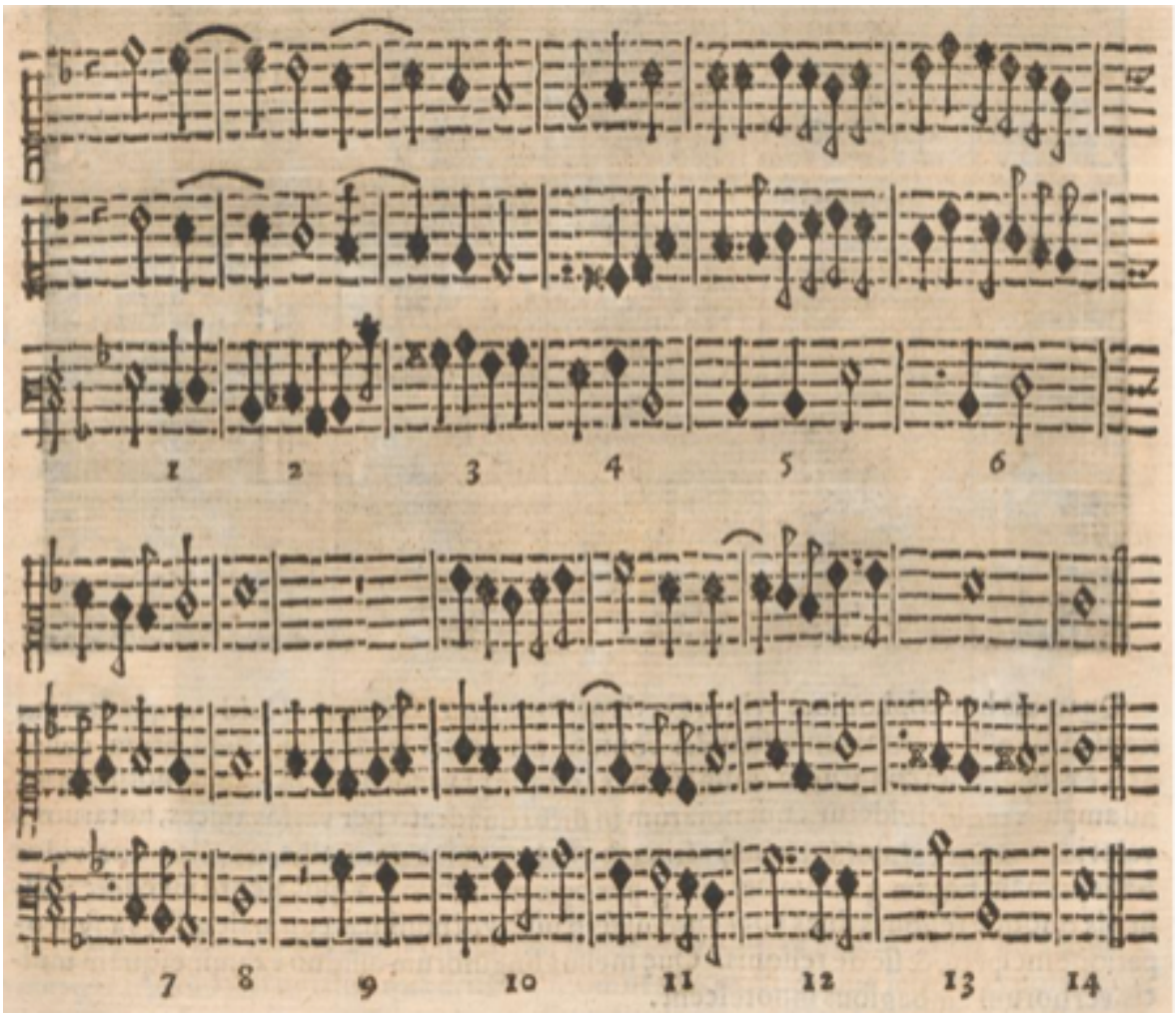
Beispiel II

Wie man auf denselben Zylinder eine andere Melodie auftragen kann, die mit einem b molle bezeichnet ist

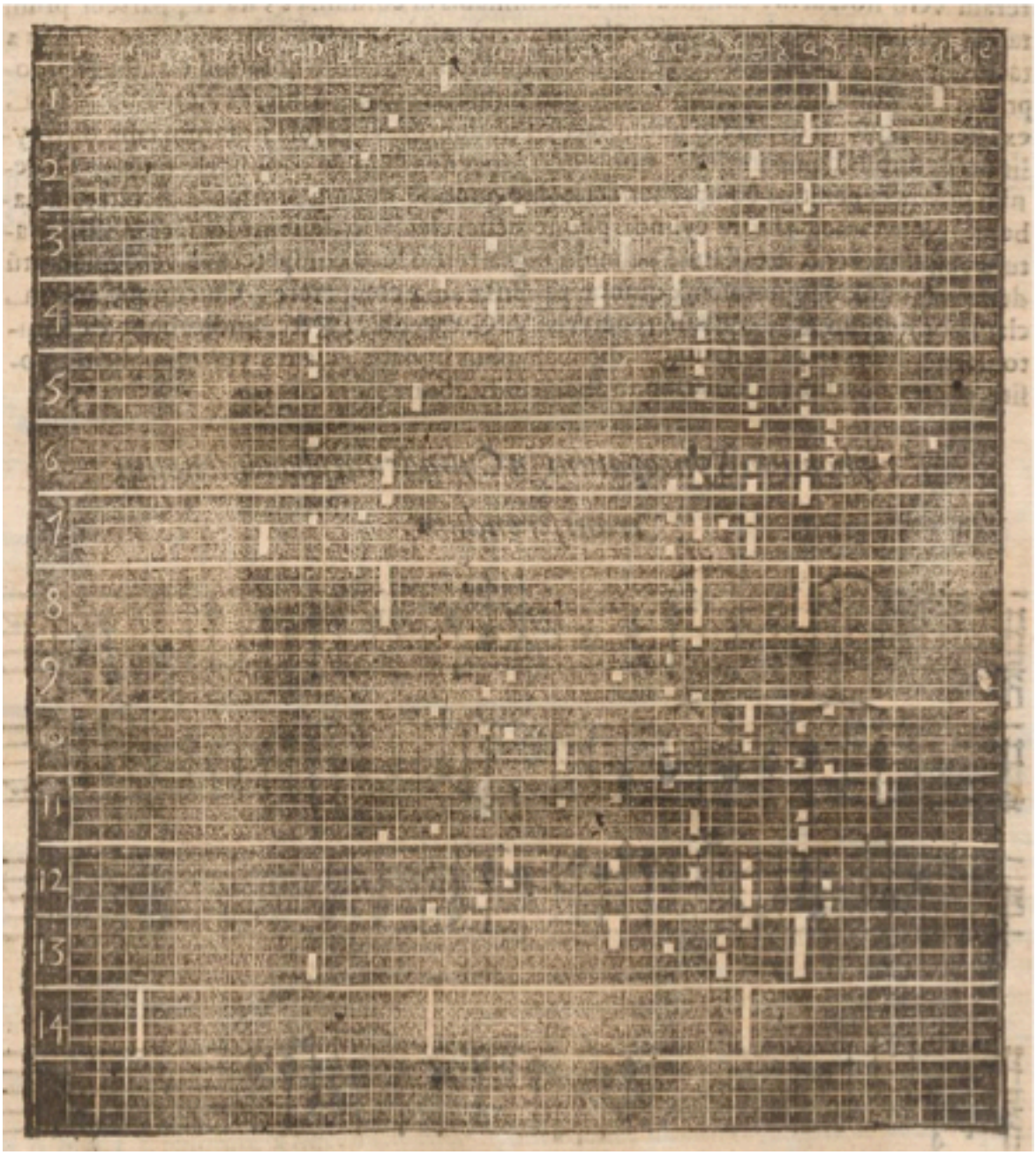
Wie man synkopierte Noten übertragen muss und in Moll verfasste musikalische Gesänge, muss nun gezeigt werden. Der folgende Gesang soll auf einen phonotaktischen Zylinder <321> übertragen werden. Man gehe dazu auf gleiche Weise vor, wie man es im Vorhergegangenen gemacht hat. Wenn man mit dem Sopran beginnt, gehe man so vor: Da der Sopran an erster Stelle eine Suspirium-Pause hat, mache man auf dem phonotaktischen Zylinder keine Abteilung für ¼ des Taktes. Da jedoch die erste Note eine Minima auf d ist, zieht man in der Spalte d eine Linie, die sich nach ¼ des Raums über den halben Takt erstreckt. Diese Note wird aber synkopieren. Die zweite Note auf c lege man in der Spalte c fest, so dass man ein Viertel des ersten Takts im ersten Zwischenraum übrig lässt. Die zweite Hälfte der Minima lege man im Raum des zweiten Taktes fest. Und so gehe man der Reihe nach bei den weiteren der synkopierenden Noten auf ihren entsprechenden Tonstufen vor.

Dann übertrage man die zweite und die dritte Stimme mit gleicher Anstrengung auf den Zylinder. All dies wird genau in dem folgenden phonotaktischen Quadrat eingetragen, so dass man allein aus dem Vergleich der Noten mit den Zähnen auf dem Zylinder lernen kann, wie man vorgehen muss. Wer nämlich das eben Gesagte sehr genau verstanden hat, der wird auch ferner überhaupt keine Schwierigkeiten haben. Dennoch muss hier angemerkt werden, dass auf der Klaviatur des phontaktischen Zylinders die Taste b immer der Bezeichnung Moll entsprechen muss und ihr auf der Tastatur die dritte Stelle der schwarzen Tasten zusteht. Wann immer man einen Notennamen findet, der mit dem Zeichen # verbunden ist, beispielsweise c#, d#, f# und so weiter, so bezeichnen diese den Sitz der Halbtöne, von besagten Tonstufen mit Vorzeichen. Die einfachen Tonstufen bezeichnen aber die weißen Tasten auf den Abakus.

Eine dreistimmiges synkopiertes Stück,
das auf einen phonotaktischen Zylinder zu übertragen ist



<322> Ein zur Fläche ausgerollter phonotaktischer Zylinder
mit derjenigen harmonischen Anordnung der Zähne, durch welche die Stimmen
des vorhergehenden dreistimmigen Gesanges,
der Sitz der Noten und ihre Mensur genau angezeigt werden



Zwar kann diese dreistimmige Melodie, wie im letzten Absatz gesagt, in ein und dasselbe Quadrat übertragen werden, aber wir fertigen, um Verwirrung zu vermeiden, ein weiteres Quadrat nach den Maßen der Zylinderoberfläche an. Das ist das vorhergehende. Um es zu verstehen ist offensichtlich nichts weiter erforderlich als eine Überprüfung der Noten, die im besagten Quadrat durch unterschiedliche Längen [apices] dargestellt sind, die den Notenwerten entsprechen, und der eingehende Vergleich des einen mit dem anderen. So sieht man, dass die erste Note des Basses, eine Minima auf g, bei g durch eine der Minima ent-

sprechende Nadel eingetragen ist. Man sieht auch, dass die beiden anderen Stimmen nachdem Pausen von der Länge einer Minima vorangestellt sind, mit einer Synkopation beginnen. So auch bei den anderen. Das wird man durch beharrliche Prüfung besser erkennen als durch weiten Umschweif von Worten.

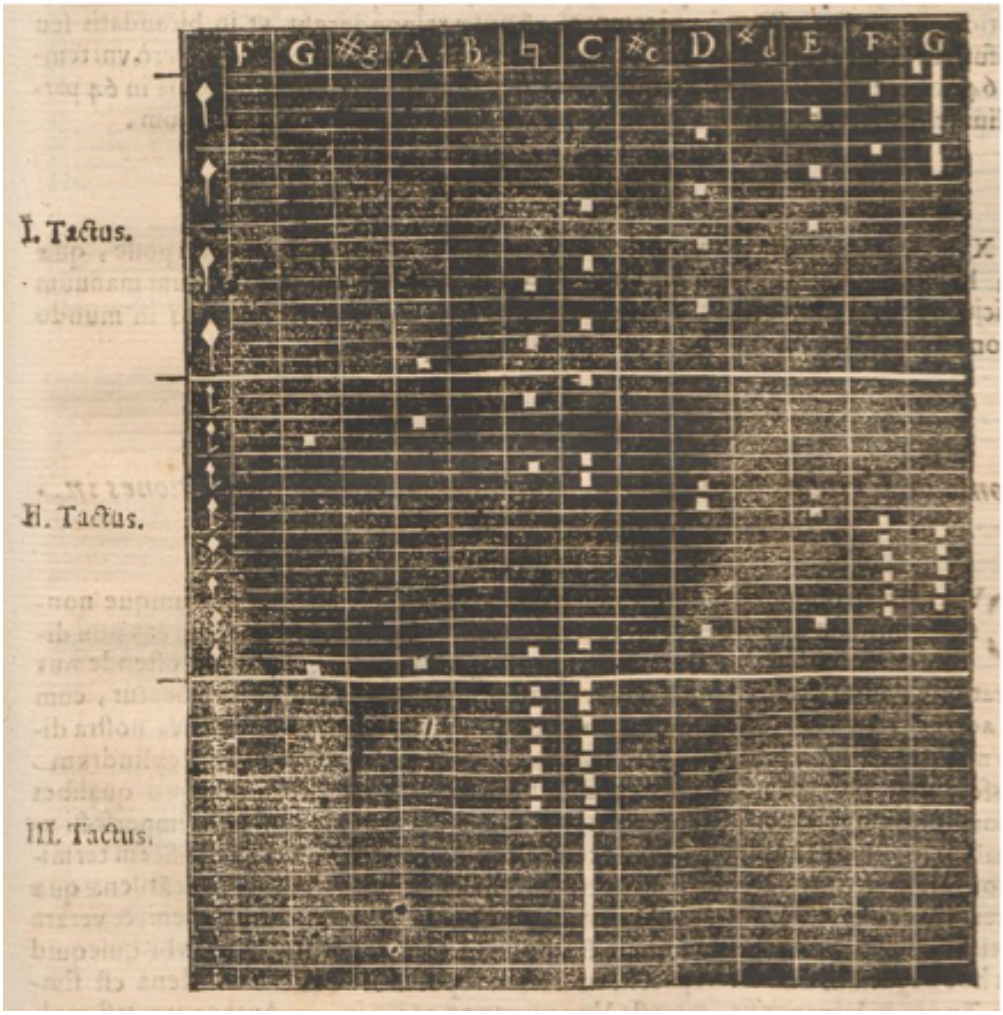
<323> Beispiel III

Wie man Noten von sehr kleinem Wert auf dem Zylinder auftragen kann

Diese geometrische Teilung ist von einem solchen Nutzen, dass kein virtuoses Spiel der Hände sie je erreichen könnte. Denn sie kann alle vorstellbaren Diminutionen des Zeitmaßes vollkommen zum Ausdruck bringen, so dass selbst die kleinste Note, auch eine viergeschweifte, dem Gehör nicht entgeht. Damit der Leser der *Musurgia* etwas erhält, worin er sich üben kann, fügen wir hier einige Diminutionen an und zeigen zugleich das Verfahren, mit dem sie auf den Zylinder übertragen werden können.
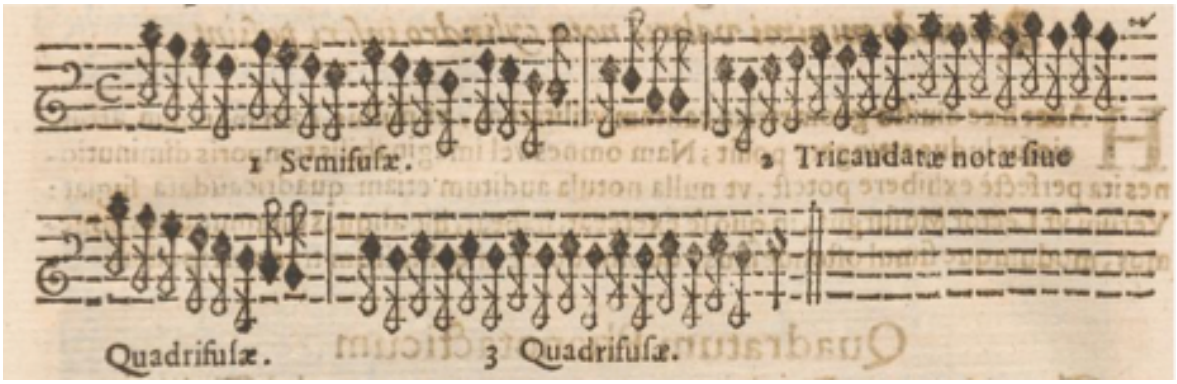
Phonotaktisches Quadrat,

das Teretismen oder Diminutionen der Noten, die im Volksmund Triller und Grupos genannt werden, in genauer Teilung enthält



Die folgenden Noten zeigen Teretismen oder Diminutionen der Noten, die wir aus Mangel an dreigeschweiften oder Viertel-Fusae [Quadrifusae] alle als zweigeschweifte oder Semifusae gesetzt haben. Damit beim Musikmeister kein Irrtum entsteht, haben wir unter die einzelnen Klauseln den Notenwert geschrieben.

<324> Beispiel für die Diminution von Noten in Semifusa und Quadrifusa



Um diese Triller auf den Zylinder zu übertragen, teile man den Raum für einen Takt in 32 Teile, so viele dreigeschweiften Noten machen nämlich ein Zeitmaß oder einen Takt aus. Dann gehe man so vor, wie man es im folgenden Beispiel gemacht sieht, bei dem man nur die Anordnung von zwei Takten findet. Wenn aber 16 Noten einem Tempus entsprechen wie bei zweigeschweiften oder Semifusae, muss der Raum für einen Takt in 16 Teile geteilt werden. Wenn aber 64 Noten einem Tempus entsprechen, muss man jeden Raum für einen Takt in 64 Teile teilen und so verfahren, wie mitgeteilt, und so fort bis unendlich.

Folgerung

Daraus folgt, dass man sich keine noch so schnelle Bewegung von Tönen vorstellen kann, die nicht mit Hilfe dieses Verfahrens dargestellt werden könnte. Dorthin, wo keine Kunst der Hände gelangen könnte, gelangt aber unser automatisches Kunstwerk. Man wird auf der ganzen Welt keinen Organisten finden, der etwas Ähnliches mit seinen Händen vollbringen könnte.
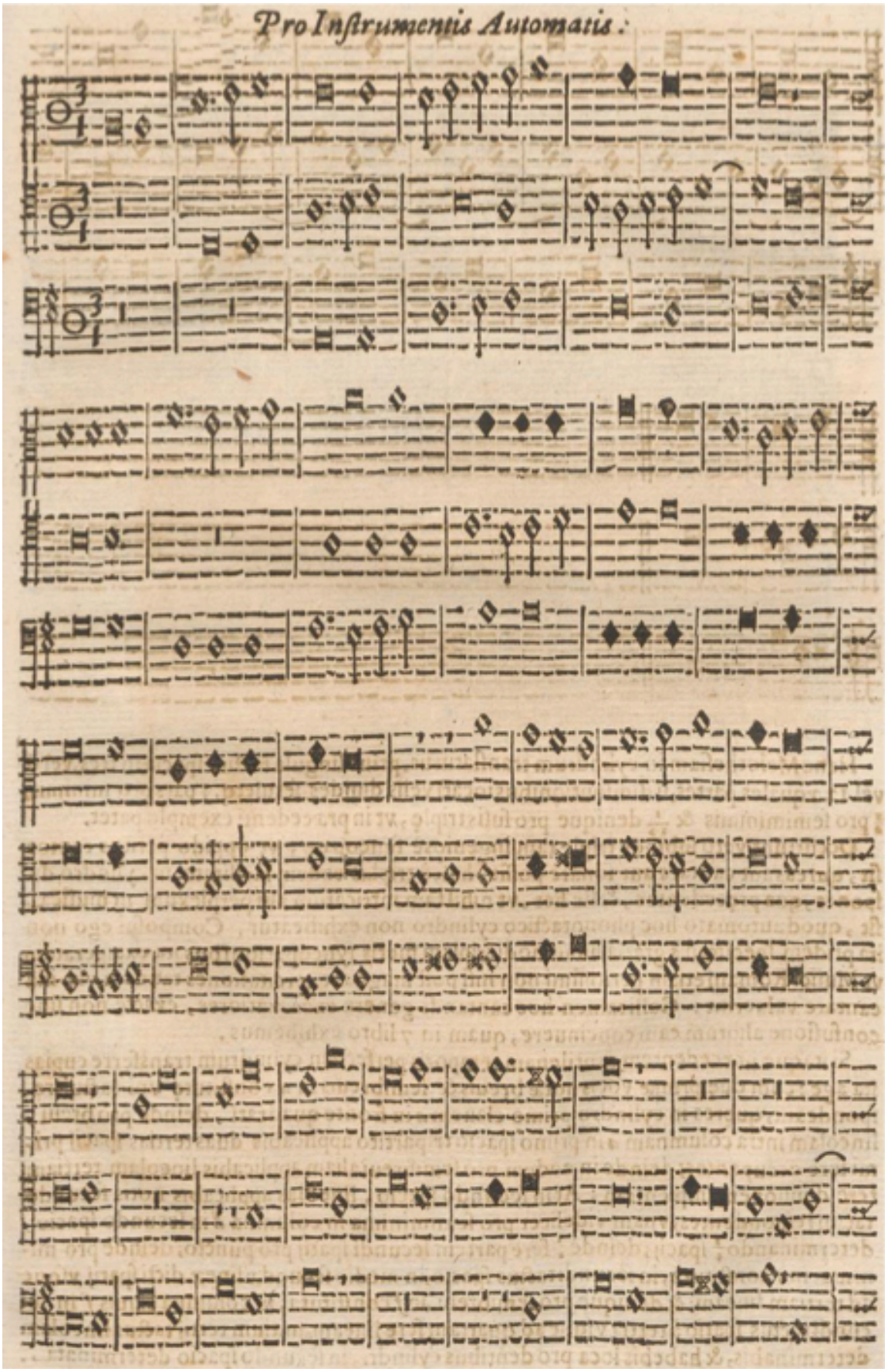
Beispiel IV

Wie man die Proportio tripla, sesquialtera und ähnliche Proportionen des Zeitmaßes auf einen phontaktischen Zylinder aufbringen kann

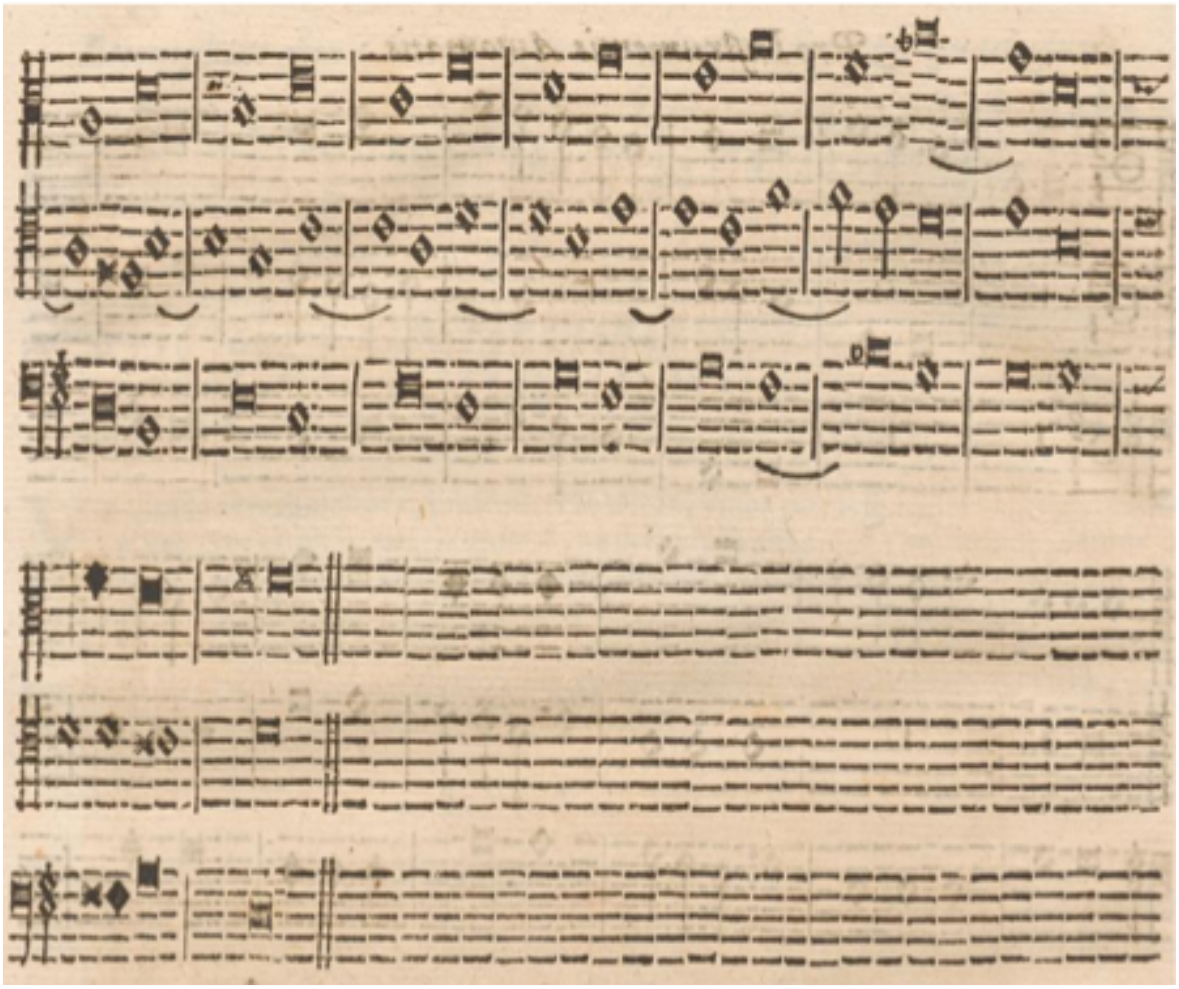
Da in der Musik häufig Tonbewegungen im perfekten Tempus vorkommen und einige davon so schwierig sind, dass es auch unter den hervorragenden Musikern kaum welche gibt, die diese – vom Singen will ich gar nicht sprechen! – nicht einmal auf Instrumenten erklingen lassen können, werden wir hier zeigen, wie ein Zylinder aufgeteilt werden muss, damit eine solche Tonbewegung vollkommen dargestellt werde. In der ganzen Schatzkammer der Musik ist nämlich nichts so verborgen, dass unsere phonotaktische Teilung es nicht ans Licht brächte. Es soll also als Beispiel folgende Melodie auf einen Zylinder übertragen werden. Doch soll der Leser wissen, dass wir hier die Proportio tripla im weiten Sinne für jede beliebige Proportion mit dem perfekten Tempus nehmen, bei welcher drei Minimae einer Minima

des imperfekten Tempus entsprechen. An dieser Stelle wollten wir keine abwegigeren Begriffe benutzen, um keinen Künstler mit Begriffen, die er nicht versteht, in Verlegenheit zu bringen. Man bezeichnet allgemein mit Tripla alle Gesänge, denen die Zahlen 3 oder 3/2 oder 3/4 vorangestellt sind. Was es damit auf sich hat und wie es sich wirklich verhält, entnehme der Leser aus dem siebten Buch, wohin wir ihn verweisen und wo er alles finden wird, was man sich hinsichtlich dieser Sache wünschen kann. Der Komponist des folgenden Stücks, gedruckt 1627 in Venedig, ist Simplicio Todeschi aus Verona. Obwohl der Komponist vielfach gegen die musikalischen Regeln verstößt, hielten wir es dennoch für richtig, da er sie dennoch für unseren Zweck gemacht hat, sie, so weit wie möglich korrigiert, hier anzufügen.

<325>



<326>



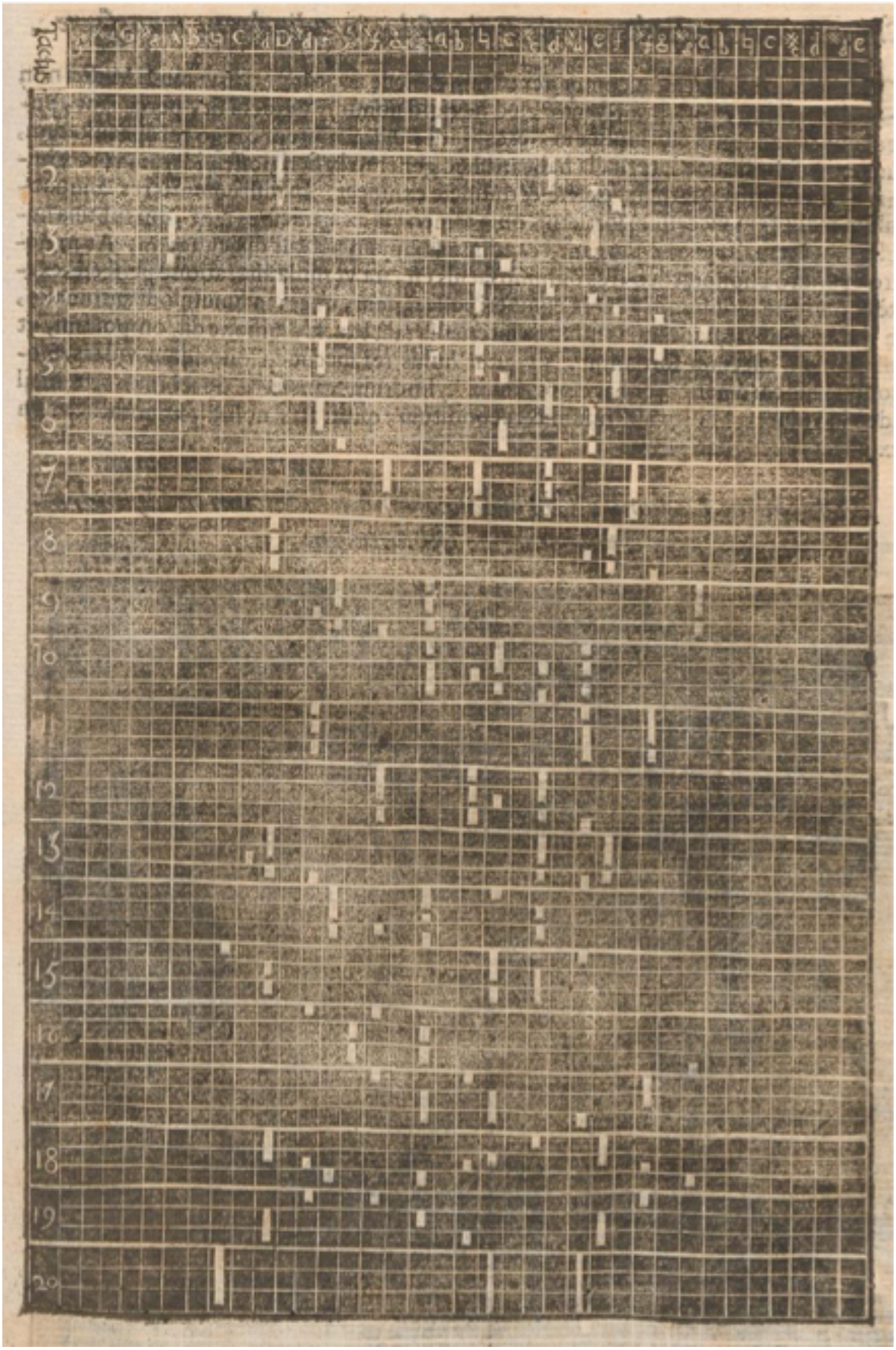
Will man diese Melodie auf einen Zylinder übertragen, teile man jeden Raum für einen Takt in drei, sechs oder, wenn man sich mit Diminutionen einen Spaß machen will, in zwölf gleiche Teile. 1/3 diene als Raum für eine Minima, 1/6 für eine Semiminima und 1/12 eine Fusa der Proportio tripla, wie es im obigen Beispiel deutlich wird.

Es tauchen immer wieder so geistreich synkopierte Triplae auf, dass, wer sie spielen oder singen kann, schon ein sehr erfahrener Sänger sein muss. Diese Triplae kann man mit derselben Methode wie die vorhergehenden auf den Zylinder übertragen. So kommt es, dass in der Musik nichts so verworren sein kann und nichts, was einem in Verlegenheit bringen kann, das nicht mit diesem automatischen phonotaktischen Zylinder dargeboten werden kann. Vor noch nicht allzu langer Zeit habe ich als Beispiel eine solche Tripla komponiert und sie mit reiner Synkopierung so schwierig gemacht, dass selbst die erfahrensten Musiker in Rom sie nur nach ausgedehntem Üben schließlich singen konnten. Die Franzosen dagegen sind geübter in dieser Art des Singens, sie singen so exakt, dass die anderen darüber nur staunen können, wie wir im siebten Buch gezeigt haben.

Wenn man also den vorhergehenden Gesang im Tempus perfectum auf einen Zylinder übertragen will, gehe man so vor: Da die beiden ersten Noten, eine Brevis und eine Semibrevis a einen Takt ausmachen, suche man zunächst auf dem ersten Zylinder die Tonstufe a an der vorderen Seite der Fläche, mache dann für die Brevis einen Strich in der Spalte a im ersten dreigeteilten Raum, der fast zwei Drittel des Raums für den ersten Takt einnimmt. Dann ziehe

man dort eine zweite Linie für die Semibrevis, die das dritte Drittel fast ausfüllt. Im Raum für den zweiten Takt ziehe man die Striche, die den Noten des zweiten Takts entsprechen, also einen für die Semiminima in der Spalte d im Raum für den zweiten Takt, wobei man ihn auf 1/3 des Raums begrenzt, dann fülle man fast 1/2 des zweiten [Drittel-] Raums für den Punkt, dann einen Strich für die Minima e im Raum für den zweiten Takt in der Mitte der zweiten Linie besagten Raums bis zur dritten Linie. Schließlich einen Strich für die Semibrevis f in der Spalte für die Note f im Raum für den zweiten Takt von der dritten bis fast zur vierten Linie, dem Anfang des dritten Taktes. So erhält man die Stellen für die Zähne des Zylinders, die im zweiten Raum festgelegt sind.

<327> Tripla, auf einen Zylinder zu übertragen



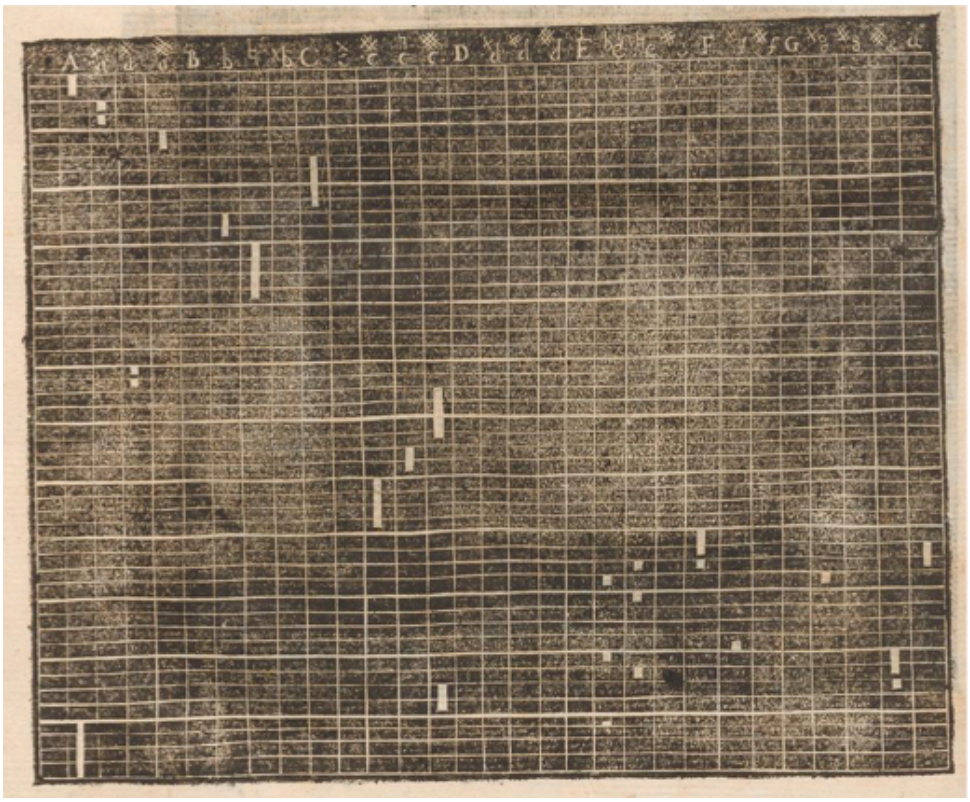
<328> Beispiel V

Wie man chromatische und enharmonische Klauseln auf einen Zylinder überträgt

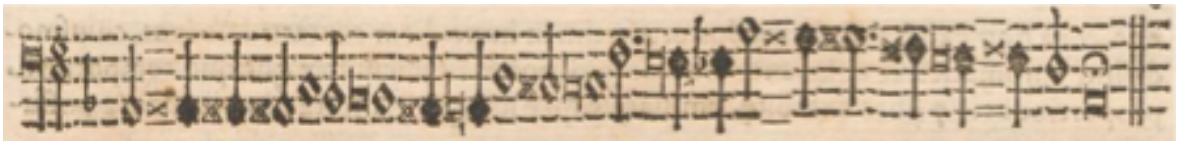
Das chromatische und das enharmonische Tongeschlecht sind so schwierig und mühevoll, dass viele Musiker, ich will gar nicht von singen oder spielen reden, sich nicht mal ansehen, was unter diesem Namen läuft, und glauben, dass es musikalisch widersinnig und untauglich für den Gesang ist. Und auch ich muss die Schwierigkeit der Sache eingestehen. Da diese Tongeschlechter die feinsten Intervalle haben, scheint es kaum möglich, dass die menschliche Stimme so feine Intervalle genau und unterscheidbar singen kann. Auf Instrumenten könnte das Problem etwas besser gelöst werden, weil es unter den Künstlern welche gibt, die solche feinen Intervalle genau treffen; die Sache ist aber immer noch von größter Schwierigkeit.

Doch auf unserem phonotaktischen Zylinder ist die Sache ganz einfach, so dass ich glaube, dass solche Tongeschlechter auf keine andere Art genau und unterscheidbar ausgedrückt werden können, als auf derartigen automatischen Musikinstrumenten, auf denen alle auch noch so kleinen Intervalle durch so genaue Teilung angeordnet werden können, dass sich untrüglich der Erfolg einstellt. Damit man sich ein Beispiel für die Sache ansehen kann, werden wir die Übertragung eines chromatisch-enharmonischer einstimmigen Gesangs auf einen Zylinder zeigen, damit man sich in der ganzen Musik nichts ausdenken kann, was so abwegig und verborgen ist, dass es unsere neue phonotaktische Kunst nicht ausdrücken kann.

Ein diatonisch-chromatisch-enharmonisches Monodium,
das auf dem phonotaktischen Zylinder dargestellt werden soll



<329>



Wer, frage ich, hat eine so geübte und biegsame Stimme, dass er die hier gesetzten Intervalle vollkommen singen könnte? Bestimmt verzweifeln alle Musiker schon beim ersten Anblick daran. Doch auf unserem phonotaktischen Zylinder sind alle Intervalle mit derselben Leichtigkeit, auch die bisher schon vorgestellten, ganz genau angeordnet und abgestimmt. Doch muss hier angemerkt werden, dass bei diesem Tongeschlecht der Tastenabakus oder, wie man gemeinhin sagt, die Tastatur ganz anders aufgebaut sein muss. Da sich nämlich auf einer gewöhnlichen Tastatur meist keine chromatisch-enharmonischen Tonschritte finden, sondern nur diatonische, hat deshalb eine Oktave auf einer gewöhnlichen Tastatur nur zwölf Tasten, wie wir bei der Behandlung der Tastaturen im Kapitel über die Instrumentalmusik [*Musica organa*; MU A 454ff.] gezeigt haben. Eine chromatisch-enharmonische Tastatur hat insgesamt 32 Tasten. Von solcher Art haben wir an der zitierten Stelle unter anderem vier vorgestellt. Da eine Tastatur aus mindestens vier Oktaven besteht, eine Oktave aus 32 Schritten oder Tasten, wird die ganze, vervierfachte Tastatur aus 128 Tasten bestehen. Wenn man eine Orgel auf diese Weise eingestimmt hat und wenn man gemäß der Notenwerte die Stellen für die Zähne innerhalb der Räume festgelegt hat, die den chromatisch-enharmonischen Zeichen entsprechen, erhält man die gesuchte chromatisch-enharmonische Musik, die man bisher noch nicht gehört hat. Damit nichts zweifelhaft bleibt, haben wir im obigen Beispiel nur eine Stimme dargestellt, um Verwirrungen zu vermeiden.

Corollarium

Daraus ist ersichtlich, wenn jemand einen Ganzton in fünf, sechs, sieben oder acht Intervalle oder Schritte aufteilte und entsprechend den besagten Intervallschritten die Tastatur und die Orgelpfeifen einrichtete und dann noch eine Melodie, die in den besagten Tonschritten komponiert ist, auf einen Zylinder übertragen würde, es dazu käme, dass diese automatische Orgel die Unterschiede der Tonschritte genau wiedergäbe. Eine ganz wunderbare Maschine, an die offensichtlich keine Stimme und keine menschliche Anstrengung heranreichen können.

Beispiel VI

Mehrere Stimmen im Zusammenklang auf einem Zylinder anordnen

Die Nützlichkeit des phonotaktischen Zylinders
für wunderbare Kompositionen

Mit Sicherheit gibt unser phonotaktischer Zylinder die Weisen wieder, für deren Wiedergabe die Beweglichkeit und Fähigkeit keiner Hand ausreichte. Wenn nämlich jemand eine kunstvoll, äußerst verwickelte Fuge für zwölf Stimmen komponieren würde, gäbe es auf der ganzen Welt sicher keinen Meister, der sie allein mit dem Werk seiner Hände korrekt vortragen könnte. Auf dem phonotaktischen Zylinder dagegen, der durch geometrische Teilung vorbereitet ist, wird die besagte Fuge nicht nur genau angeordnet, sondern auch vollkommen, ohne dass eine Note fehlte, und mit der Kunstfertigkeit und dem Schmuck, mit dem sie komponiert ist, wiedergegeben. Ja, wenn jemand für eine bestimmte Orgel eine Tastatur mit zehn Oktaven bauen würde, könnte auf besagter Orgel eine Fuge für nicht nur 10, 12, 30

oder 50, sondern sogar für 100 Stimmen in unendlicher Vielfalt gespielt werden. Ein Beispiel für mehr Stimmen geben wir aber nicht, da man dem Vorhergehenden leicht das Verfahren entnehmen kann, wie diese auf einen Zylinder zu übertragen ist. Während wir das schreiben, haben wir auf Befehl des Pontifex Innozenz X. einen Zylinder mit dem Durchmesser von 8 Palm für eine hydraulische Orgel gebaut, auf dem wir eine Symphonie für sechs Stimmen mit kunstvollen Fugen und Synkopationen von 73 Takten Länge angeordnet haben, was eine höchst hörenswerte Symphonie ergibt.

Folgerung

Aus dem Gesagten, das vielleicht etwas über Gebühr ausführlich war, geht klar und deutlich hervor, dass man kein noch so absonderliches und abwegiges Werk in der Musik ersinnen kann, welches wir mit unserer phonotaktischen Kunst <330> nicht wiedergeben könnten. Wir können bis heute unsingbare Weisen, zu denen chromatisch-enharmonische Kompositionen gehören, äußerst schwierige Zeitproportionen, die im siebten Buch dargestellt wurden und Ähnliches, was nur den Erfahrenen bekannt ist, darstellen.

Beispiel VII

Zahnräder, die den Zylinder im Kreis bewegen, und die Geschwindigkeit des Zeitmaßes

Den Zylinder im Kreis bewegen kann man auf zwei Weisen: mit Wasser oder mit Hilfe von Federn. Bei hydraulischen Orgeln bewegt das Wasser nicht nur den Zylinder, sondern stellt durch seinen Fall auch genug Wind für die Windkammer zur Verfügung. Die anderen Instrumente, die keine Feuchtigkeit lieben wie zum Beispiel das Cembalo, werden durch Federn, die innerhalb der Zylinder heftig zusammengedrückt und aufgezogen sind, zum Klingen gebracht. Der Unterschied zwischen beiden Instrumentenarten ist der, dass die mit Wasser angetriebenen sich ständig bewegen, die mit Federn aber nur eine bestimmte Zeit lang. Eine Maschine in Bewegung zu versetzen ist sicher leicht, die Bewegung muss aber proportioniert sein, also: hic Rhodus, hic saltus. Denn ohne ein Gleichmaß des Antriebs und der Drehbewegung des Zylinders verliert die Musik jeden Wert. Deshalb muss das durch Wasser angetriebenes Rad am Ende der Achse ein weiteres Zahnrad, im Volksmund *Rocchetto*, Spule, genannt, haben. Dieser Wirbel erfasst mit seinen Zähnen ein weiteres Zahnrad, das am Ende des Zylinders angebracht ist und so eine wohlproportionierte harmonische Bewegung eingeführt. Damit nämlich die Musik durch eine passende und angemessene Bewegung wiedergegeben wird, müssen die Spule und der Trieb, in das wieder ein Zahnrad greift, aus einer bestimmten Zahl von Zähnen bestehen. Denn diese Spule leistet für eine schnelle oder langsame Umdrehung des Zylinders dasselbe, was der schnelle oder langsame Schlag von Hand des Chorführers bewirkt. Je mehr Zähne die Spule hat, desto schneller dreht sich das Rad, je weniger, umso langsamer. Dies aber versteht man besser durch die folgenden Zeichnungen als durch viele Worte. Zu Rate zu ziehen seien für diese Aufgabe die Uhrmacher, deren ureigenes Geschäft es ist, ein vorgegebenes Zeitmaß für ein Rad festzulegen. Das werden wir auch sehr ausführlich in der *Großen Kunst des Schweren und Leichten* [Ars Magna gravium et levium] behandeln, besonders im Kapitel über die statische Mechanik, so Gott will.

Maschinenbau [Machinamentum] I

Hydraulische Orgeln

Viele Autoren sind unterschiedlicher Meinung über hydraulische Orgeln. Vitruv schreibt so dunkel darüber, dass man kaum erkennen kann, was man von ihnen zu halten hat. Das ist auch kein Wunder. Wenn auch wir uns vornehmen würden, die Orgeln, die wir benutzen, zu beschreiben, könnten wir auf keinen Fall die Sache so genau beschreiben, dass alle Schwierigkeiten sofort behoben wären, vor allen Dingen nicht für die, die solche Orgeln gar nicht kennen. Umso mehr stören uns die Altertümlichkeit des Vokabulars und die Neuartigkeit der Sache, wenn wir versuchen wollten, die von Vitruv beschriebene Maschine zu verstehen und zu bauen. Damit wir dennoch in diesem Werk nichts unversucht lassen, werden wir, soweit wir es mit genauer Prüfung der Beschreibung von Vitruv und durch verschiedene Vermutungen zusammentragen konnten, zu zeigen versuchen, wie diese Maschine gewesen ist.

Diese Instrumente waren bei einigen Elementen unseren Orgeln ähnlich, in einigen unterschiedlich, wie man es im Zusammenhang mit der Beschreibung sehen wird. Denn der Zweck dieser Orgeln bestand zweifellos darin, einen Klang zu erzeugen, was sie ohne den Anstoß von Luft und Atem nicht bewirken konnten. Angestoßen werden von Luft oder Hauch konnten sie aber nur, wenn diese an einen Punkt zusammengedrängt würden. Zusammengedrängt werden konnten sie aber nur in Orgeln, die dafür vorbereitet und gemacht sind. Also musste man Orgeln bauen, die für die Mittel passend und geeignet waren, welche die Luft in Bewegung brachten und die bewegte Luft in die Luftkanäle pressten, so dass die gepresste Luft einen Klang erzeugen konnte, was alles auch unseren Orgeln zu eigen ist. Doch bevor wir Einzelheiten beschreiben wollen, ist es die Mühe wert, <331> wie ich glaube, wenn ich hier zuvor den Text von Vitruv anfüge. So kann der wissbegierige Leser, wenn er die Einzelheiten mit dem Text vergleicht, durchdringen, was wir bei der Aufhellung dieser sehr komplexen Aufgabe leisten werden.

Vitruv, Buch X, Kapitel XIII [recte 10.8]:[13]

Von den Wasserorgeln und ihren Zusammensetzungsverhältnissen jedoch in tunlichster und verständlichster Kürze zu sprechen und schriftliche Nachweise zu geben, will ich nicht unterlassen. Auf eine aus fest zusammengezimmertem Holzwerke bestehende Unterlage setze man eine aus Bronze hergestellte Kufe. Auf der Basis stellt man auch rechts und links (von der Kufe) Ständer senkrecht auf, die nach Art von Leitern durch Quersprossen verbunden sind, und zwischen diesen schließt man bronzene Pumpenzylinder ein, die bewegliche, auf der Drehbank sorgfältig abgeschliffene Böden haben, welche in der Mitte eiserne gegliederte Kolbenstangen durch Gelenke mit Hebeln verbunden enthalten und mit geschorenen Fellen gefüttert sind. In der oberen ebenen Decke der Pumpenzylinder sind Löcher von ungefähr drei Zoll Durchmesser anzubringen, welchen Löchern zunächst bronzene Delphine an Gelenken angebracht sind, welche in ihrem Mund an Ketten herabhängende und unterhalb der Löcher der Pumpenzylinder herabgelassene Schilddeckel tragen.

Innerhalb der Kufe, wo das Wasser steht, befindet sich der Dämpfer, einem umgestürzten Trichter vergleichbar, welchem Pflöcke, die ungefähr drei Zoll hoch sind, untergelegt werden

[13] Nach der Revision der Übersetzung von Franz Reber (1865) in Vitruv, *Zehn Bücher über Architektur*, Wiesbaden 2/2012, S. 523–528.

und so einen gleichmäßigen Raum zwischen dem waagerechten Rand des Dämpfers und dem Boden der Kufe offen lassen. Auf das obere Ende des Dämpfers ist die Windlade angefugt, die den Hauptteil der Maschine, auf griechisch κανὼν μουσικὸς genannt (Kanon mousikos), trägt, welcher, wenn das Instrument vier Register hat, der Länge nach in vier Kanäle, wenn es sechs Register hat, in sechs Kanäle, und wenn acht, in acht Kanäle eingeteilt ist.

Jedem einzelnen Kanal aber ist ein Hahn (Registerschlüssel) eingefügt, der mit eisernen Schlüsseln gehandhabt wird, durch deren Umdrehung die Mündungslöcher von der Windlade in die Kanäle geöffnet werden. Den Kanälen entlang aber enthält der Kanon (das Tonbrett) in quergezogenen Reihen Löcher, welche auf die durch ein oberes Brett, welches auf griechisch Pinax heißt, gebohrten Löcher passen. Zwischen diese Tafel und das untere Tonbrett sind flache Stäbe hineingesteckt, welche ebenfalls in entsprechenden Abständen mit Löchern versehen und mit Öl angeschliffen sind, damit sie leichter aus- und eingerückt werden können; sie schließen jene Löcher und werden Plinthe (Platten) genannt; ihr Aus- und Einrücken schließt und öffnet die Bohrlöcher.

Diese Stäbe haben eiserne an ihnen befestigte Federdrücker, welche mit Tasten verbunden sind, so dass der Druck auf die Tasten eine Verschiebung der Stäbe zur Folge hat. Über der Tafel münden die Bohrlöcher, wo die gepresste Luft aus den Kanälen ihren Ausweg findet; diesen sind Ringe vorgeleimt, in welche die unteren Mündungen der Pfeifen eingelassen werden.

Von den Pumpenzylindern aber gehen Verbindungsröhren aus, welche mit dem oberen Ende des Dämpfers in Verbindung stehen. Der Dämpfer aber reicht bis zu den Mündungslöchern an der Windlade, und an diesen Mündungslöchern sind auf der Drehbank gefertigte Ventilklappen angebracht, welche, wenn die Windlade die Luftmassen aufgenommen, dieselbe nicht auch wieder zurückentweichen lassen, indem sie die Löcher verschließen.

Wenn nun die Hebel aufgehoben werden, so ziehen die gegliederten Kolbenstangen den Bodenkolben der Pumpenzylinder nach unten, und die Delphine, welche an Gelenken befestigt sind, füllen, indem sie ihre Schlussschilder in die Pumpenzylinder hinablassen, deren Raum mit Luft an, und wenn die Kolbenstangen in heftiger Raschheit des aufeinanderfolgenden Drucks die Bodenkolben nach oben heben und die oberen Löcher durch die Schlussschilder schließen, so drängen sie die dort eingeschlossene Luft durch den Druck in die Verbindungsröhren, durch welche sie in den Dämpfer strömt und durch dessen Oberteil in die Windlade. Durch eine wiederholte Bewegung der Hebel aber strömt die vermehrte und zusammengepresste Luft durch die Öffnungen der Hähne und füllt die Kanäle.

Wenn daher die Tasten durch drückende Berührung mit der Hand die Stäbe ununterbrochen vor- und rückwärts schieben, werden sie, indem sich die Löcher bald schließen, bald öffnen, musikalisch kunstgerecht gehandhabt, Töne entlocken, welche in vielfachen Weisen abwechseln.

Ich habe mich, so weit ich dies erreichen konnte, angestrengt, diesen schwer verständlichen Gegenstand anschaulich vorzutragen: Es ist dies aber keine leichte Theorie und nicht allen wohlverständlich, sondern nur denjenigen, welche in derartigen Dingen durch Übung erfahren sind. Wenn aber auch jemand dies aus der Beschreibung nicht vollständig aufgefasst hat, so wird er doch, wenn er die Sache selbst praktisch kennenlernt, sicher zu dem Urteil kommen, dass alles in überlegter und scharfsinniger Weise angeordnet ist.

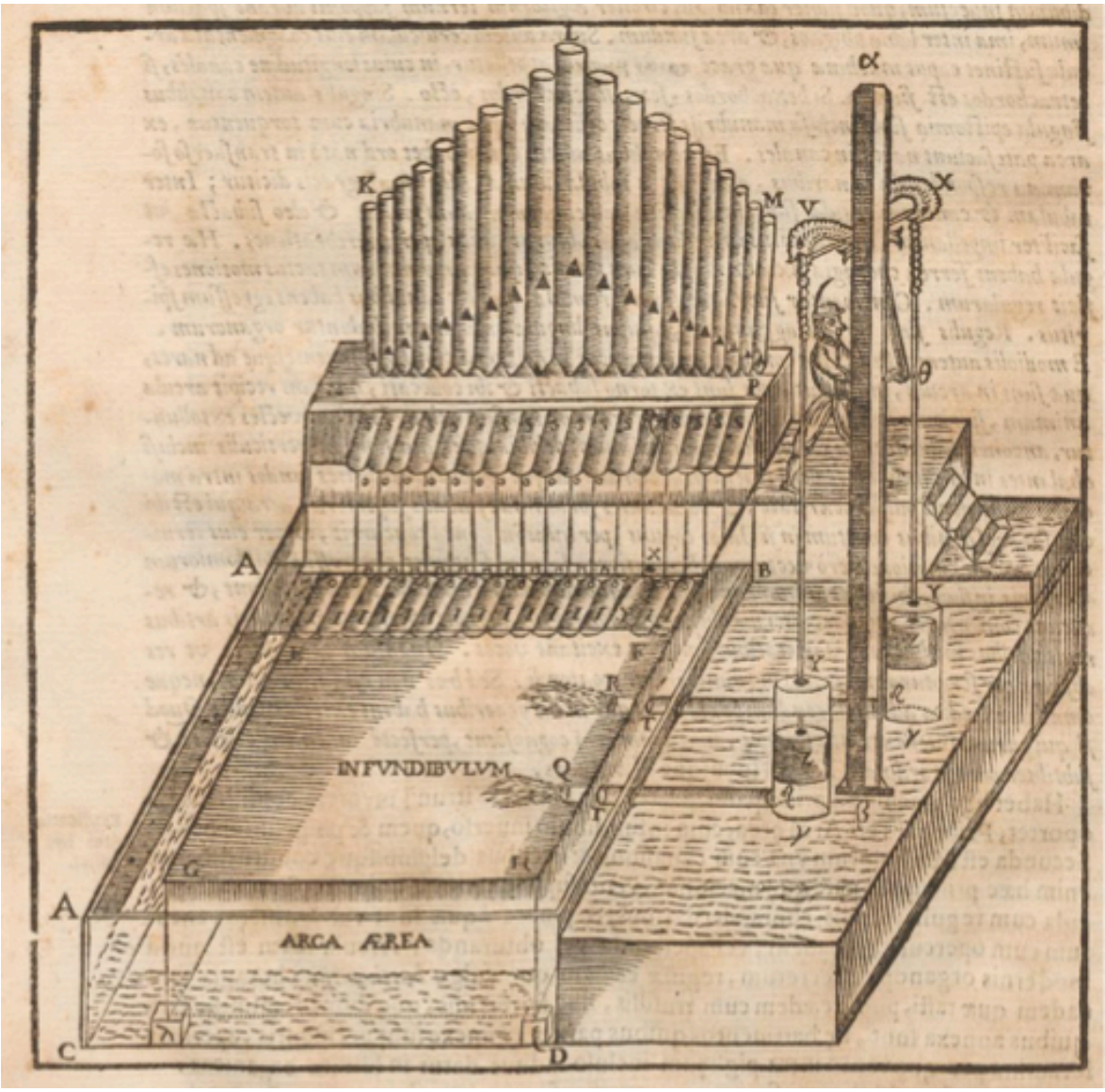
Soweit also Vitruv.

Erklärung der hydraulischen Orgel

Diese Maschine hat vier wichtige Teile, die wir uns im Sinne Vitruvs anschauen müssen. Der erste Teil ist die bronzene Kammer mit einem umgedrehten Trichter, den er auch „Phigeum“ nennt. Der zweite Teil ist die Konstruktion der Naben mit den Kanälen, Hebeln und Delphinen. Es ist dies der wichtigste Teil, der die Maschine mit reichlicher Windversorgung beseelt. Der dritte Teil ist das Kästchen mit den Leisten Federn, Springfedern, Nasen und dem Tisch, sie dienen dem Wind als Gang und Weg mit ihren Deckeln, um sie zu schließen oder zu öffnen. Das Kästchen ist dasselbe, was für die modernen Orgelbauern ihr Geheimnis ist. Die Leisten sind dasselbe, was im Volksmund „battiventi“ heißt, die Springfedern sind dasselbe wie Tasten, eben Federn mit Garnen oder eisernen Fäden, die diese *battiventi* niederdrücken, mit denen sie verbunden sind, wenn die Tasten niedergedrückt werden, an denen sie ebenfalls befestigt sind, und so die Löcher öffnen, die dem Wind, der innerhalb des Phigeum eingeschlossen ist, den Zugang zu den Orgelpfeifen gewähren.

Der vierte Teil sind die Orgelpfeifen oder Röhren, es sind vier, wenn man von einer Tetrachordorgel redet, sechs bei einer hexachordischen, acht bei einer oktochordischen, zwölf bei einer dodekachordischen. Sie sind nach Oktavintervallen angeordnet. Mit diesen vier Teilen löst sich das ganze Problem mit der hydraulischen Orgel des Vitruv. Doch wollen wir seinen Bau noch ein wenig gründlicher erklären.

<332> Zuerst wird eine Basis aus Holz gebaut, gewissermaßen als Stütze für das Ganze. Darauf wird ein Kasten aus Bronze ABCD für die Aufnahme von Wasser gesetzt, den Hero „Altar“ nennt. Aus ihm erheben sich Balken, an deren Innenseite Querhölzer angebracht werden, die Vitruv Stufenleisten [scalares regulae] nennt. Wir deuten diese Sache mit nur einem Balken αβ an, damit nicht die Zeichnung durch eine Vielzahl von Stufenbalken verkompliziert wird. Durch diese werden längliche Stäbe VY, XY in Form von Stempeln geführt, an die unten Kolbenröhren Yy oder Büchsen nach Art der Ctesibica-Pumpe, die wir Anthlea, im Volksmund Tromba nennen, abgehängt werden. Diese Kolbenröhren haben rundherum die mit Wolle und Fell umwickelte Stempel oder Kolben ZZ, die Vitruv Schenkel [ancones] nennt, sowie die Säckchen oder Plättchen, die wie Kolben in die Kolbenröhren hineinfahren, um Wasser anzusaugen oder hinauszutreiben. Die Kolbenröhren oder Mörser YY werden außerhalb vom bronzenen Kastens ABCD angebracht. Sie haben am oberen Ende Griffe V und X, die in Form von Delphinen gearbeitet sind.



Sie wurden deswegen „Delphine“ genannt, weil sie durch wechselnde Auf- und Abbewegung die Bewegungen von Delphinen im Wasser nachahmen. Ihnen hängen Ketten aus dem Maul, die mit den Schenkeln verbunden sind. Wenn einer davon herabgezogen wird, geht der andere nach oben, genauso wie es bei unserer gewöhnlichen Anthlea geschieht, so dass diese Beschreibung nichts anderes <333> ist als eine Anthlea aus Bronze oder eine, die gebaut ist, um in ein Pigheum Luft zu pressen.

Aus den Kolbenröhren YY wird Luft durch die Kanäle Tδ in das Gefäß geblasen, das Vitruv einen umgekehrten Trichter nennt, so dass diese beiden Kolbenröhren zusammen mit den Schenkeln VY und den Plättchen δδ nichts anderes darstellen als die Maschine, die wir Windstoß [sclopum Aeolium] nennen, deren Funktionsweise wir im dritten Buch der *Ars magnetica* mitgeteilt haben. Diese beiden Kolbenröhren entsprechen zwei Blasebälgen, die den Pigheus mit Luft versorgen. Im Kasten ABCD sitzt der gleichsam umgekehrte Trichter EFGH im Abstand von drei Fingerbreit vom Boden, der gestützt wird von einigen Klötzchen, mit λξ bezeichnet, oder Stützen, damit innen das Wasser in den Trichter, der keinen Boden hat, laufen kann. Doch wird der Kasten ABCD nicht völlig mit Wasser gefüllt, sondern nur bis zu einer bestimmten Stelle, damit zwischen dem Wasser und dem oberen Teil des Trichters

Platz ist für Luft, wie das in der Zeichnung sichtbar ist. So geschieht es, dass, wie ein zusammengepresster Dudelsack reichlich Luft spendet, auch hier die Luft komprimiert wird durch die darüber einströmende Luft, die durch den ständigen Wechsel der Anthlea bereitgestellt wird und, wenn sie durch die inneren Kanäle in die Windkammer X hineindrückt, für die Tonerzeugung komprimiert wird.

Die Beschaffenheit der hydraulischen Orgel des Vitruv
wird anhand ihrer Teile erklärt.

Der Pigheus hat einige Spateln oder Griffe – „Springfedern" [choragia] nennt sie Vitruv –; sie entsprechen den Zünglein oder Spateln unserer Orgeln, die durch eiserne Fäden geöffnet werden und so dem Wind Zugang zu den Pfeifen verschaffen. Diese Spateln haben wir in der Zeichnung mit I beschriftet. Sie sind mit einigen Federn versehen und bedecken Öffnungen. Das ist genau so, wie moderne Orgelbauer gewöhnlich die Zünglein anordnen, die sie *battiventi* nennen. Ihnen entsprechen darüber die Sprungfedern S oder Tasten, die durch eiserne Fäden mit den Zünglein I verbunden sind. So geschieht es, dass die Sprungfedern oder Tasten, von der Hand des Organisten niedergedrückt, die entsprechenden Zünglein durch die eisernen Federn nach innen zur Windkammer auch niederdrücken. Wenn sie so niedergedrückt werden, strömt der Wind, der in der Windkammer eingeschlossen und komprimiert ist, durch die Öffnungen in den für die Pfeife bestimmten Kanal und erzeugt so den gewünschten Ton. Den ganzen Vorgang haben wir in der Zeichnung durch die Taste V, das Zünglein y und die Öffnung X unter ihr dargestellt. Daraus wird völlig klar, dass fast alles außer der Art der Luftzuführung genauso ist wie bei unseren Orgeln. Ein Mensch, der die Anthlea antreibt, stößt damit die Luft, die sich in den Kolbenröhren verbirgt, durch den Wechsel der Plättchen über die Kanäle Tδ in den Trichter, wo die Luft komprimiert wird und in die Windkammer oder den Windkasten entweicht, wo sie sich sammelt für den Druck der Federn oder Tasten, der durch die Zünglein erfolgt, und dann in die geöffneten Pfeifen einströmt und den je nach Tastendruck gewünschten Ton erzeugt. Doch scheint es mir richtig, hier den einen Punkt zu erklären, auf den weder Vitruv noch einer seiner Kommentatoren hingewiesen hat.

Nämlich: Warum werden solche Orgeln „hydraulisch" genannt, obwohl doch die Verwendung von Wasser überhaupt nicht erwähnt wird, und wozu hat Vitruv das Wasser im Kasten vorgesehen? Meine kurze Antwort: Das Wasser ist deshalb eingelassen, weil es durch die Bewegung der im Pigheus oder Trichter eingeschlossenen Luft aufgewühlt wird und dem Ton so ein gewisses einzigartiges Beben verschafft. Nur nach diesem bebenden Klang nennt man die Orgel hydraulisch. Bei einem solchen bebenden Ton erscheint irgendetwas Befremdliches und für das Gehör zunächst sehr Angenehmes. Und zu diesem Zweck, sagen wir, wurde das Wasser in den Kasten eingelassen ist, auch wenn Vitruv dazu nichts verlauten lässt. Daa soll jetzt auch zur hydraulischen Orgel von Vitruv genügen.

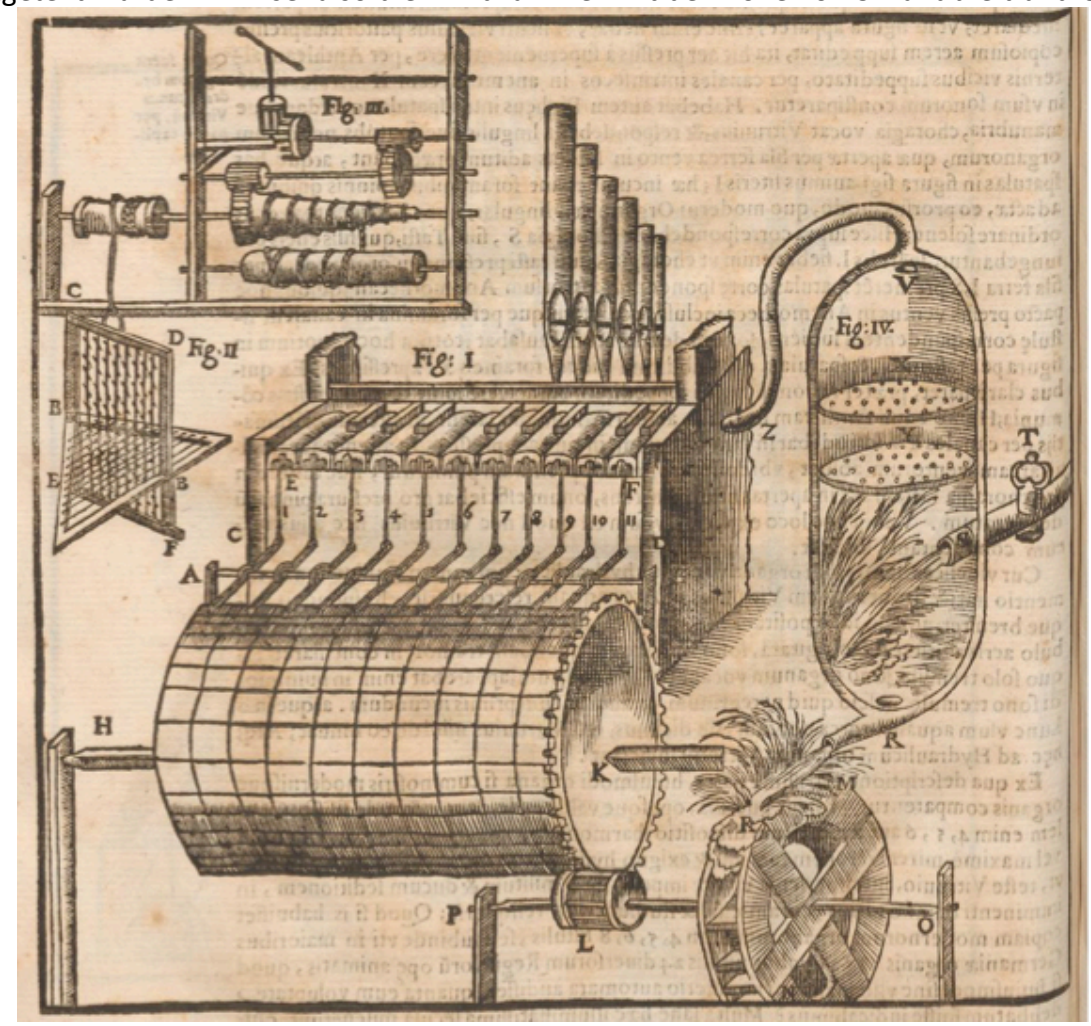
Aus dieser Beschreibung wird klar und deutlich, dass solche Orgeln, wenn man sie mit unseren modernen vergleicht, doch eher Kinderspielzeuge gewesen sind, sehr kümmerliche, unbedeutende und technisch unvollkommene Werke. Ich kann nämlich nicht erkennen, welche Harmonie eine Anordnung von vier, fünf, sechs oder acht Pfeifen erzeugen kann, so dass ich mich doch sehr wundere, dass Nero von einer so billigen und kleinen hydraulischen Orgel so angetan sein konnte, dass er nach Vitruvs Beteuerung bei Gefahr für sein Leben und seine Herrschaft während eines Aufstands von Soldaten und Offizieren und bei drohendem Totalverlust nicht davon abließ, sich um sie zu kümmern und sie zu bedienen. Wenn er die Menge

an Pfeifen einer modernen Orgel, also nicht nur vier, fünf, sechs oder acht, sondern 1.152, die von 24 Registern zum Tönen gebracht werden, gehabt hätte, was bei den größeren Orgeln in Deutschland immer wieder vorkommt, und wenn er gehört hätte, dass solche Orgeln ohne die Bedienung durch Hände automatisch spielen, wie viel Freude müsste ihm das erst bereitet haben? Vieles haben die jetzigen erleuchteten Zeiten erfunden, womit sich die Erfindungen der Alten auf keinen Fall messen können, wie an anderer Stelle gezeigt wurde. Nachdem wir das vorausgeschickt haben, wollen wir uns der Mechanik selbst zuwenden.

<334> Maschinenbau II

Eine automatische hydraulische Orgel konstruieren

Für den Bau einer hydraulischen Orgel braucht man drei Dinge: Wasser, Luft und eine phonotaktische Rolle. Wasser ist das erste Bewegliche, Luft die Seele der Orgel und die phonotaktische Rolle das Werkzeug des Selbstklangs. Man gehe so vor: Man konstruiere an einem dafür günstigen Ort eine Orgel nach den in der *Musica organica* mitgeteilten Regeln. Vor allem anderen konstruiere man eine Windkammer, wie das kurz vorher in der Pragmatia II mitgeteilt wurde. VXYR sei also die Windkammer mit der Höhe von 5 Handbreit und einer



Breite von 3½, mit Membranen, die nach Art eines Siebs durchstochen sind. Zwei Röhren führen hinein, von denen die größere TS das fließende Wasser bereitstellt, die wiederum bei

T ein Ventil hat, <335> um das Wasser nach Bedarf zu stoppen. Besagte Röhre wird in den unteren Teil des Gefäßes geleitet. Das Gefäß hat oben die zweite VZ, welche die erregte Luft in der Windkammer [camera aeolia] transportiert, in die Anemotheke oder den Windkasten [cista ventorum] der Orgel. Das Wasser stürzt nämlich durch die Röhre TS mit solcher Macht in den unteren Teil des Gefäßes R und wirbelt dort die vorhandene und dann auch die neu erzeugte Luft auf, die, wenn sie keinen zusätzlichen Platz findet, durch die durchlöcherten Membrane hindurch sozusagen umgekrempelt und, von großer Feuchtigkeit befreit, durch VZ in die Windkammer entweicht. Das mit großer Wucht durch die Öffnung R herausschießende Wasser dreht weiterhin das im Rund mehrfach mit Schöpfkellen ausgestattete Rad MR. Dies dreht wiederum durch den an seiner Achse angebrachten kreisförmigen Trieb L den Zylinder oder die phonotaktische Rolle HK. Das erfasst mit seinen Zähnen, die auf dem Rund gemäß dem vorausgegangenen Beispiel angeordnet sind, die einzelnen Griffe, an denen der Reihe AB nach Drähte festgemacht sind. Diese Griffe, die von den Zähnen des Rads erfasst werden, drücken mit den Drähten 1, 2, 3, 4, 5 auch die Tasten des Klaviaturabakus EF nieder, mit denen sie ja verbunden sind. Wenn die Tasten niedergedrückt werden, öffnen sie die Plättchen [paltismatia], oder, wie die Italiener sie nennen, die *battiventi*, und so strömt die in der Windkammer stark komprimierte Luft durch die geöffneten Plättchen in die Pfeifen hinein. Und endlich hört man die gewünschte Musik. Den inneren Bau der Orgel und ihrer einzelnen Teile zeigen wir hier nicht, da wir ihn schon in der *Musica organica* übermittelt haben.

Feste und austauschbare Zähne

Anzumerken ist noch, dass ein phonotaktischer Zylinder bewegliche feste Zähne haben kann. Fest sind sie, wenn sie im Zylinder so befestigt sind, dass sie nicht herausgenommen werden können. Beweglich sind sie, wenn sie nach Belieben herausgenommen und an ihrer Stelle andere eingesetzt werden können, so dass jede Komposition und jeder Tonsatz zu jeder Zeit angepasst werden kann. So mache man bei dem Zylinder VG, der in 24 Takte geteilt ist, von denen jeder wieder achtmal geteilt ist, um Noten darzustellen können, die man Fusae nennt, an jeden Teilungspunkt eine Öffnung, um die schon in großer Menge vorbereiteten Zähne, die je nach Notenwert jeweils anders und in einer bestimmten mit der Orgel verbundenen Kiste enthalten sind, je nach Bedarf des Komponisten einsetzen zu können. Doch das geschieht besser bei größeren, umfänglicheren Zylindern. Bei kleineren hat man damit sicher keinen großen Erfolg.

Zweite Bemerkung: Dieses Automatenwerk kann man nicht nur für Orgeln, sondern auch für jede Art von Saiteninstrumenten verwenden.

Maschinenbau III

Eine automatische Laute auf andere Art bauen

Einige Leute, unter ihnen Robert Fludd, haben auf andere Art einen solchen Automaten hergestellt. Dazu braucht man drei Teile. Der erste erklingt durch harmonisch gespannte Saiten. Der zweite, der zwischen die einzelnen Saiten hineingeschoben wird, schlägt sie an. Der dritte mäßigt durch eine bestimmte Zahl von Gewichten die Anschläge der Saiten.

Konstruktion einer automatischen Laute
mit allen ihren Teilen

Zunächst baue man aus drei Latten aus Tannenholz eine dreieckige Figur BB (wie es die Figur II im Abschnitt Maschinenbau II zeigt [MU B 334]) oder auch in gleicher Weise ein Quadrat. Zwischen zwei von dessen gleichlangen Seiten spanne man ungefähr 40 Drähte, die an Nägeln festgemacht sind, damit sie entsprechend den Gesetzen der Musik gespannt und gelockert werden können. Die Basis muss in der Mitte BB leicht zerteilt werden, damit die mittönende Maschine durch die Öffnungen BB ständig bewegt werden kann. Außerdem wird aus festerem Holz ein Quadrat CDEF gebaut, das durch parallele Gitter aufgeteilt wird. Das ist nichts anderes als eine phonotaktische Rolle, die in die Fläche ausgestreckt ist. Dieses wird zwischen die Seiten der Laute durch die Öffnungen BB so eingeschoben, dass es sich leicht nach unten oder oben bewegen lässt.

Darauf verteilt man dann seine Komposition gemäß der kurz vorher mitgeteilten Projekte mit Hilfe von Zähnchen und Stäbchen so, dass sie von dort nach Belieben entfernt werden können. Das phonotaktische Quadrat soll in der Breite so viele parallele Hölzer haben wie die Tastatur Tasten hat. Der Länge nach soll es in die Takte geteilt werden, welche die Melodie erfordert. Im Zentrum jeder Teilung entstehen Öffnungen, durch die kleine Federchen eingeführt werden, die sich alle gleichen und die leicht zum Anschlag einer Saite gebogen werden und eine angeschlagene Saite wieder in ihre Ausgangsposition zurückgehen lassen können, wie es bei den Cembali üblich ist. Damit einmal angeschlagene Saiten nicht länger klingen, als es angebracht ist, werden über den Federn andere Plektren angebracht, die mit dünnem Tuch überzogen sind <336> und die verhindern, dass der Ton einer bereits angeschlagenen Saite anhält und einen Missklang bildet mit dem Ton von Saiten, die danach angeschlagen werden.

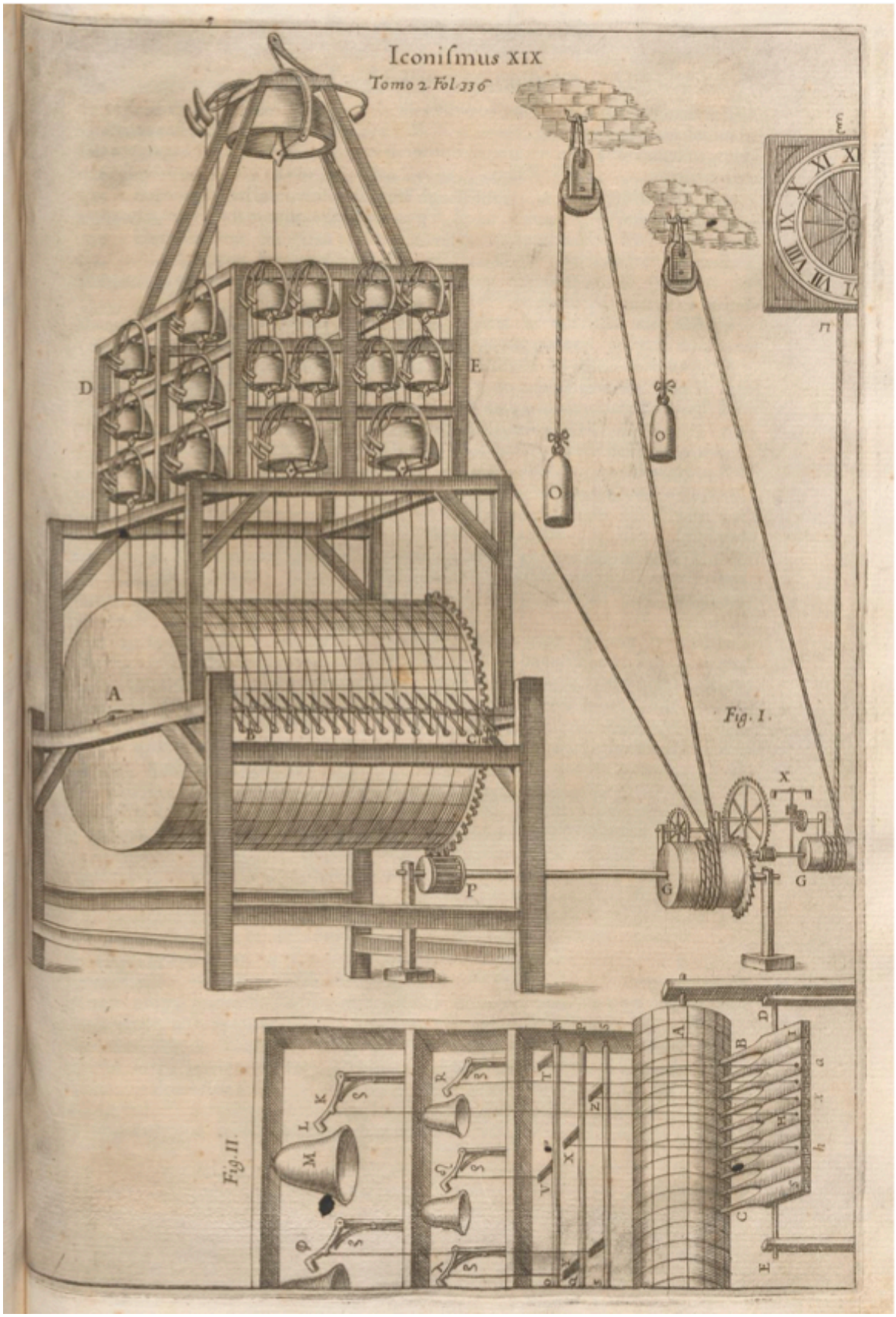
Der dritte für die Musikerzeugung notwendige Teil des Barbitons besteht in den eisernen Zahnrädern von der Art, wie sie bei Uhrmachern üblich sind und wie sie in der Figur III des vorigen Kapitels über Maschinenbau gezeigt werden. Doch um nicht durch den Schwall an Worten zu verwirren, hielten wir es für gut, den Bau der ganzen Maschine oben in den Figuren II und III in Kapitel II über den Maschinenbau dem Leser vor Augen zu stellen.

Doch ist noch anzumerken, dass diese Maschine in ihrer Bewegung ein hohes Maß an Gleichmäßigkeit erfordert, ohne das man nichts erreicht. Zudem hat sie den Nachteil, dass man sie, so oft sie man sie hat herabgehen lassen, ebenso oft wieder zurückziehen muss, was nicht ohne Mühe abgeht.

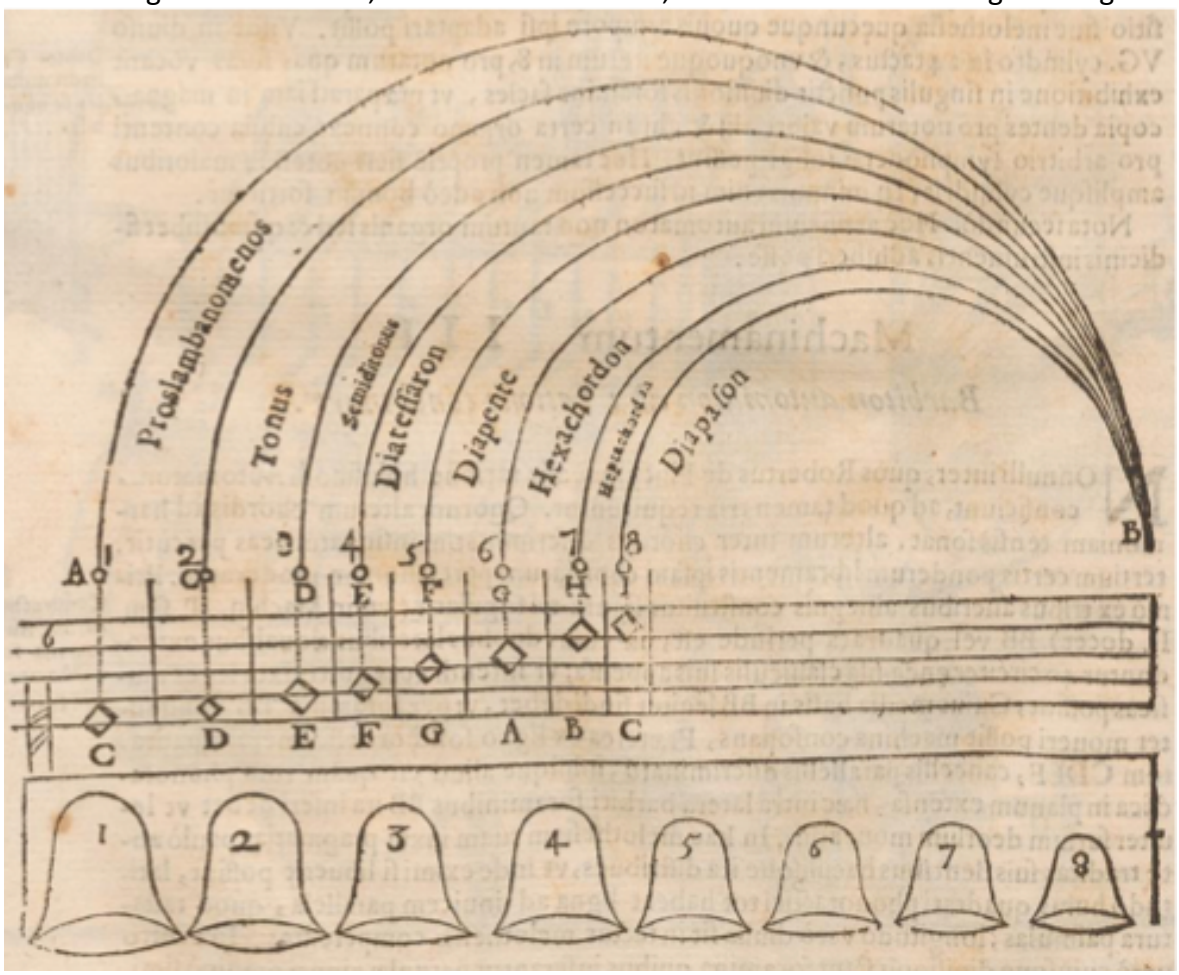
Maschinenbau [IV]

Einen Glockenautomaten bauen, siehe Abbildung XIX

In mehreren Städten beider Deutschlands findet man Maschinen dieser Art, zur großen Bewunderung der Fremden. Ihre Konstruktion ist dieselbe wie bei dem vorhergehenden Automaten. Sie werden nämlich entweder durch Wasser oder durch Metallplatten oder Gewichte zum Klingen gebracht. Im ersten Fall müssen Windkammern und Rollen gemäß der mitgeteilten Verfahrensweise gebaut werden. Im zweiten Fall kann dies auf verschiedene Weise erreicht werden, entweder durch die Drehvorrichtung aus dem vorhergehenden Maschinenkapitel oder durch Federn und Platten aus Stahl, die in einem Zylinder kräftig


Iconiſmus XIX
Tomo 2. Fol. 336
D
E
A
Fig. I.
X
G
G
P
Fig. II.

zusammengedrückt werden, oder durch Gewichte, wie wir es hier in der Figur I dargestellt



haben. Dort drehen die Gewichte OO die Zylinder GG. Diese drehen durch ihre Drehung <337> des Triebs P – im Volksmund *rocchetto* genannt – den phonotaktischen Zylinder A. Der dreht sich und drückt dabei mit seinen harmonisch angeordneten Zähnen die Zähne der Tasten BC nieder. Wenn diese niedergedrückt werden, schlagen sie über Achsen die Hämmerchen an die entsprechenden Glöckchen und so entsteht die Harmonie. Damit sich der Zylinder gleichmäßiger dreht, wird, wie es die Figur I in der Abbildung XIX zeigt, ein Zeitmesser X angeschlossen, und zwar genauso wie man das bei Uhren macht, wo ja meist zwei Zylinder eingebaut werden, von denen der größere für das Rad A bestimmt ist, das gedreht werden muss, der zweite dazu dient, mit der Zeiger ξπ die Stunden anzuzeigen. Die Glocken oder Glöckchen müssen nach den Regeln der Harmonie gegossen werden. Wie das geschehen muss, haben wir in der *Musica organica* bei der Behandlung der Glocken gezeigt. Auch die Zeichnung oben zeigt es schön.

Dort stellt der Durchmesser AB der größeren Glocke den Durchmesser für den Ton C *sol, fa, ut* dar, CB den Durchmesser der zweiten Glocke für den Ton D *la, sol, re*, DE den Durchmesser der dritten Glocke für den Ton *E la, mi, re*, EB den Durchmesser der vierten Glocke für den Ton F *fa, ut*, FB den Durchmesser der fünften Glocke für den Ton G *sol, re, ut*, GB den Durchmesser der sechsten Glocke für den Ton A *la, mi, re*, HB den Durchmesser der siebten Glocke für den Ton B *fa*, b *mi*, IB schließlich den Durchmesser der achten Glocke C *sol, fa, ut*, wie es die angefügte Figur schön zeigt. Wie man die Durchmesser ermittelt, haben wir ausführlich im sechsten Buch, Kapitel II gezeigt, wohin wir den Leser verweisen. Platz oder Position der

Glocken kann auch unterschiedlich sein. Mir hat der gefallen, der nach Art eines Türmchens gestaltet ist, wie man das in der Abbildung XIX sehen kann. Dort ist A der phonotaktische Zylinder, der in seinem Inneren durch die heftige Zusammenpressung und Zusammenrollung von Stahlplatten herumbewegt wird. Er bewegt mit seinen Zähnen die Plättchen BC, die in einer Reihe angeordnet sind. Diese heben durch an ihnen befestigte Drähte die Hämmerchen der zu ihnen gehörenden Glocken im Türmchen an. Wenn diese dann wieder in ihre Ausgangsposition zurückkehren, schlagen sie an die Glocken in harmonischer Weise an. So entsteht, wie gesagt, der gewünschte harmonische Effekt. Die Hämmerchen müssen durch einige Federn, die wir in der zweiten Figur mit ρ bezeichnet haben, festgehalten werden, damit sie nicht auf den Glocken liegen bleiben, wenn sie angeschlagen haben, sondern ein wenig zurückgezogen werden, um eine Vermischung und Überdeckung von Tönen zu vermeiden. Doch erklären wir die Sache besser an der Figur II in der Abbildung XIX.

A soll also die phonotaktische Rolle sein, das entsprechend der Melodie mit Zähnen ausgestattet ist. BC soll der Abakus oder das Claviarium sein, dessen Tasten 1 ½ Fuß lang und mit einem eisernen Stab gleichsam ihrer Achse DE befestigt sind. I und S grenzen die Tastatur ein. Jede Taste hat unter der Linie DE einen Ring, an dem ein Draht befestigt ist, die Drähte aber sind mit den Hämmerchen für die Glocken verbunden, wie man an dem Draht HK, dem Hämmerchen KL und der Glocke M sehen kann. So kann gleich der automatisch sich drehende Zylinder A, wenn er sich mit seinen harmonisch angeordneten Zähnen am äußeren Enden der Tasten an BC reibt und indem er hochdrückt sie herunterdrückt, wodurch die Tasten IS niedergedrückt werden, die mit Draht an DE wie an einer Hebelunterlage befestigt sind. Durch das Herunterdrücken zieht der Draht HK das Hämmerchen KL nieder, das schließlich an die Glocke M anschlägt und so den gewünschten Ton erzeugt. Genauso geht es mit den anderen Drähten. Weil jedoch die Glocken immer größer und größer werden, können die Drähte nicht immer in gerader Linie zu ihren Hämmerchen gezogen werden. Damit aber die verschiedenen Drähte sich nicht durch Umwege verheddern, sind von den Baumeistern einige eiserne Querstangen eingebaut worden, die man landläufig *cadentiae* nennt, wir aber Achsen [axes], die an einigen Stellen gleichsam Ärmchen haben, an denen zwei Drähte festgemacht sind. Einer davon hebt das Hämmerchen an, der andere bewegt den eisernen Zweiarmer [dybrachium] der mit der Taste verbunden ist. Diese Achsen oder cadentiae sind in der Figur II mit den Buchstaben NO, PQ und SS bezeichnet, sie haben jeweils zwei Ärmchen, weshalb wir von einem „Zweiarmer“ sprechen. Sie sind mit den Buchstaben TV, XY und Zβ bezeichnet, an denen die Drähte festgemacht sind, von denen die ersten T, X und Z mit den Tasten a, h und x verbunden sind, die anderen drei V, Y und β mit den Hämmerchen δ, ϕ und λ. So kommt es, dass die Tasten a, h, x niedergedrückt werden, die drei Ärmchen T, X, Z die Achsen drehen, T die Achse NO, X die Achse PQ und Z die Achse SS. Infolge der Drehung und des Drucks werden auch die anderen Ärmchen V, Y und β niedergedrückt. Durch Druck nach unten gedrückt, stoßen sie die Hämmerchen δ ϕ und λ, mit denen sie durch Drähte verbunden sind, an die Glocken und so wird schließlich die gewünschte Harmonie erzeugt. Mit diesem Verfahren kann man den Glocken jeden beliebigen Platz zuweisen. Doch zeigt das die Figur in allen Stücken noch besser.

<338> Maschinenbau V

Schwebende Räder mit Zimbeln; siehe Abbildung XX

Ursprung des Glocken-Sterns in der Fuldaer Kirche

Diese Maschine, die man nirgends außer in der Kirche des Klosters in Fulda sehen kann, halte ich für wert, hier ein wenig genauer zu beschreiben. Als der Heilige Bonifatius den Bau der Kirche am besagten Ort abgeschlossen hatte und sich voll und ganz der Bekehrung der Seelen widmete, geschah es, dass er unter anderen adeligen Damen auch eine Engländerin bekehrte. Da sie anstelle einer Gottheit einen goldenen Stern angebetet hatte, wollte sie, zu Christus bekehrt, dass gleichsam als Denkmal für ihre Bekehrung dieser goldene Stern, der mit unzähligen Klingeln zum Tönen gebracht wurde, in der von Bonifatius gegründete Kirche aufgestellt werde. Nachdem er einige Jahrhunderte als schönster Schmuck der Kirche überdauert hatte, geschah es, dass sich der Abt infolge ausgebrochener Kriegswirren aus Geldmangel gezwungen sah, den goldenen Stern abzubauen und ihn für den Unterhalt des Militärs in Zahlung zu geben. Doch damit ein so bedeutendes Denkmal nicht zugrunde gehe, ließ er einen bronzenen Stern von derselben Form und Größe und dem vorigen gleich aufstellen, der bis zum heutigen Tag in der besagten Kirche, zum Staunen aller, nicht weniger angenehm anzuschauen ist als vielmehr auch mit einem lieblichen Geräusch vernommen werden kann. Beide Enden seiner Achse hängen an seidenen Seilen, die mit einzigartiger Kunstfertigkeit geflochten sind und von dem höchsten Punkt des Kirchendaches herabgelassen werden, so dass der Stern in der Luft schwebt, wie man es an der Figur IV sehen kann. Die besagten Seile werden über dem Dach an einer Achse im Kreis herumgeführt. Wenn darin ein Mensch herumgeht, dann dreht er den Stern, der mit 14 Strahlen geschmückt ist, von denen jeder vom Mittelpunkt aus bis zur Spitze eine Länge von 12 Fuß hat. Diese sind mit unzähligen Glöckchen ausgestattet, und wenn sich das Rad dreht, gibt es ein Geräusch, das, obwohl sehr stark und heftig, dennoch für die Ohren lieblich, recht angenehm und majestätisch ist (zumal wenn es zu größeren Feierlichkeiten und gemeinsamen Feiern der Bürgerschaft zusammen mit der weit und breit größten Orgel erklingt). Ich bin der Meinung, dass ich an dieser Stelle die gewissenhaft genaue Darstellung des besagten Sterns nicht weglassen sollte, die der hochberühmte und verehrungswürdige Abt des Fuldaer Klosters Joachim, Fürst des Heiligen Römischen Reichs und kaiserlicher Erzkanzler durch seinen hochgelehrten Sekretär Herr Christoph Emer mir hat schicken lassen. Er war fähig, sie nicht nur mit seiner Hand, sondern auch mit seinem Verstand getreu dem Original zu zeichnen. Wie sie aussieht, siehe Abbildung XX.

Beschreibung der Maschine mit den Zimbel oder des schwebenden Sterns in der Basilika des Fuldaer Klosters, den man allgemein goldenes Rad nennt und der es im höchsten Maße verdient, angeschaut und angehört zu werden

Figur I

Aus welchem Metall dieser hängende Stern gestaltet ist, konnte man bisher nicht in Erfahrung bringen. Es scheint aber, dass er teils gegossen, teils gehämmert ist. Mit seiner Form und Figur verhält es sich so: Sein innerer und vorderer Teil, auf dem man eine Inschrift lesen kann oder der zum Ostchor ausgerichtet ist, ist in der Figur 1 als Zeichnung sichtbar. Der hintere Teil zeigt gegen den Westchor und kann angeschaut werden, wenn man das Papier gegen das Licht hält. Der Durchmesser der ganzen Maschine beträgt vom Punkt der äußersten

Spitze eines Strahls bis zu dem Punkt der Spitze eines anderen auf der Gegenseite abzüglich der dort herabhängenden Glöckchen vierundzwanzig von denen Fuß, die unsere deutschen Handwerker „ein Werck schuh“ nennen, von denen einer aus zwölf Daumen besteht. Die Längeneinheit eines halben Fußes ist auf der Figur III unter der Abbildung der Achse eingezeichnet. Die Besonderheit der Aufteilung der wichtigsten Teile und der Proportionen dieses Rads bezüglich ihrer Rundungen, Abmessungen und Strahlen kann man mit Hilfe eines Zirkels leicht aus der Zeichnung ablesen. Dieser Stern besteht aus vierzehn Strahlen. Was den inneren Schmuck dieses durchsichtigen und sehr kunstvollen Werks angeht, so sind die Strahlen so unterschiedlich, dass keiner einem anderen darin entspricht, sondern einander völlig unähnlich sind. Ähnlich und gleich ist jedoch der äußere Schmuck mit Bewahrung der Proportion. An jedem beliebigen Strahl waren mindestens neunzehn teils Glöckchen, teils Klingeln. Auch wenn einige herabgefallen sind, hängt das meiste jedoch bis heute. Die Glöckchen und Klingeln sind nach der Konstruktion [calcatione] *einer Maschine in Form eines Flaschenzugs nach Länge* <339> *und Lage der Achse in bestimmten Tonabstufungen gefertigt. Wenn der oben im Dach der Kirche angebrachte Stern sich dreht, wobei seine unteren Strahlen Richtung Süden aufsteigen und seinen oberen Richtung Norden absteigen, und dazu noch mit der Orgel und Musik erklingt, geben sie einen sehr angenehmen Klang von sich. Im Zwischenraum zwischen dem ersten und zweiten Kreis im Innern kann man einen Schriftzug erkennen, der freilich schwer zu lesen ist mit seinen altertümlich ausgestanzten Buchstaben. Er ist so angeordnet und aufgeteilt, wie es die Figur I zeigt. Ich lese ihn so: „Im Jahre des Herrn eintausend vierhundert fünfzehn“, auch wenn Pater Brauner in seine Chronik der Altertümer Fuldas, Buch 2, Kapitel 17, wo er dieses Rad und seine Entstehung erwähnt, an der letzten Stelle die Zahl XIV gesetzt hat und eine Eins weggelassen hat. Im Zwischenraum zwischen den beiden kleineren Kreisen, von denen der kleinste ganz nah bei der Achse liegt, sind, nicht leicht erkennbar, einige Tiere sichtbar, wie zum Beispiel Pegasi, Hirsche, Drachen, Reiter und ähnliche. Übrigens wird in dieser ersten Figur, wie oben schon gesagt, freilich nur der innere Teil des Rads zur Anschauung gebracht, weggelassen sind dabei die Seile* [funes]*, Stangen* [bacilli] *oder Bänder* [retinacula]*. Wenn man sie auch hätte abzeichnen müssen, hätten sie den ungestörten Blick auf den inneren Teil und seinen Schmuck behindert. Eine Abbildung des äußeren Teils oder seiner Stangen kann in der zweiten Figur besichtigt werden.*

Figur II

In dieser Figur sind einige Stäbe oder auch die Seile zur Anschauung gebracht, die, wie schon erwähnt, in der ersten Figur mit Absicht weggelassen wurden. Die längeren dieser Seile reichen von der inneren Spitze eines beliebigen Strahls a bis zum äußersten Punkt der Achse b innerhalb der Schleifen der Seile, denn wenn sich bis zum Pol der Achse oder darüber hinaus erstrecken würde, würde es das Rade am Vollzug seiner Kreisbahn hindern, wie es in der Figur III deutlich wird. Die kürzeren Stäbe reichen vom Winkel zweier Strahlen, die nebeneinander laufen, im äußersten und größten Kreis c bis zum inneren Teil des Rads, der in der Figur III dargestellt ist.

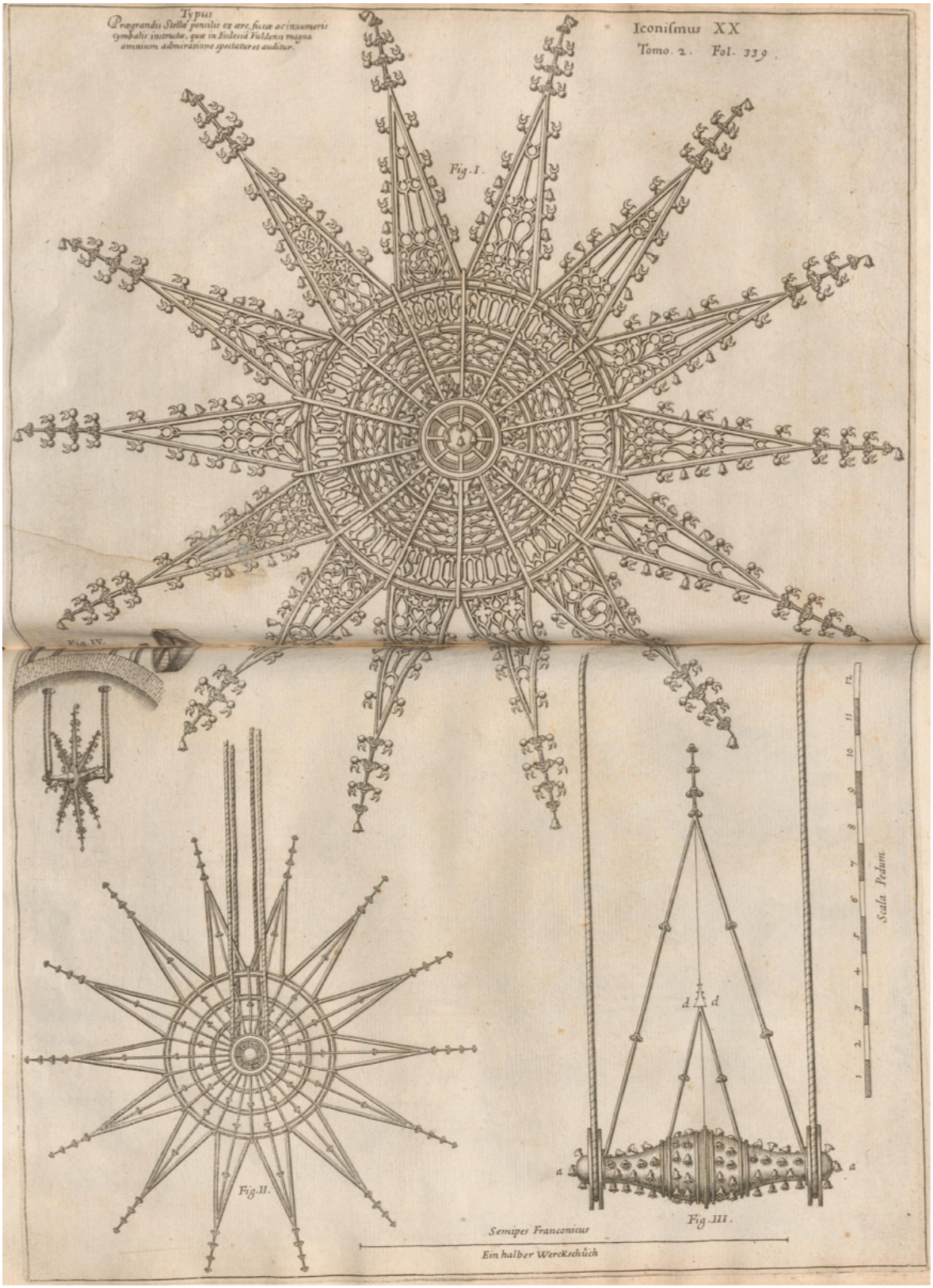


Abbildung des großen Sterns, der aus Erz gegossen und mit unzähligen Zimbeln versehen ist und den in einer Kirche in Fulda alle mit großer Bewunderung anschauen und hören können

Figur III

In dieser dritten Figur kann die sieben Fuß lange Längsachse, an ihren Polen mit a bezeichnet, ansehen. Man sieht auch, wie ein Strahl von der Seite betrachtet aussieht zusammen mit seinen längeren Stäben oder Seilen und die Rollen außen mit ihren kürzeren. Die längeren Stäbe erstrecken sich nämlich von der unteren Spitze des Strahls b bis fast zum Ende der Achse innerhalb der Schleife der Seile c. Die kürzeren Stäbe erstrecken sich vom Winkel zweier Strahlen, die zusammenlaufen, mit d bezeichnet, bis zum inneren Teil der Achse und zu dem mit c bezeichneten Ringlein. Und so sieht auch der Blick von der Seite auf die anderen Strahlen und Stäben mit der Achse aus. Es wäre höchst schwierig, dieses Rad ganz von der Seite und aus schräger Perspektive zu zeichnen, weil doch die Linien der Strahlen, Stäbe und der übrigen Ornamente sich verschiedentlich überschneiden und so den richtigen Anblick meist verhindern. Anzumerken ist, dass auf beiden Seiten des Rads, sowohl der nach Osten wie der nach Westen ausgerichteten, solche Stäbe angebracht sind, von denen die längeren zwei, der kürzere nur einen Knoten hat, wie das aus der Abbildung hinreichend deutlich wird.

Folgerung

Wie das Glocken-Rad in ständige Bewegung gebracht werden kann

Hieraus ist ersichtlich, dass dieses Glocken-Rad höchster Bewunderung würdig sein wird, wenn es mit harmonisch gegossenen Glöckchen und Klappern [crotalum] von unterschiedlicher Form ausgestattet wird, so dass ein Strahl mit Glöckchen von einer bestimmten Art bestückt wird, ein zweiter mit Klappern, ein dritter mit Zimbeln und einer ähnlichen Art von Klingeln. Es ließe sich auch einrichten, ein solches Rad ohne jede Unterbrechung laufen zu lassen, wenn nämlich außerhalb der Kuppel der Kirche eine Windmaschine nach Art einer Windmühle gebaut würde und so das innere Rad antriebe. Wir überlassen es einfallsreichen Architekten, all dies in die Tat umzusetzen.

Maschinenbau VI

Eine automatische Maschine konstruieren, die ein Zusammenspiel von Saiteninstrumenten jeder Art darbietet

Ich werde hier den Bau eines neuen und vielleicht bisher noch nie gehörten Clavicymbels lehren, das mit seinem Klang das Zusammenspiel von Lyren aufs Vollkommenste und zur höchsten Verwunderung von allen darbietet. Man gehe so vor:

<340> Das Instrument ABCD soll ungefähr eine Länge von 6 Fuß haben. Die Fläche oben soll nach außen gewölbt sein, wie es gewöhnlich bei den größeren Saiteninstrumenten [chelys] üblich ist, die man in der barbarischen Sprache Violonen nennt.

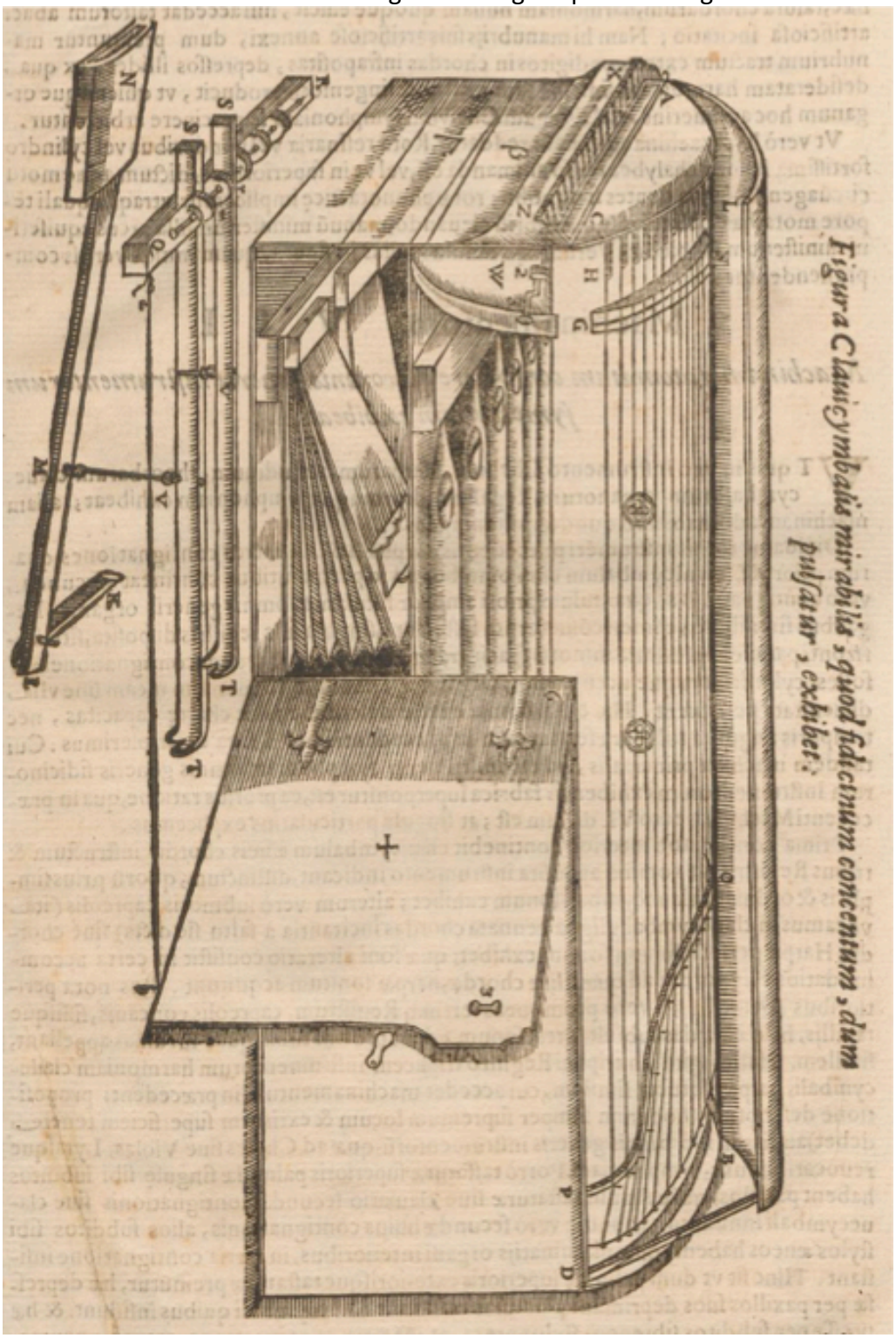
Dann wird ein Rad mit dem Durchmesser von 4 Handbreit gemacht, dessen Breite nur 2 oder 3 Finger dick sein soll. Dieses an seiner Achse drehbare Rad setze man mit solchem Geschick in den Körper des Instruments, dass nur der sechste Teil des Radumfangs aus dem gewölbten Oberteil des Instruments herausragt. Wir haben hier das aus dem Oberteil herausragende Teil des Rads mit den Buchstaben NG bezeichnet. Zu diesem Rad sollen die gebogenen Seitenteile AC und BD parallel, gleich hoch und gleich gewölbt sein. Ist das gemacht, wird das Instrument mit Saiten aus Eingeweiden von Tieren versehen (Metallsaiten sind hier fehl am Platz) von der Stärke und Dicke, wie es bei Harfen üblich ist, so dass die größere Saite immer

der Taste für den tiefsten Ton C *sol, fa ut* zugeordnet ist. Die anderen Saiten, die mit proportionierter Abnahme immer kleiner und kleiner werden, werden nach den in der Reihe folgenden Tasten angeordnet, wie bei Harfen üblich. Hat man 49 Saiten (so viel natürlich wie der Abakus des Clavicymbels Tasten hat) im gewölbten Oberteil gespannt, hat man schon die ganze Arbeit erledigt. Den Abakus mit den 49 Tasten bezeichnen hier die Buchstaben XZ. Damit die Länge der einzelnen Saiten proportional ist, klebt man einen Steg oder die gekrümmte Stütze OP an das gewölbte Oberteil des Instruments, welches, indem es die herausgezogenen Saiten mit Nägeln spannt, deren Länge zwischen P und O bestimmt.

Die Saiten werden am Endpunkt BD mit anderen eisernen Nägeln oder mit Hölzern befestigt, an der Außenseite AC werden Wirbel angebracht und um die Saiten herumgelegt, mit denen sie gespannt und gelockert werden können entsprechend dem Belieben dessen, der sie einstimmt. Doch berühren die Saiten nicht das Rad GN, sondern haben vom seinem äußeren Umfang einen Abstand von ¼ Fingerbreite. Die Hebel [manubria], die wir auch Springfedern [choragia] nennen, werden im Raum HL angebracht, so dass jede Saite ihren Hebel hat. Diese werden inwendig mit den sich absenkenden Stäben für die Tasten des Abakus so verbunden, dass, sobald die Tasten der Tastatur niedergedrückt werden, der Hebel durch diese Verbindung mit den Stäben der Tasten auch nach unten gezogen werden, und die entsprechenden Saiten sich am Rad reiben. Wenn dies zuvor rundherum mit Harz eingestrichen und bestens mit Kolophonium-Harz eingerieben ist, gibt es schließlich den Klang von Saiteninstrumenten wieder. Um das noch besser verstehen zu können, schien es gut, den verborgenen Mechanismus gesondert vorzustellen.

In dem Raum HL soll ein gekrümmter Bogen oder eine Stütze aus Holz sein, in das so viele Aussparungen eingeschnitzt werden, wie das Instrument Hebel oder Saiten hat, durch die man einen Draht aus Eisen oder Erz und auch zugleich durch die Enden der Hebel führt, so dass diese um den Draht wie um eine Achse angehoben und niedergedrückt werden können. Doch wollen wir die Sache an dem einen oder anderen Hebel und Taste gründlicher erklären. N soll eine Taste des Abakus oder der Tastatur sein und ihr Stab soll NML sein, der sich auf einen ihm untergeschobenen hölzernen Riegel KL stützt. SVT stellen die Hebel dar, die innerhalb der Aussparungen *rm* der Stütze QR durch den Draht hindurchgeführt und befestigt werden. Die Hebel sollen an V kleine Ringe haben, durch die der Draht mit den Ringen am Stab der Taste NL verbunden wird in M. Am Punkt T soll das Ende der Hebel ein wenig gebogen sein, damit es mit dieser Krümmung die Saiten in T leichter fassen kann. Die Saite *ab* soll aber unmittelbar unter dem Hebel geführt werden, jedoch so, dass sie das Ende des Hebels kaum berührt, sondern ein wenig Abstand davon hat, wie es die Saite *ab* zeigt. Sobald nun die Taste N auf dem Abakus oder der Tastatur XZ niedergedrückt wird, geschieht es, dass der Draht MV, der bei M an der Taste und bei V am Hebel befestigt ist, den Hebel SVT mit seinem Ende T an die Saite über dem Rad andrückt, das zuvor durch das Kolophonium-Harz aufgeraut wird. Das Rad bringt die Saite mit seiner Umdrehung zum Schwingen und erzeugt so schließlich den erwünschten Klang von Saiteninstrumenten. Was wir hier über nur eine Taste und einen Hebel gesagt haben, das muss einsehbar auch bei allen anderen so geschehen. Das Rad im Instrument ist mit NG bezeichnet, das mit Zähnen so bestückt sein soll, dass sie von der Kurbel, im Volksmund *rocchetto* genannt, mit Ziffer 2 bezeichnet, erfasst werden und das Rad durch das Gelenk oder den Griff 2.3, der mit seiner Achse durch die Öffnung Z hindurchgeführt wird, von außen gedreht werden kann. Das kann geschehen entweder mit Hilfe eines Menschen, automatisch oder durch eine andere schlaue Idee. Darüber ist oben schon etwas gesagt worden und wird auch im Folgenden noch etwas gesagt werden.

Dies ist daher so richtig durchgeführt. Auf den 2 oder 3 Finger breiten Reifen des Rads mit seinem sechsten Teil der aus dem Instrument herausragenden Rundung soll man entweder Harz oder Kolophonium-Pech nicht zu knapp aufstreichen, oder wenn ein Baumeister geschickt ist, wird er es mit gut geflochtenem Rosshaar, das vorher eingerieben wurde, völlig <341> umwickeln und so die Oberfläche gleichmäßig bespannen. Es geschieht nämlich, dass



das Rad NG mit seiner Drehung alle Saiten, die nur wenig an es anstoßen, leicht anreißt und so dasselbe wie ein Lyraspieler hervorbringt, der mit seinem mit Rosshaar bespannten Bogen

über die Saiten einer Lyra oder, wie man sie noch nennt, einer Violine streicht. <342> Weil aber das Bestreichen der Saiten noch keine Harmonie garantiert, muss eine kunstvolle Handhabung der Finger hinzukommen, die immer wieder anders die Saiten für die Erzeugung von Harmonie berühren. So bewirkt auch das Rad mit seinem Anreißen der Saiten keine Harmonie, wenn nicht der kunstvolle Anschlag der Tasten des Abakus hinzukommt. Wenn diese, geschickt mit den Hebeln verbunden, niedergedrückt werden, drückt der herabgezogene Hebel die fingerähnlichen Enden herab und schlägt sie auf die darunterliegenden Saiten. Daraus entsteht die gewünschte Harmonie von Saiteninstrumenten so genau und geistreich, dass alle, die diese Orgel hören, glauben, ein liebliches Zusammenspiel von Streichern zu hören.

Um diese Maschine automatisch zu betreiben, muss das mit Harz bestrichene Rad in Gang gesetzt werden, entweder durch Gewichte oder durch einen Zylinder, der mit sehr kräftigen Stahlplatten verspannt ist, oder es wird, wie oben schon gesagt, durch Wasserkraft gedreht. Wenn seine Zähne mit denen eines phonotaktischen Rads verzahnt sind, drehen sich beide gleichzeitig. Letzteres übernimmt so die Aufgabe von Händen, indem es die Tasten und Hebel betätigt, das erste die Aufgabe des Streicherbogens mit dem Rosshaar. Das alles begreift man an der Figur in der Abbildung besser als durch viele Worte.

Maschinenbau VII

Eine automatische Maschine bauen, die das Zusammenspiel einer jeden Art von Instrumenten wiedergibt

Damit man auf nur einem Instrument das Zusammenspiel von Streichern, Harfen, Lauten, Theorben, Cembali, Orgeln, Regalen und anderen [Instrumenten] wiedergeben kann, muss eine andere Maschine ausgerüstet werden, nach folgender Konstruktion:

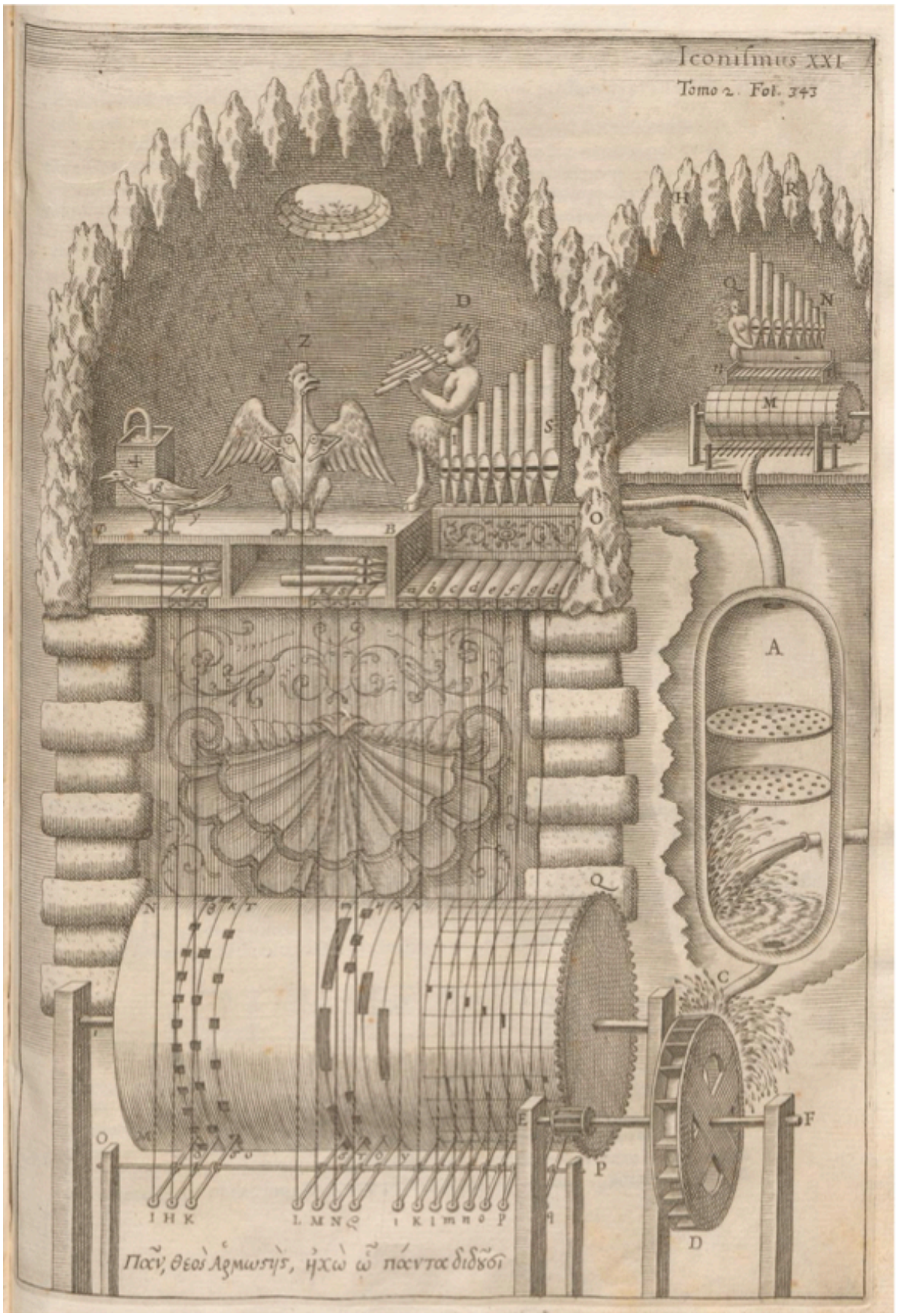
Man teilt den Körper ABCD des gesamten besagten Instruments in drei Stockwerke, von denen das erste XZ das Cembalo enthält mit allem, was dazugehört. Das zweite Stockwerk B, das ein wenig größer ist als das vorige, enthält die Systeme der Pfeifen, die normalerweise in Orgeln aller Art, Regale und ähnliche eingebaut werden, wobei jedes System nach seinen Registern geordnet und parallel zum Horizont gelagert ist, um Platz zu sparen. Das dritte Stockwerk Γ belegen die Blasebälge, Zylinder und Walzen. Orgelbauer haben sicher keine Schwierigkeiten zu verstehen, was ich meine. Das alles hier genau zu beschreiben, erlaubt weder der Platz auf der Seite noch die zeitliche Knappheit, zumal wir das bereits im sechsten Buch beschrieben haben. Über diesen Teil ist der Bau des Hauptteils der Maschine gesetzt, welcher das Zusammenspiel jeder Art von Saiteninstrumenten wiedergibt, und zwar auf die Weise, die bezüglich des obigen Maschinenbaus VI beschrieben wurde. Doch will ich die Einzelheiten genauer erklären.

Das erste Stockwerk enthält das Cembalo, das mit metallenen Saiten ausgestattet ist und in drei Register unterteilt, so, wie es die Bezeichnungen, die neben dem Instrument stehen, bezeichnen. Das erste gibt den Klang eines einfachen, gewöhnlichen Cembalos wieder. Wenn man das zweite unter die „Springer“ [capreolis] (so nennen wir bei den Cembali die mit Federn versehenen Hölzer, die die Saiten anschlagen – sie sind so nach ihren Sprüngen benannt) oder die Saiten setzt, gibt es den vollendeten Klang einer Harfe wieder. Dieser

Klangwechsel besteht in einer bestimmten Ausrichtung der Hölzer, worauf die angeschlagenen Saiten den Harfenklang erzielen. Das ist erfahrenen Baumeistern bekannt. Wenn man das dritte Register mit seinen gewölbten „Springern“ und mit den gespaltenen Klötzchen vorrückt, dann erzeugt es einen Klang, der denjenigen Trompeten ähnlich ist, die man „gedämpfte“ [surdinae] nennt.

Man erhält also mit den drei Registern den dreifachen Instrumentenzusammenklang, welcher Cembalo, Harfe und Trompete ähnlich ist. Hinzu soll noch die oben beschriebene Mechanik kommen (die muss immer ganz oben sein und einen Platz ganz außen an der Oberfläche einnehmen). Man hört so von dieser Maschine das Zusammenspiel von Instrumenten aller Art, die sich auf Streicher oder Violen und Lyra zurückführen lassen. Der Tastatur der oberen Tastenreihe sind Pflöcke [paxillos] unterlegt, die die Tasten der Tastatur oder der Klaviatur des zweiten Stockwerks oder des Clavicymbels abstützen. Den Tasten dieses zweiten Stockwerks werden andere bronzene Stäbe unterlegt, die innen auf den Plättchen der Orgel im dritten Stockwerk aufstehen. So ergibt sich, dass, wenn die Tasten der obersten, äußersten Tastatur angeschlagen werden, diese folgerichtig durch ihre Klötzchen die Tasten der Tastatur des Cembalos niederdrücken, auf denen sie aufstehen; werden diese niedergedrückt, drücken sie ihrerseits mit den an ihnen unten befestigten Stäben die Plättchen im dritten Stockwerk der pneumatischen Orgel <343> nieder, auf denen sie aufsitzen. Werden die Plättchen durch den Druck der Stäbe geöffnet, lassen sie den komprimierten Wind in die Kanäle und so entsteht das Zusammenspiel auf dieser Orgel.

Will man nun erfahren, wie die Register automatisch spielen können, dann beachte man folgendes im Einzelnen: Das mit Harz bestrichene Rad NG bewegt sich auf die Art und Weise, wie wir gelehrt haben, dass Räder bewegt werden können: durch Metallplättchen, die im Zylinder H kräftig verspannt werden, durch Gewichte oder durch fließendes Wasser. Wenn dieses Rad an den Saiten kratzt, erzeugt es einen ungewöhnlichen Klang und bewegt zugleich mit dem Rad in der Mitte den phonotaktischen Zylinder durch die Verbindung der ineinandergreifenden Zähne. Zähne wiederum, die auf dem kreisenden phonotaktischen Zylinder entsprechend der Melodie angeordnet sind, erfassen die Zungen außen auf den Tasten der Klaviatur QP, drücken sie mit den Hebeln nieder, die die Saiten anschlagen, und erzeugen so die Harmonie und den Zusammenklang von Streichern und Lyren aller Art. Diese Tasten wiederum drücken, ohne dass man es sieht, durch die unten an ihnen angebrachten Stäbe die Tasten des Cembalos auf dem zweiten Stockwerk nieder und erzeugen so entsprechend dem dreifachen Register den dreifachen Zusammenklang von Zimbeln, Harfen und Trompeten. Die Tasten des Cembalos drücken durch die unter ihnen angebrachten eisernen Stäbe die Plättchen der Orgel nieder, die im dritten Stockwerk, der Sicht entzogen, angebracht sind, und lassen so die Luft in die Kanäle, die je nach Anordnung der Register bald den Zusammenklang von Pfeifen, bald den von Regalen oder auch Flöten erklingen.


Iconismus XXI
Tomo 2. Fol. 343
Z
D
S
O
B
H
R
N
M
V
A
C
Q
E
F
P
D
I H K
L M N
i k l m n
Πᾶν, θεοὶ ἁρμωνίᾳ, ἠχὼ ὦ πάντα διδῶσι

Diese Sache lässt sich entsprechend der Steuerung durch die Register mit schier unendlicher Variationsmöglichkeit abwandeln so dass man einmal das Zusammenspiel von Streichern vernimmt, dann das von Harfen, Trompeten oder Zimbeln, kurz darauf den Wohlklang einer Orgel oder von Pfeifen aller Art und schließlich den Zusammenklang aller vielfältig vermischt. So wird auf nur einem Instrument der Klang von Musikinstrumenten aller Art wiedergegeben, ohne dass jemand besagtes Instrument spielt. Doch kann man meine Ansicht aus der beigefügten Abbildung noch leichter verstehen, ist es doch nicht möglich, alles in seinen Einzelheiten so genau darzustellen. Ein wissbegieriger Leser, der sich bereits an den vorausgegangenen Abbildungen geübt hat, wird einer Abbildung, wie immer sie gestaltet ist, leicht entnehmen, was ich meine.

Maschinenbau VIII

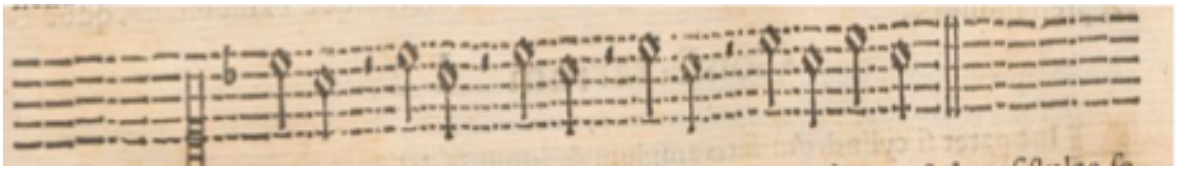
Eine automatische Orgelmaschine bauen, die Tierstimmen und den Gesang von Vögeln wiedergibt

Siehe Abbildung XXI

Damit diese Maschine alles kunstgerecht wiedergibt, halten wir es für richtig, zuerst die Bewegungen von Tieren und ihre Stimmen gesondert zu beschreiben. Wem auch immer daran gelegen ist, zunächst die Laute eines Kuckucks zusammen mit seiner natürlichen Bewegung darzustellen, der soll wie oben an einem Platz mit reichlich Wasser eine Windkammer A installieren, die den zuvor erzeugten Wind durch A in die Windkammer ϕB treibt. Das Wasser, das mit Druck durch die Öffnung C stürzt, dreht das Rad CD. Die Achse EF erfasst mit dem Trieb E die Zähne des Zylinders QP, auf dem man die Vogelstimmen auf folgende Weise darstellt.

Bau eines Kuckucks und seine Stimme

Man forme eine Nachbildung eines Kuckucks, die man auf die Windkammer ϕB stellt. Sein Schwanz und sein Schnabel sollen beweglich sein, was durch die Gelenkhebel α, β, γ bewirkt wird. Wenn die Taste I, an der eine Schnur befestigt ist, niedergedrückt wird, stößt der Hebel β gegen den Hebel α des Schnabels des Tieres und öffnet ihn, hebt aber den anderen Hebel γ an, der mit dem Schwanz verbunden ist. So scheint der Kuckuck mit dem Schwanz zu wedeln und mit dem Schnabel zu singen.



Seine Stimme stellt man auf dem Zylinder so dar: Im Inneren der Windkammer ϕB verbirgt man zwei Pfeifen, die sich um eine kleine Terz unterscheiden, wie die Noten das hier zeigen, und an welche die entsprechenden zwei Plättchen *r, t* mit Drähten befestigt sind, deren Verwendung wir ein wenig später erklären werden. Ist das gemacht, steckt man auf die Achse OP drei Handhebel I, H, K, deren Enden die Zähne der phonotaktischen Rolle PQNM erfassen. Auf dem Rad stellt man die Stimme des Kuckucks gemäß den oben beigefügten Noten so dar: Man zeichnet um den Zylinder herum drei Kreise θο, <344> κσ, τυ. In den ersten, θο, der zuvor in beliebig viele Abschnitte geteilt wurde, setzt man beliebig viele Zähne in eine Reihe,

entweder mit Unterbrechung oder ohne. Denn diese Zähne bewirken nichts anderes als die Bewegung des Kuckucks auszulösen. Wenn man nämlich den Eisendraht Iβ an dem Handhebel oder der Taste HO befestigt hat, über den wir kurz zuvor gesprochen haben, heben, wenn der Zylinder sich dreht, die Zähne Oθ auf dem Zylinder den Handhebel der Taste O an, drücken aber den Draht hinunter nach I, wodurch der Gelenkhebel, der im Körper des Kuckucks festgemacht ist, niedergedrückt wird und mit dem Hebel α den Schnabel des Vogels, mit dem Hebel γ den Schwanz anhebt. Daher tut man gut daran, die Zähne nicht in ununterbrochener Reihe, sondern in unterbrochener auf den Zylinder zu setzen.

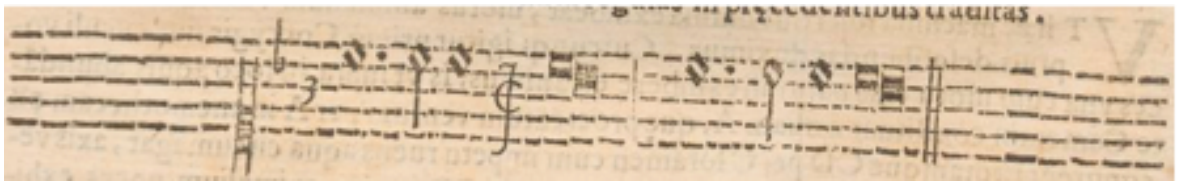
Um jetzt den Ruf des Kuckucks auf den Kreislinien κσ, τυ darzustellen, von denen der erste Ton mit C *sol, fa, ut*, der zweite mit A *la, mi* übereinstimmt, soll man, da zwei Noten einer Zählzeit entsprechen, einen Zahn auf der Linie κσ dorthin setzen, der einen halben Takt einnimmt, und einen zweiten Zahn, der dem ersten gleich ist, auf die Linie τυ, wobei man einen Abstand von einer Semipause lässt, und wiederholt alles abwechselnd, bis der Zylinder voll ist. Danach werden zwei Eisendrähte Hr und Kt an den Plättchen der Tasten *rt* befestigt. Wenn sich nun der Zylinder dreht, drücken die Tasten HK, die abwechselnd von den Zähnen, welche den Ruf des Kuckucks wiedergeben, angehoben werden, die Plättchen *rt* nieder. Durch die herabgedrückten Drähte öffnen die Plättchen die Abdeckungen, und durch diese Öffnungen erzeugt der in die Pfeifen einströmende Wind den gewünschten Ruf des Kuckucks. Mit dem Hebel O I wird, wie gesagt, die Bewegung des Vogels gesteuert.

Folgerung I

Den Ruf eines flügelschlagenden Hahns wiedergeben

Bau und Ruf des Hahns

Auf genau dieselbe Weise stellt man den Ruf eines flügelschlagenden Hahns dar. Es sollen auf den Zylinder nochmals vier weitere Kreisbahnen Mσ, ητ, λο, νγ aufgetragen werden, denen ebenso viele Handhebel Lσ, MT, NO, ργ entsprechen müssen. Man forme aus beliebigem Material den Körper des Hahns Z mit beweglichen Flügeln und Schnabel und setze darunter eine bestimmte Art von Pfeifen, die den Ruf des Hahns wiedergeben können, welche die Orgelbauer kennen. Hinzu kommen noch die Klötzchen RST für die Plättchen, die in der Windkammer φβ eingebaut sind, die man über Drähte mit den Handhebeln L, M, N, ρ verbindet. Auf der ersten Kreisbahn des Zylinders Mσ werden die Zähne angebracht, die die Flügelbewegungen des Hahns wiedergeben, und das nach Belieben in ständiger oder unterbrochener Bewegung. Auf den Kreisbahnen ητ, λο, νγ wird der Ruf des Hahns durch die Zähne nach den Noten wiedergegeben, die hier abgedruckt sind und nach den Regeln, die wir oben mitgeteilt haben.



Wird dann der Zylinder gedreht, hebt er mit den Zähnen, die diesen Noten auf dem Zylinder entsprechen, die Tasten der Hebel MT, NO, ρV an und drückt die Klötzchen der Plättchen RST nieder. Dadurch wird das Plättchen T geöffnet und der in die Pfeifen einströmende Wind gibt den Ruf des Hahns wieder. Der Hebel Lσ öffnet mit dem Draht, der mit weiteren drei Drähten am Knoten δ verbunden ist (zwei für die Flügel, einen für den Schnabel), die Flügel und den Schnabel. Je nach Art der Anordnung der Zähne auf dem Zylinder können wir Ruf und Bewegung des Hahns wiedergeben, was zu leisten war.

Folgerung II

Somit wird klar, dass, wenn man nur einen genügend großen und langen Zylinder verwendet, man mit dieser Erfindung die Bewegungen und die Stimmen aller Tiere wiedergeben kann. Also kann man etwa zwitschernde Stare, gackernde Gänse, krächzende Raben, schnatternde Enten, Wachteln mit ihrem *bikebi* und ähnliche Tierstimmen sowie ihre Bewegungen mit nicht geringerem Vergnügen für die Ohren wie für die Augen wahrnehmen. Wenn wir auch das Trillern der Nachtigall, das oben in ersten Buch dargestellt wurde, auf einem Zylinder mit Noten schön wiedergeben könnten, wäre es meiner Ansicht nach ratsamer, sich die Arbeit zu ersparen und stattdessen das Gackern solcher Vögel mit den überall gebräuchlichen, mit Wasser gefüllten Pfeifen darzustellen, die man allgemein „Vogelgesang“ [cantus avium] nennt. <345> Von solcher Art haben wir hier ein einziges Beispiel angefügt, das mit dem Zeichen + gekennzeichnet ist. Darin sind vier oder fünf Pfeifen unterschiedlicher Größe eingebaut, die dem Verlangen und der Wissbegierde des Lesers hinreichend Rechnung tragen sollen.
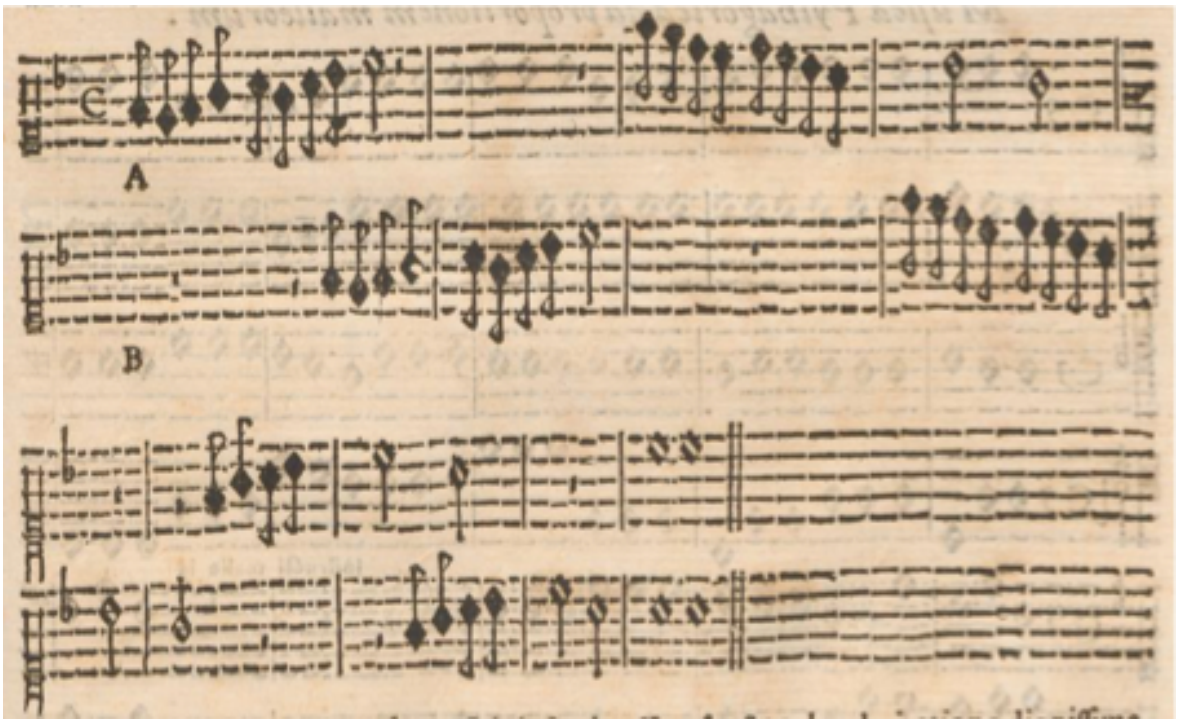
Folgerung III

Wie man den Klang der Syrinx des Pan wiedergibt

Siehe Abbildung XX[I]

Will man den Klang der Panflöte wiedergeben, nehme man acht Pfeifen, die nach den Tönen einer Oktave gestimmt sind. Diese baue man an die Windkammer OB an, die mit ihren Tastenplättchen ausgestattet ist und auch mit den Klötzchen a, b, c, d, e, f, g, a für diese Plättchen und verbinde sie mit ebenso vielen Drähten mit den Hebeln i, k, l, m, n, o, p, q. Auf den Zylinder trage man so viele Kreisbögen wie Hebel auf, darauf setzte man die Zähne entsprechend der Melodie, die man mit der Syrinx spielen will. Wenn man Echo dazu haben will, soll man in einer anderen Höhle HR, die vom Satyr etwas entfernt liegt, die Figur einer Nymphe formen, die die vom Satyr gespielten Weisen zurückwirft. Sie wird sie wiederhallen lassen, wenn man in der Höhle HR einen zweiten phonotaktischen Zylinder M baut, der durch dieselbe Windkammer A bedient wird und den Wind durch den Kanal erhält, den er mit der ersten Syrinx SI gemeinsam hat. Der wird eine ähnliche Syrinx zugeordnet, die mit den Buchstaben QN bezeichnet und mit den Tastenplättchen *nr* ausgestattet ist, so dass die Klauseln der Melodie, die unten in Noten wiedergegeben sind, auf beiden Zylindern in gleicher Weise angeordnet sind. Wenn nun der Satyr D die Klausel A spielt, geschieht es, dass diese gleich darauf die Nymphe Q in der zweiten Höhle HR als Klausel B wiederholt. Die Sache ist einfach und macht keine Schwierigkeiten, besonders wenn der Baumeister das bisher Gesagte richtig

verstanden hat. So vertraue ich darauf, dass statt vieler Worte die hier angefügte Abbildung die Sache noch klarer macht.



Unzählige andere spektakuläre und höchst bewunderungswürdige Schaustücke könnten hier nach den oben vorgestellten angeführt werden, doch wollen wir es dem Geschick der Baumeister überlassen, sie ins Werk zu setzen. Die hydraulische Orgel, die wir auf Anordnung des Pontifex im Quirinalsgarten konstruieren, während wir das hier schreiben, bezeugt hinreichend, dass wir durch die Erfahrung belehrt schreiben. Alles, was an dieser Stelle gesagt ist, haben wir durch die Tat selbst ins Werk gesetzt.

<346> Maschinenbau IX

Einen pythagoreischen Musikautomaten vorstellen, der gemäß der Proportionen der Hämmer der drei Zyklopen gebaut ist
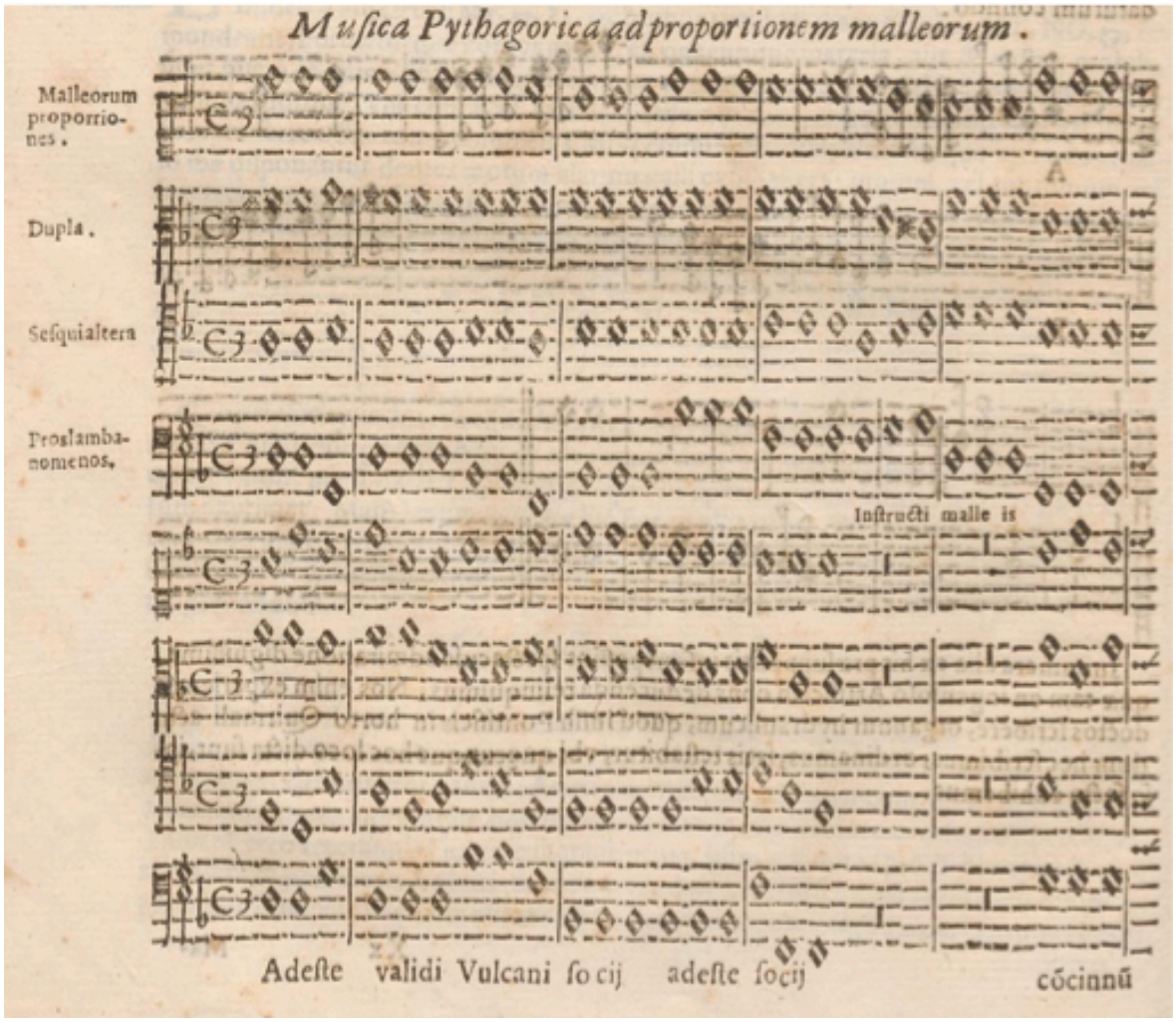
Siehe Abbildung XXII

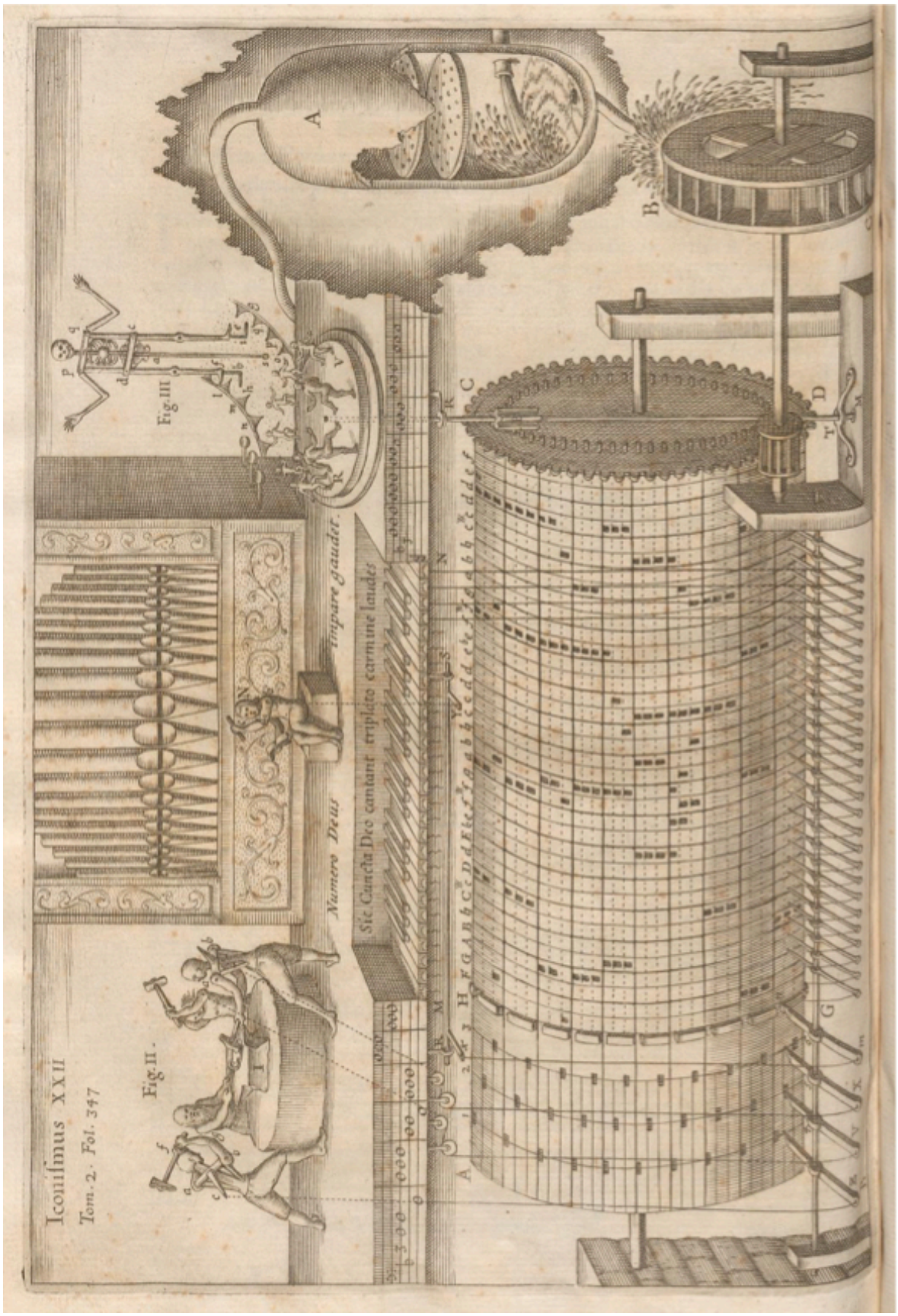
Unter all den übrigen Musikautomaten nimmt der folgende mit Recht die erste Stelle ein. Es handelt sich um pythagoreische Musik, die von Hämmern gespielt wird und die wir schon häufig an unterschiedlichen Orten vor verschiedenen Fürsten unter solchem Beifall und Bewunderung vorgeführt haben, so dass wir dem Wunsch nach Wiederholung kaum entsprechen konnten. Die Musik hat ihren Platz vorzüglich in der geistreichen Aufführung von Komödien.

Die Weise ist achtstimmig und in zwei Chöre aufgeteilt. Das Tempus folgt der Proportio tripla, die Hämmer bestimmen nach ihren Proportionen die Mensur, so dass der größere zum mittleren die Proportio sesquialtera, zum kleineren die Proportio dupla hat.

Die Worte werden Vulcanus angedichtet, der seine Zyklopen dazu antreibt, Waffen für eine besondere Expedition zu schmieden. Auf diesen Ruf hin stellen sie einen Amboss auf, und unter dem dreifachen Klang der Hämmer und dem Schlagen auf den Amboss geben die Sänger für Augen und Ohren ein wunderbares Schauspiel, indem sie der dreifachen Mensur genau mit Stimme, Bewegung und Gestik folgen. Wie wir eine solche Vorstellung, die mit beseelter Stimme, Bewegung und Gestik auch heute noch in Komödien wiedergegeben wird, durch einen unbeseelten automatischen Mechanismus wiedergeben können, wollen wir jetzt sehen.

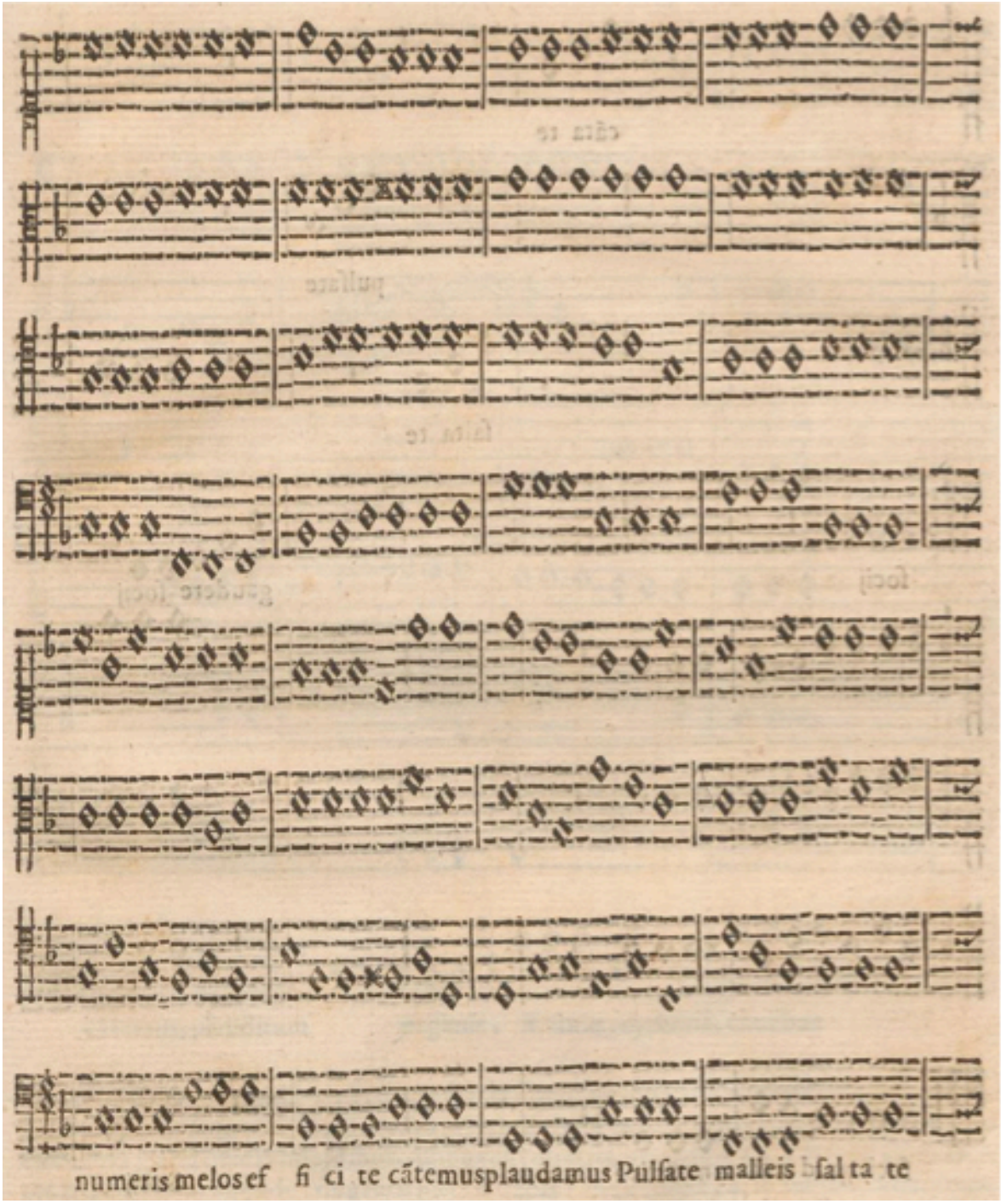
Die Orgel mit allem, was dazu gehört, mit ihren Walzen, der Windkammer und den die Maschine antreibenden Rädern setzen wir als aus dem Vorherigen bekannt voraus. Die pythagoreische Melodie wurde von uns komponiert zusammen mit dem Text und der Proportion der Hämmer. Sie folgt:





Numero Deus impare gaudet – Gott freut sich an der ungeraden Zahl
Sic cuncta Deo cantant triplato carmine laudes – So singt alles Gott im verdreifachten Lied den Lobgesang
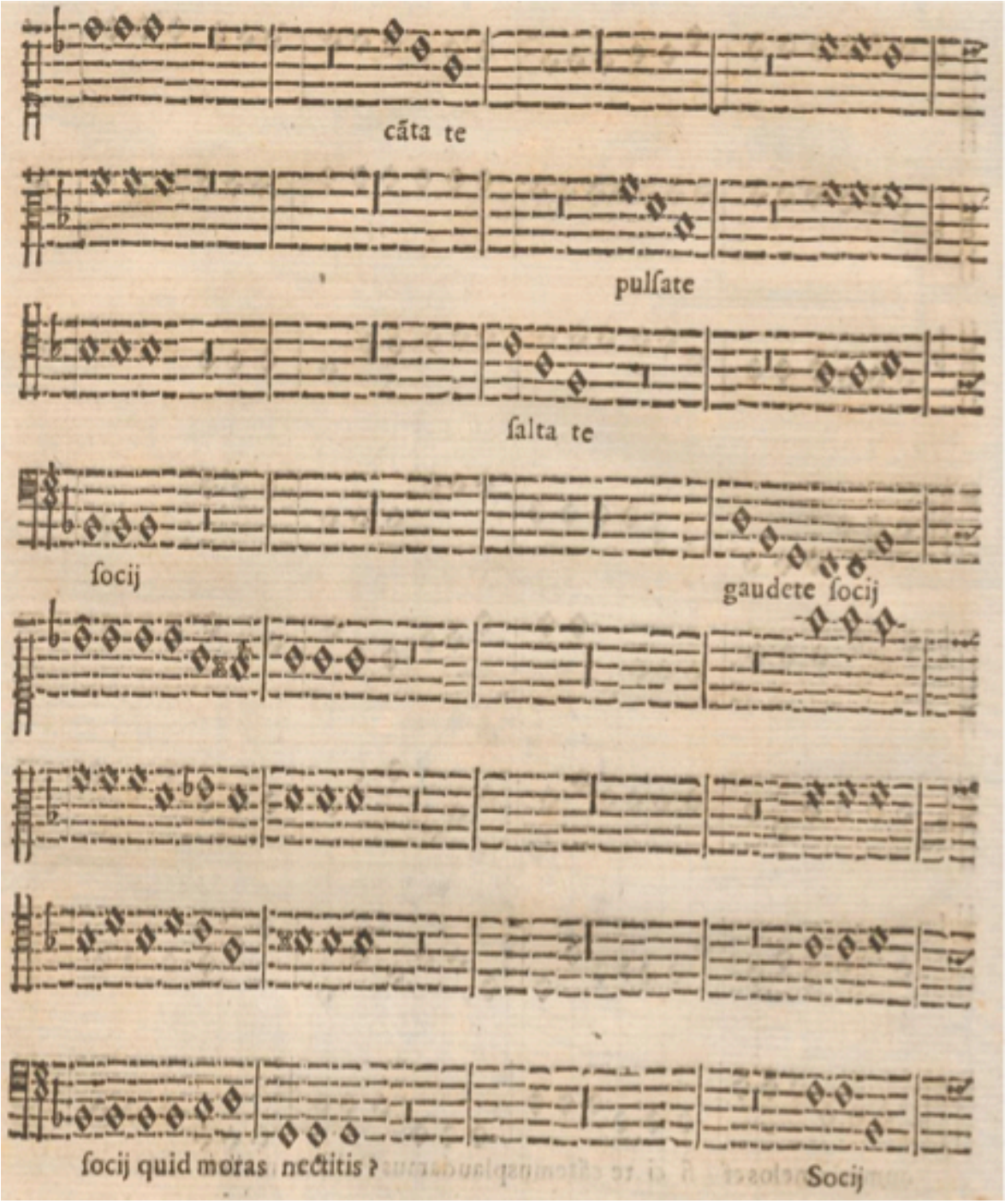
<347>



Dieser Satz, der in der proportio tripla steht und in acht Stimmen aufgeteilt ist, wird in derselben Art und Weise auf den phonotaktischen Zylinder übertragen, wie wir das oben in der zweiten Vorübung [MU B 312] übermittelt haben. Da sie aber aus 54 Tempora, das heißt Takten besteht, wird der ganze Zylinder rundherum in 54 Teile aufgeteilt und dann jeder Teil nochmals in drei weitere Teile, da der Notenwert jeder Note dieser Melodie einem Drittel des Tempus beträgt. Der Länge nach muss der Zylinder entsprechend der Anordnung und Reihenfolge der Tasten so ausgerichtet sein, wie man es oben gemacht sieht. Die Hebel müssen dem Zylinder angepasst werden und durch Drähte mit den Plättchen verbunden werden, die die Windkammer verschließen, wie das oben übermittelt wurde. Ist das getan, überträgt

man die achtstimmig gesetzte Melodie auf den Zylinder und setzt die Zähne an den Stellen ein, die der jeweiligen Note genau entsprechen. Die Darstellung in der Abbildung oben wird das vorgestellte Instrument noch besser erklären. Die Windkammer A, das erste bewegliche Teil, und das Wasserrad CB sollen so bleiben wie bei dem Automat oben.
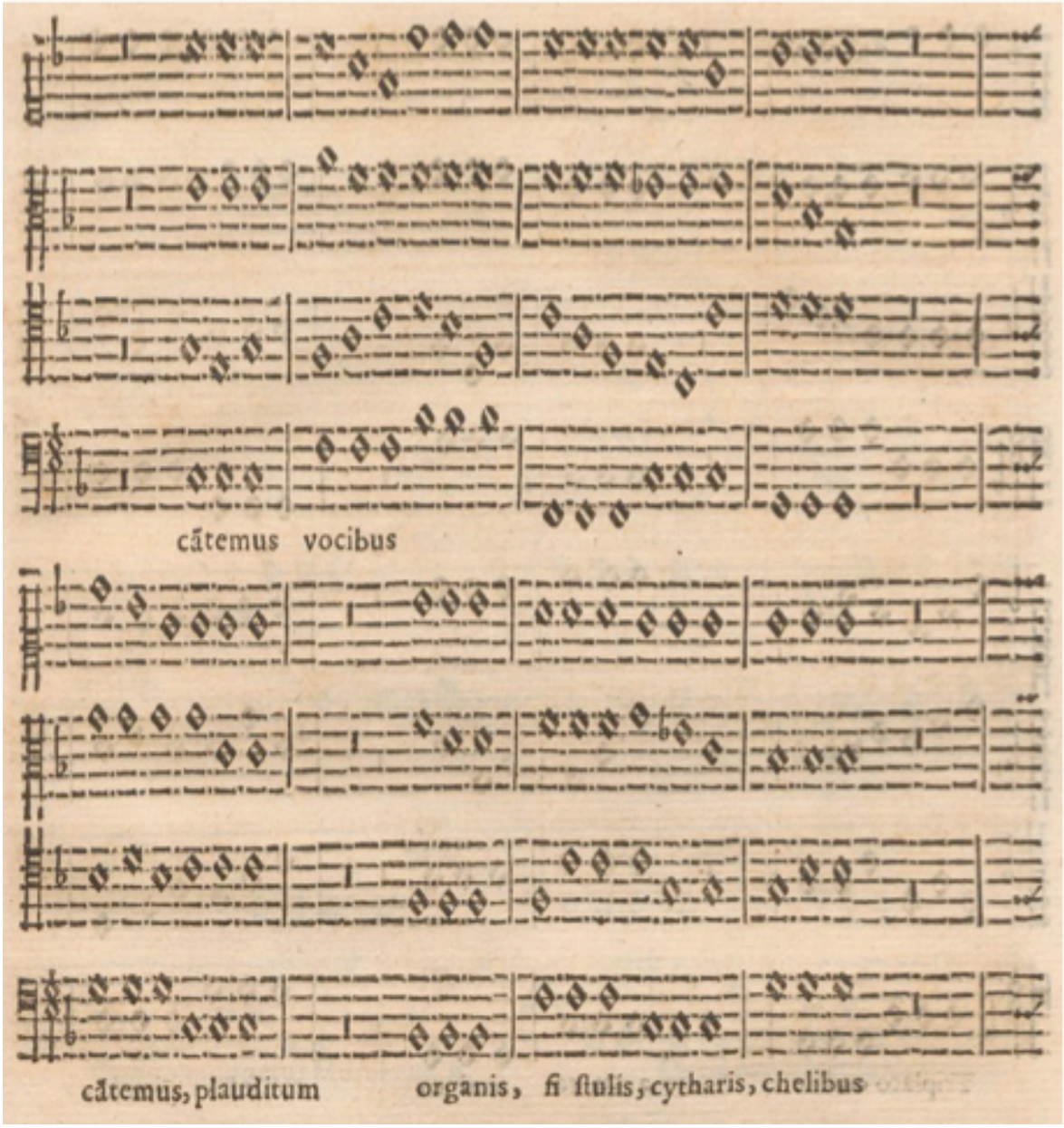
<348>



ABCD sei der Zylinder, in 54 Teile aufgeteilt, die die Takte oder die Tempora der Komposition darstellen. Jeder dieser Teile wird nochmals in drei weitere Teile geteilt. Ein Viertel des Zylinders AHBG wird für die Bewegungen der Hämmer abgetrennt, der andere Teil HGCD sei entsprechend der Tastatur der Übertragung der pythagoreischen Musik vorbehalten. Die

einzelnen, je dreigeteilten Räume stellen jeweils ein ebenso großes Tempus dar. Die drei innen abgeteilten Raumteile bezeichnen das Tempus der Proportio tripla, so dass es sehr einfach ist, diese Melodie auf den Zylinder zu übertragen. Jeder der in den Zylinder eingelassenen Zähne muss einer Note entsprechen. Doch da wir die Methode der Übertragung einer Melodie nach der Proportio tripla auf einen Zylinder oben schon gelehrt haben, verweisen wir den Leser dorthin. Wie man allerdings die Zyklopen mit ihren Hämmern und die Figuren darstellen kann, die zum Takt der Hämmer einen Tanz aufführen, das vernehme man jetzt:

<349>
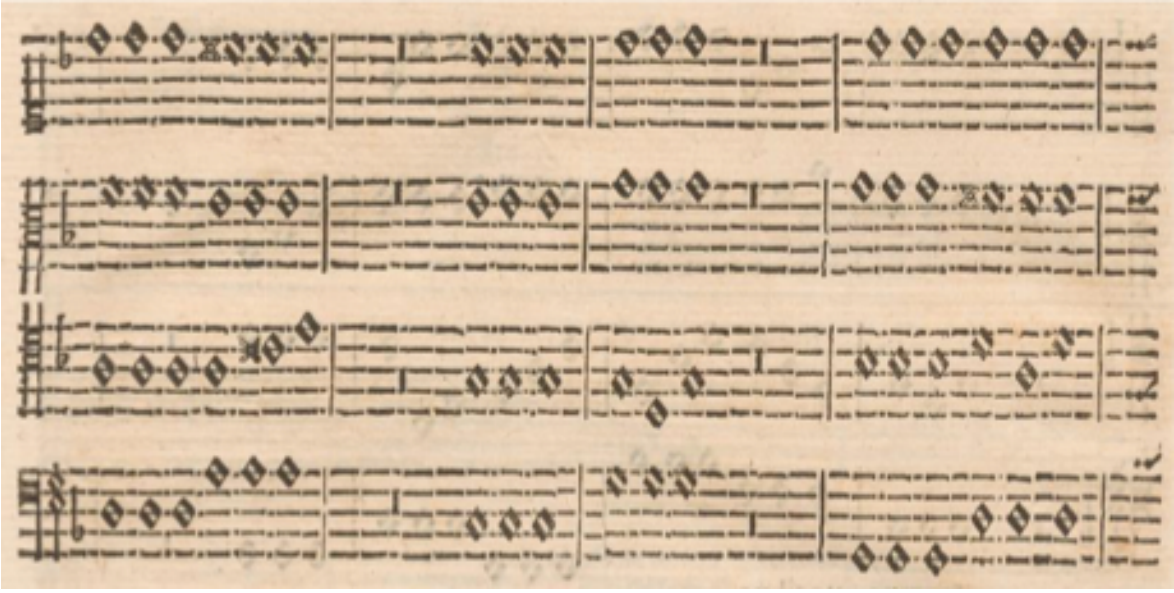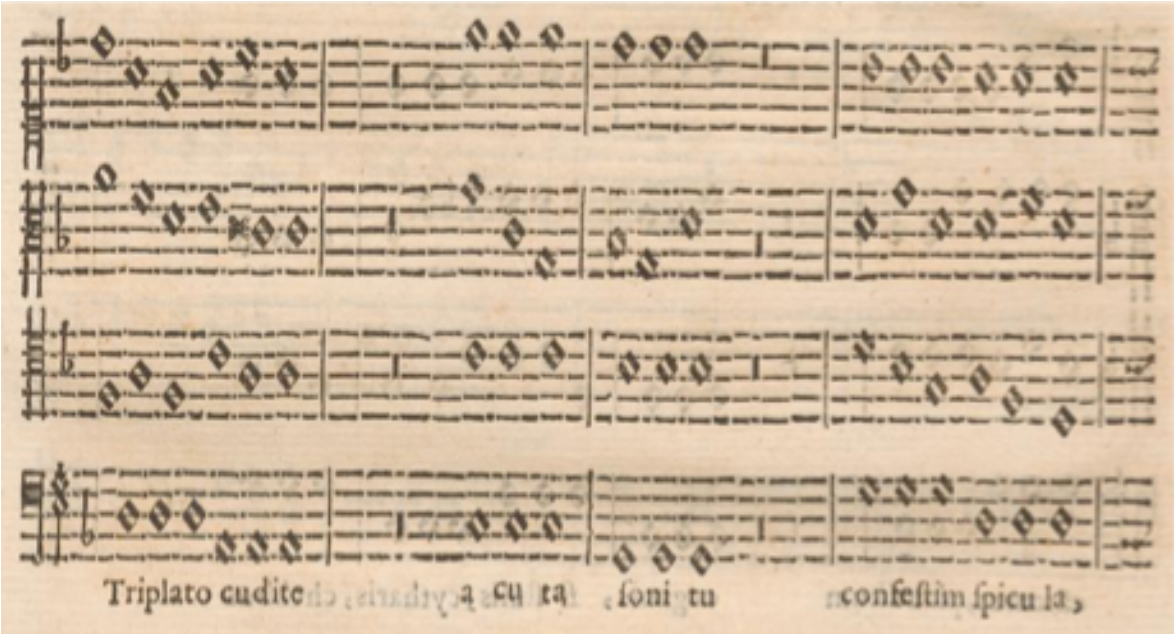


Der abgetrennte Teil AHCG des Zylinders wird durch vier Kreisbögen unterteilt, von denen die ersten drei für den Antrieb der drei Zyklopen bestimmt sind. Die Zähne setzt man in die Kreisbögen ein mit den Zahlen 1,4; 2,5; 3,6. Sie bezeichnen die Kreisbögen, denen die drei Hebel ZVX entsprechen. Die dem verdreifachten Gesang, der erklingen soll, entsprechenden Zähne verteilt man so: In den Kreisbogen 1,4 setzt man jeweils einen Zahn auf die größeren

Linien, mit denen ein Takt beginnt, auf die zweite Linie des Kreisbogens 2,5 ebenso einen Zahn, genauso auf die dritte Linie des Kreisbogens 3,6 wieder einen Zahn. Die drei Abschnitte, die nach der Taktmensur angeordnet sind, haben somit drei Zähne gemäß dem Wert der drei Noten, die einem Tempus entsprechen, wie das in der Darstellung ganz klar und deutlich wird.

Ist das gemacht, baut man vier Figuren, die in der Größe proportional zum Automaten sind. Drei stellen die Zyklopen dar, die mit Hämmern in den besagten Proportionen ausgerüstet sind. Die vierte Figur soll der hinkende Vulcanus sein, der mit einer Zange das Eisen hält. Die Mechanik, die den dreifachen Klang der Zyklopen hervorbringt, vollendet man so: An die Stelle von Schultern und Armen dreht sich eine Achse wie zwischen Polen. An den äußersten Enden der Achse wird ein Ansatz von einem Arm *af* und *bg* gebildet, an dem anstelle von Händen ein Eisenhammer befestigt wird. Die Achse *ab* soll zudem in der Mitte einen Hebel *c* haben, an dem ein Draht festgemacht wird. Dieses Gerippe verkleide man mit Holz oder Tuch, so dass den Zuschauern die Technik im Innern verborgen bleibt. Wird nun der Draht heruntergezogen, hebt die sich drehende Achse ab …

<350>
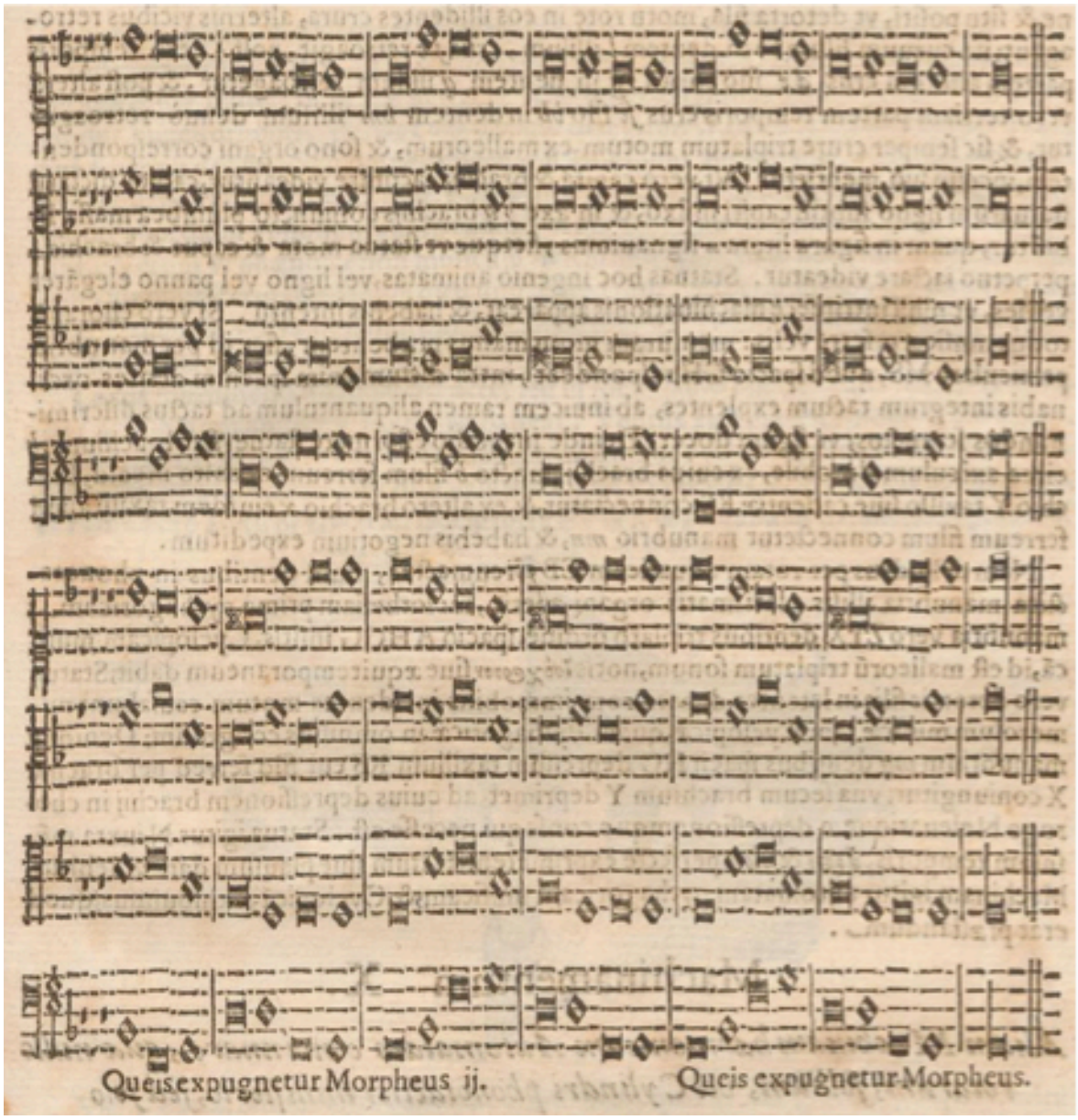




…den Hammer e in die Höhe, der dann, indem er durch sein Eigengewicht wieder auf den Amboss fällt, einen Klang erzeugt. Man betrachte Figur II in der beigefügten Abbildung.

Genau so macht man es mit den anderen Figuren. Der Amboss I soll aus einem Material sein, das stark resonanzfähig ist und innen hohl. Wenn man darüber hinaus von der Achse noch einen weiteren Arm abzweigt, wird er die Köpfe der Zyklopen in Bewegung setzen. Doch wollen wir die Umsetzung dieser Sache begabten Baumeistern überlassen. Wenn man so die drei Drähte, die an den Gelenken der drei Zyklopen angebracht sind, mit den drei Hebeln ZYX verbunden hat, dann geschieht es bei Drehung des Zylinders, dass die durch die Zähne des Zylinders angehobenen Tasten mit den Drähten die Tasten MN niederdrücken und folglich die Ventile öffnen, die in die Orgel eingebaut sind, um den Wind in die Pfeifen zu leiten. Nach der Öffnung erzeugen die Pfeifen schließlich den dreifachen Klang und, wie gesagt, den Tonsatz des Pythagoras, der auf dem Zylinder angebracht ist. Genau in diesem Moment und völlig gleichzeitig drücken die drei Hebel ZYX durch die Zähne, die in dreifacher Reihe im Abschnitt AHBG aufgesetzt sind, die Gelenke, die unsichtbar in den Zyklopen sitzen, nach unten. Dadurch heben sich die drei Hämmer der Reihe nach, einer nach dem anderen, und erzeugen, indem sie in gleicher Reihenfolge wieder niederfallen, auf den Amboss einen dreifachen Klang, der den Noten in jeder Hinsicht entspricht. Denn der Hebel Z, der durch die auf der Kreisbahn 1, 4 auf der ersten Line eingelassenen Zähne niedergedrückt wird, hebt er den ersten Hammer hoch. Danach wird der Hebel Y durch die auf dem Kreisbogen 2,5 auf der zweiten kleineren Linie eingelassenen Zähne niedergedrückt und hebt den Hammer der zweiten Figur an. Wird schließlich der Hebel X, …

<351>



der durch die auf dem Kreisbogen 3,6 auf der dritten Linie eingelassenen Zähne niedergedrückt wird, den Hammer der dritten Figur anheben. So wird der erste Takt gefüllt. Auf diese Weise geben die Hammerschläge in immer gleicher Reihenfolge mit proportionierten Bewegungen das Maß für die Tempora der pythagoreischen Musik an. Das alles wird in der Abbildung so klar dargestellt, dass es keiner weiteren Erläuterungen bedarf.

Damit andere Figuren entsprechend dem Dreiertempus einen Kreistanz aufführen [choreae], der den Noten und den Hammerschlägen vollständig entspricht, gehe man so vor: Auf das Zahnrad DC des phonotaktischen Zylinders wird eine weitere Zahnspindel [vertebra dentata] B aufgesetzt, deren angespitztes Achsenende in M wie an einem Pol oder einem Schoß gedreht wird. Die Achse wird durch hölzerne oder eiserne Querstreben RT gehalten, damit sie sich nicht von der Stelle bewegt. Am anderen Ende wird die Achse zu einem Rad von beliebiger Größe RV geführt und von diesem begrenzt. Auf die Kreisfläche stellt man verschieden gestaltete Figuren auf. Das Rad soll unsichtbar sein, diese sollen aber ganz herausragen. Eine

Bewegung, die für den dreifachen Sprung und die Gestik sehenswert sind, bringt man ihnen wie folgt bei:

Man führt an der Hüfte der Figuren eine Achse durch deren Mitte, leitet den Draht *ab* nach unten und befestigt ihn mit einem Nagel am Boden des Rads *s*, wie es in der Figur III zu sehen ist. Dieser etwas dickere Draht muss das ganze Gewicht der Figur halten. *df ce* sind das Gerüst der beweglichen Unterschenkel, die an den Waden am Punkt *f* einen hervor ragenden Draht festgemacht haben. Von f aus wird der Draht an den Seiten des beweglichen Rads im rechten Winkel abgebogen, was in der Figur hier mit *ig*, *bh* angegeben ist. An den Seiten des zweiten unbeweglichen Rads sollen Zähne in der Anordnung <352> herausstehen und so eingelassen sein, dass sie die abgebogenen Drähte und die durch die Drehung des Rads die sich daran reibenden Schienbeine im ständigen Wechsel zurücktreiben. So bewegt der gebogene Draht *bh*, der sich am Zahn *l* reibt, den Schenkel *fd* zurück, und nach einem Drittel der Zeit wird der Schenkel *ce*, der mit dem gebogenen Draht *ig* an den Zahn *q* anstößt, zurückbewegt. Nach einem weiteren Drittel wird der Schenkel *fd*, der mit dem Draht *bh* an den Zahn *hm* anstößt, zurückbewegt. So wird durch den unentwegten Gang eines Schenkels die dreifache Bewegung vorgetäuscht, die zum Rhythmus der Hammerschläge und dem Klang der Orgel passt.

Damit es so aussieht, als ob sie Köpfe und Arme schüttelten, sollen die Köpfe besagter Figuren durch ein dünnes Holz, das am Kopf festgemacht und an der Achse *pq* mit den Armen verbunden ist, mit einem Bleistab im Gleichgewicht gehalten werden, den wir in der Figur mit dem Buchstaben *a* bezeichnet haben. So scheint es, dass die Statue sich bewegt und ständig Kopf und Arme schüttelt. Wenn man die mit einer so schlauen Technik beseelten Statuen mit Holz oder mit Stoff geschmackvoll einkleidet, so dass nichts von der inneren Maschinerie sichtbar ist, erhält man, was man sich wünschte. Wenn man aber den Chorführer für die Musik darstellen will, der durch die Handbewegung den Takt gibt, geschieht dies durch den besonderen Hebel MS, für den Abschnitt GH bestimmt ist. In diesem Abschnitt soll man die Zähne so anordnen, dass sie einen ganzen Takt ausfüllen, doch voneinander etwas getrennt, um die Takte unterscheidbar zu machen, wie es die Darstellung zeigt. Dann soll in der Mitte der geformten Gestalt der Arm *cb* um die kleine bewegliche Achse *d* geführt werden. Vom Punkt *b* des Arms wird ein Draht unsichtbar durch ein Stäbchen mit der Taste Y oder mit dem Klötzchen RS verbunden. Vom anderen Arm *x* desselben Stäbchens wird ein weiterer Draht mit dem Hebel *mn* verbunden. Schon hat man die Aufgabe bewältigt.

Denn wenn der Zylinder durch das Wasserrad CB gedreht wird und durch die Zähne, die an die phonotaktischen Hebel anschlagen, die Plättchen der Orgel öffnet, wird zuerst die pythagoreische Melodie dargeboten. Die Hebel ZYX bieten durch die Zähne, die in Dreierreihe im Abschnitt AHCG eingelassen sind, die Zyklopenmusik dar, das heißt, den dreifachen Klang der Hämmer, der in seinen Noten das gleiche Zeitmaß hat. Die Statuen, die durch die abgewinkelten Drähte mit den verborgenen Zähnen des unbeweglichen Rads verbunden sind, führen unzählige Bewegungen aus, die sowohl zur Zyklopenmusik wie zur pythagoreischen passt. Schließlich drückt der Hebel *mn*, der durch die Zähne des Abschnitts HG niedergedrückt wird, seinerseits Stäbchen RS nieder, an dem durch einen Draht die Verbindung zum Arm X hergestellt ist, und drückt zusammen mit sich selbst den Arm Y nieder. Wenn dieser Arm heruntergedrückt wird, muss durch dieses Herabdrücken der Arm des Chorführers N notwendig auf- und abgehen. Da die Statue N also gemäß der Mensur des Tempus Arsis und Thesis vollkommen darstellt, scheint sie den Takt zu schlagen oder Beifall zu spenden. Somit

haben wir eine automatische Maschine vorgestellt, die pythagoreische und Zyklopenmusik spielt, was wir leisten sollten.

Maschinenbau X

Einen anderen Musikautomaten bauen, der ohne Räder, Blasbälge oder phonotaktische Zylinder auskommt, sondern allein durch Wind und Luft einen ständigen musikalischen Klang erzeugt

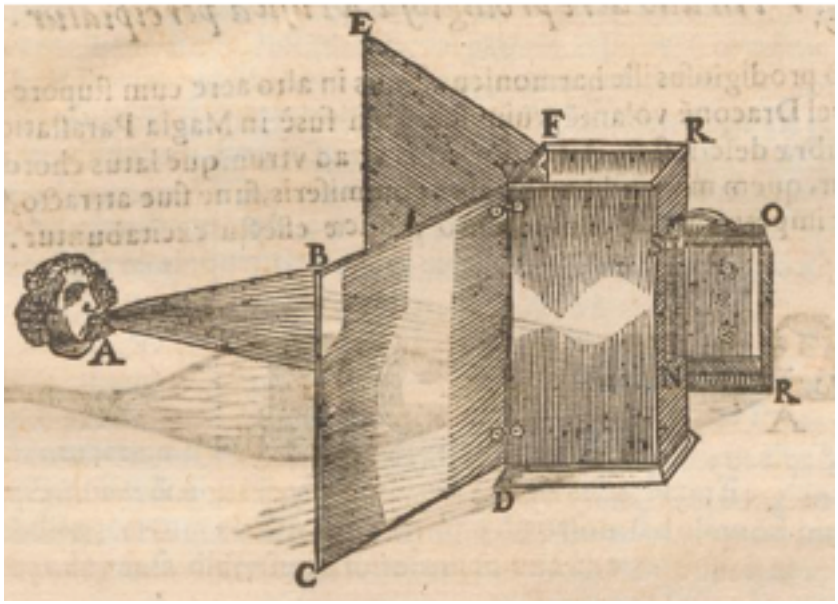
Dieser Mechanismus ist ebenso neu wie einfach und angenehm. Man kann ihn in meinem Museum unter der größten Bewunderung der Zuhörer erfahren. Das Instrument schweigt, solange das Fenster geschlossen ist; wird das aber geöffnet, siehe, da entsteht urplötzlich ein harmonischer Klang und macht alle betroffen, weil sie nicht wissen, woher dieser Klang kommt oder was das für ein Instrument ist, das weder den Klang von Saiten- noch von Blasinstrumenten wiedergibt, sondern etwas dazwischen und ganz Fremdartiges. So fertigt man dieses Instrument: Aus dem besonders resonanzfähigen Holz der Kiefer, aus dem gewöhnlich Saiteninstrumente gebaut werden, wird ein Instrument von fünf Handbreit Länge, zwei Handbreit Breite und ein Handbreit Tiefe gefertigt. Es wird mit 15 oder auch noch mehr gleichstarken Saiten aus <353> Tierdarm bezogen, wie es die obige Zeichnung zeigt. ABCD ist das Instrument, CA sind die Wirbel, IK und SD die Stege. Die Saiten werden um die Wirbel herumgewickelt und über die Stege IK und SD geführt. Bei BD werden Nägel angebracht. FFF sind Rosen, dazu S ein Griff, an dem man es aufhängen kann.



Übrig bleibt noch die Einstimmung [concordatio], die man, anders als bei anderen Instrumenten, nicht in Terzen, Quarten, Quinten oder Oktaven vornehmen darf: Alle Saiten müssen vielmehr im Unisono oder in der Oktave miteinander abgestimmt sein, damit ein harmonischer Klang entsteht. Es ist das doch geradezu ein Wunder und fast schon paradox, dass Saiten, die im Unisono oder in der Oktave gestimmt sind, unterschiedliche Harmonien hervorbringen können. Doch um dieses musikalische Phänomen zu erläutern, das meines Wissen bis heute noch von niemand beobachtet wurde, sollen die Ursachen für den besagten Klang angegeben werden. Wir wollen das Experiment *ab ovo* beginnen, wie man gewöhnlich sagt, werden aber zuerst erklären, unter welchen Bedingungen das Instrument funktioniert und wie es aufgestellt werden muss.

Es darf nicht im Freien aufgestellt werden, sondern in einem geschlossenen Raum, aber so, dass die Luft von allen Seiten Abgang und Zugang hat. Wind kann auf verschiedene Weise komprimiert werden. Erstens durch Röhren, konische oder schneckenförmige, mit denen wir oben Stimmen innerhalb eines Hauses eingefangen haben. Zweitens durch Flügel [valvae]. EF und BVCD sind zwei Klappen aus Holz, die bei F und V so verbunden sind, dass sie dem

Wind Zugang gewähren zu dem Raum, der innerhalb der parallelen Brettchen FV [FR?], K [D?] und FE eingeschlossen ist.

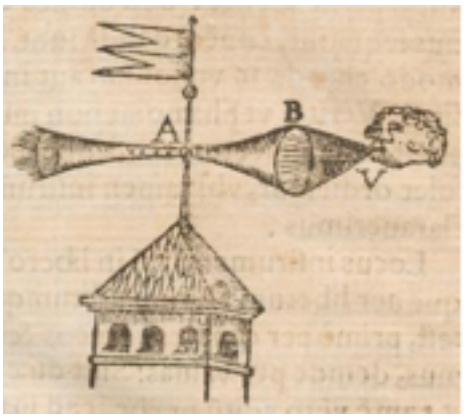


Die Doppelklappen sollen außen, die Brettchen im Innenraum angebracht werden, an die das Instrument von hinten an die Ritze SN angefügt wird. Es wird so an die Ritze SN schräg angelehnt, dass der Wind, der durch die Klappen gesammelt und durch die Enge der Brettchen BV und EF komprimiert wird, durch die Ritze entweicht und alle Saiten des Instruments SONR bestreicht. Wenn nämlich Instrumente zu den Brettchen in paralleler Stellung wären, hätte man keinen sonderlichen Erfolg. Wenn sie aber, wie gesagt, so schräg dazu angebracht werden, so dass alle Saiten dem Luftstrom ausgesetzt sind, ist der Erfolg am besten. Denn je nach Stärke oder Schwäche des Luftstroms nimmt man im Gehäuse eine wunderbare Musik wahr. Manchmal geben alle Saiten einen gewissen zitternden Klang von sich, manchmal den Gesang von Vögeln, manchmal das Zusammenspiel der Pfeifen von hydraulischen Orgeln, wobei keiner ahnt, welche Art von Instrument das sein könnte, von welcher Hand, von welchem Blasebalg oder von welcher Technik die Harmonie erzeugt wird. Das Instrument wird umso geheimnisvoller und der Bewunderung würdiger sein, je verborgener und verdeckter es ist. Wenn man dann auch noch sämtliche Fenster schließt, wird der in gleicher Weise verschlossene Klang verstummen. Doch öffnet man nur eines, wird es mit seinem gewohnten Klang die Anwesenden wieder zu ihrem großen Vergnügen überströmen.

<354> Corollarium I

Den erwähnten Mechanismus konstruieren, so dass er fortwährend klingt

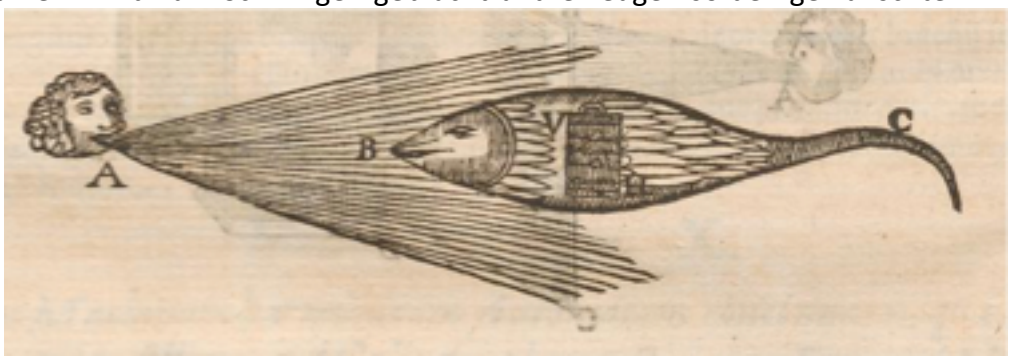
Wenn man aber einen derartigen harmonischen Klang ununterbrochen erklingen lassen will, soll man diese Maschine an einem offen dastehenden Ort eines Turmes anbringen und sie so ausrichten, dass sie nach Art eines Flaggstocks oder eines Windanzeigers vom Windstrom gewendet wird, der gerade bläst. So wird sie durch die aufgenommene Luft belebt und klingt von selbst ständig bei jedem Windhauch.



Corollarium II

Wie man in der hohen Luft geheimnisvolle Musik hört

Um jenen geheimnisvollen, staunenswerten Klang auch hoch in der Luft wahrnehmen zu können, muss man einen Fisch oder einen fliegenden Drachen (deren Bau wir ausführlich in der *Magia parastatica* der *Ars magna lucis et umbræ* beschrieben haben) so ausrüsten, dass zu beiden Seiten gleichgestimmte Saiten gespannt werden. Sobald man ihn einer freien Luftströmung ausgesetzt und die Schur angezogen oder gelockert hat, werden die Saiten durch den starken Wind zum Schwingen gebracht und erzeugen so den gewünschten musikali-



schen Effekt. Wenn man anstelle eines Drachens einen fliegenden Engel baut, wird der Mechanismus ein umso geheimnisvolleres Schauspiel bieten, je ungewöhnlicher und seltener der Klang ist. Damit kann man unzählige solcher Mechanismen schaffen, die Blendwerken [praestigia] nicht unähnlich sind. Das wollen wir aber geschickten Meistern überlassen. Uns bleibt nur noch übrig zu zeigen, warum gleichgespannte Saiten unterschiedliche Harmonien erzeugen. Also lege ich zunächst folgendes Experiment zugrunde.

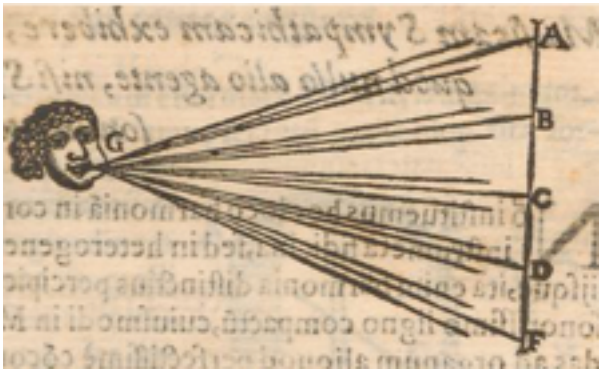
Experiment

Wer eine Saite aus Tierdarm an einer kurz vorher vorbereiteten Stelle dem Wind aussetzt, wird bald beobachten, dass die Saite klingt, aber nicht den Ton hält, mit dem sie gespannt ist, sondern einen anderen: bald nämlich eine Terz, eine Quinte, eine Quintdezime, eine Altervizesime, immer wieder eine Terz, Quarte oder Sexte. Da keiner die Ursache dafür anzugeben imstande war, halten wir es für unsere Sache, sie hier aufzudecken.

Zunächst unterstelle ich, dass der Wind nicht immer mit gleicher Stärke auf die Saite trifft, sondern wie mit bestimmten Strahlen bald einen Teil der Saite, dann einen anderen, bald

mit langsamerem Druck, dann mit schnellerem angreift. Dass dieser ungleichmäßige Druck des Windes die Ursache für so verschiedene Klänge ist, beweise ich so:

<355> AF sei die Saite, G der Wind. Wenn dieser die ganze Saite AF mit einem ununterbrochenen Blasen erfasst, gibt diese Saite mit Sicherheit den ihr eigenen Klang von sich, der ihrer Spannung entspricht.



Weshalb der Wind auf besagter Saite unterschiedliche Klänge erzeugt.

Wenn aber nur der Windstrahl C die Saite berührt, das heißt, sie zweiteilt, werden die beiden Teile CA und CF im Verhältnis zur ganzen Saite in der Oktave erklingen, wie wir das bei der Teilung des Monochords bewiesen haben.

Der Windstrahl verhält sich nämlich wie ein Plektrum. Sobald er Punkt C erreicht hat, erklingt die Schwingung der ganzen Saite an den Teilen CA und CF doppelt so schnell, weshalb die Saite notwendig um das Intervall einer Oktave höher erklingt. Wenn aber der Windstrahl AB erfasst, wird der Rest der Saite BF notwendig in der Quarte erklingen, aus den Gründen, die bei der Monochordteilung angegeben wurden. Erfasst der Windstrahl den Abschnitt AD, muss DF in der Doppeloktave erklingen, also in der Quintdezime, usw.

So erzeugt der Windstrahl, je nachdem, auf welche Stelle der Saite er trifft, mal diesen, mal jenen Klang. Je größer der Teil der Saite ist, den der Wind nicht erfasst, umso tiefer ist der Ton, den er hervorbringt, je kleiner, umso höher. Was also der Wind bei einer Saite bewirkt, das wird er auch bei unzählig anderen gleichgestimmten bewirken, und das ist die wirkliche Ursache für die große Verschiedenheit der Klänge, die man bei diesem Instrument wahrnimmt. Es entsteht fortwährend ein schwingender Klang, der die Ohren wunderbar berührt und der seine Ursache nirgends anders findet als in Wellenbewegung des Windes. Der strömt nicht immer im rechten Winkel auf die Saite, sondern wie Flutwellen, und bringt folglich die Saite mit derselben Bewegung zum Schwingen, mit der sie angestoßen wird.

Corollarium

Also ist klar, dass ein und dieselbe Saite unendlich verschiedene Klänge erzeugen kann. Wenn der Wind die Saite an einer Stelle kräftiger erfasst und sie dadurch an dieser oder jener Stelle schwächer angreift, bewirkt er so immer wieder neue Klangunterschiede. Wenn er sie zum Beispiel am Punkt C kräftig erfasst, an Punkt B aber nur schwach, erreicht der Abschnitt CA die Oktave nicht ganz, sondern irgendetwas dazwischen. Doch soll das zu den Ursachen der Klangunterschiede auf einer Saite genügen.

Maschinenbau XI

Sympathetisch-musikalische Experimente jeder Art darbieten

„Sympathetisch“ nennen wir jene [Instrumente], die, ohne selbst berührt zu werden, infolge einer wunderbaren Proportionalität und Ähnlichkeit zwischen klingenden Körpern auf die Klänge anderer hin resonieren. So kommt es, dass auf den Klang eines Instruments auch ein anderes mitschwingt, obwohl es selbst nicht berührt wird. Diese Proportionalität findet sich nicht nur in homogenen Körpern, sondern auch in heterogenen. So ereignen sich viele Wunderdinge in der Natur, für die keiner so leicht eine Erklärung geben kann, es sei denn, er hat herausragende Kenntnisse von musikalischen Geheimnissen. Dass eine Saite eine andere zum Schwingen bringen kann, die selbst nicht berührt wird, und zwar nicht nur im Einklang, sondern auch in der Oktave, der Quinte und anderen Konsonanzen, ist allgemein bekannt, obwohl die unberührte Saite umso heftiger schwingt, je näher sie dem Einklang ist. Hier werden wir uns nicht mit den Ursachen für diesen Effekt befassen, da wir diese im Vorausgegangenen ausführlich besprochen haben. Doch wollen wir sie insoweit offenlegen, wie sie die zahlreichen Wunder in der natürlichen Magie betreffen können.

<356> Experiment I

Wie man sympathetische Musik wiedergibt, das heißt, wie man ein Instrument baut, das nur durch Mitschwingen, ohne dass es jemand spielt, einen musikalischen Klang erzeugt

Wir wollen hier die Harmonie nicht zwischen homogenen Körper einrichten – solche könnten etwa Saiteninstrumente sein –, sondern für heterogene, also für eine Orgel und ein Saiteninstrument und andere, so, dass man die Harmonie getrennt voneinander wahrnimmt. Man nehme ein mit Saiten ausgerüstetes Instrument, das aus resonanzfähigem Holz gebaut ist, wie wir es im zehnten Maschinenbau vorgestellt haben, und stimme dessen Saiten ganz exakt nach einer Orgel, so dass die einzelnen Saiten mit den einzelnen Orgelpfeifen im Einklang erklingen. Wenn dann die Orgel spielt, entferne man sich mit diesem Instrument so weit, bis man die Saiten sich bewegen sieht und den vollkommenen Klangs wiedergegeben findet. Das wird der richtig proportionierte Abstand sein.

Ein Saiteninstrument kann vom Orgelklang
zum Klingen angeregt werden.

Sollten jedoch einige Saiten nicht schwingen, ist das ein Zeichen dafür, dass sich Pfeife und Saite nicht genau entsprechen oder die Pfeife eine Oktave höher ist. Geschickter verfährt man, wenn man das Instrument an die inneren Wände benachbarter Räume anbringt oder am besten auf einem über der Orgel gezogenen Balken, bis man Bewegung und Töne der Saiten wahrnimmt. Schon hat man, was man suchte. Das Instrument wird nämlich in einem getrennten Raum jede Harmonie der Orgelpfeifen vollendet wiedergegeben.

Damit man nicht glaube, ich gäbe hier nur eine Mutmaßung weiter, möge man lesen, was wir weiter oben über die Orgel in Mainz berichtet haben, die eine Lyra zum Klingen gebracht hat, die zufällig in einem Chor nebenan hing. Dann wird kein Zweifel am Wahrheitsgehalt dieser Sache zurückbleiben. Es gibt dabei nur eine Schwierigkeit: dass man nämlich die genaue Angleichung und Proportionalität der Klangkörper zusammen mit dem proportionierten Abstand findet. Hat man die aber gefunden, kann man sich zweifellos rühmen, etwas

Bewunderungswürdiges in der Natur gefunden zu haben. Es gibt nämlich eine wechselseitige Ähnlichkeit einiger Klangkörper, so dass, kaum wird das erste Instrument angestimmt, das zweite auch klingend vorgefunden wird, welches Kuriosum wir in Teil 1 und 2 dieses Buches gezeigt haben. Das alles beweist uns auch noch ein anderes Experiment. Wenn jemand Harfen, Theorben, Kitharen, Cembali und ähnliche Saiteninstrumente in irgendeinem Zimmer mit guter Akustik (aus dem alle dämpfenden Wandbehänge entfernt wurden) frei aufhängt, wird er, wenn Leute sprechen, nicht ohne Bewunderung einen ungewöhnlichen Klang vernehmen, verursacht einzig durch die von den Stimmen bewegte Luft, die die Instrumente zum Schwingen anregen.

Folgerung:
Statuen, die sich zu einem bestimmten Klang bewegen

An oben zitierter Stelle haben wir geschildert, dass es in einer Kirche Statuen gab, die sich nach dem Klang eine Glocke in der Nachbarschaft und nach dem Ton einer bestimmten Orgelpfeife bewegten (wobei alle Anwesenden wegen der Bewegung der Statuen aufschrien, als sei es ein Wunder). Aus dem Vorausgegangenen wird ersichtlich, wie Statuen in einer Kirche gebaut werden können, die den gleichen Effekt hervorbringen. Denn eine aus weichem Holz geformte und zu einem Klangkörper proportionierte Statue, die auf einem Balken aus weichem Holz ganz genau ins Gleichgewicht gesetzt wird, der sich in der Nähe einer Orgel oder dem Platz einer Glocke befindet, wird zweifellos den gewünschten Effekt zeigen. Zu solchen geheimnisvollen Statuen der Ägypter, die zur Täuschung des Volks gebaut wurden, siehe unseren *Œdipus Ægyptiacus*, wo man zahlreiche Gegenstände findet, die neu und geheimnisvoll sind.

<357> Experiment II

Sympathetische Musik durch konische Körper



Wer einen parabolischen oder hyperbolischen Zylinder zu bauen weiß, kann gewiss sein, das größte Geheimnis in der Musurgie durchdrungen zu haben. Wir verraten das Geheimnis. Mit Hilfe einer Parabelschablone formt man einen konkaven, parabolischen Halbzylinder. Das gelingt, wenn man die Parabelschablone mit gleichbleibender gerader Bewegung in geeigneter Materie der Länge nach durchführt. Durch diese Bewegung wird nämlich in weichem und nachgiebigem Material besagter parabolischer Halbzylinder geformt, der die wunderbare Fähigkeit hat, sympathetische Harmonie wiederzugeben. So wird die Aufgabe gelöst: Man macht mit größter Sorgfalt in den abgegrenzten Parabeln zwei Brennpunkte aus.

Eine Saite die, einen gleichsam ununterbrochenen Klang erzeugt.

Wenn man von dem einen Brennpunkt der Parabel eine Saite zum gegenüberliegenden zieht und spannt, ist das Instrument schon bereit für einen sympathetischen Klang. Doch wollen wir die Sache in Worten und in der Darstellung erklären.

ABCDEF sei der parabolische Zylinder sein. Die zwei Parabeln, die den Zylinder begrenzen, seien oben ABC, unten DEF. H und G seien die Brennpunkte der gleichen Parabeln. Ich sage nun, dass die durch die beiden Brennpunkte gezogene Saite oder der Strang HG selbst durch die kleinste Bewegung zum Schwingen angeregt werden wird. Da nämlich jeder Schnitt, der rechtwinklig zur Achse des Halbzylinders gemacht wird, eine Parabel ist, und da in diesem Halbzylinder mit jener Fläche unendlich viele Parabeln aufgenommen werden können, kommt es, dass eine Stimme, ein Klang und auch die Bewegung der Luft, die auf die parabolische Fläche in diesem Halbzylinder auftreffen, sofern sie nur rechtwinklig im Zylinder auftreffen, ebenso viele Strahlen in Form von Parabeln ausformen, wie Parabeln im besagten Zylinder aufgenommen werden können. Da zudem die Saite durch die Brennpunkte H und G gespannt ist, muss sie folgerichtig auch durch die Brennpunkte aller anderen im besagten Halbzylinder vorstellbaren Parabeln verlaufen. Weil am Zentrum der Brennpunkte die Strahlen zusammenfließen und sich vereinigen, wird dort der Klang verstärkt. Die ganze Saite wird also infolge des Zusammenflusses vieler Strahlen und vielfacher Anstöße zum Schwingen gebracht werden und erklingen.

Corollarium I

Wie eine andauernde Harmonie erzeugt werden kann

Es ist also klar, wenn jemand drei oder vier Saiten in der Nähe der Brennpunkte in den Konsonanzen Terz, Quint und Oktave stimmt, dass die Mechanik, wenn sie an einem günstigen Platz aufgestellt oder dem Wind ausgesetzt ist, ununterbrochen ein musikalisches Geräusch erzeugen wird. Diese Klanglinie HG hat nämlich eine gewisse physische Breite und Ausdehnung, in der die Verstärkung der Strahlen und damit Brenn- oder Klangeffekte sich ereignen.

Corollarium II

Wie man eine Statue sich ständig bewegen lassen kann

Eine sich ständig bewegende Statue

Die zweite Folgerung: Wenn jemand anstelle einer Saite einen flexiblen Draht, der am Brennpunkt G befestigt ist, mit dem Gewicht V geschickt ins Gleichgewicht bringt, oben aber ein Figürlein mit beweglichen und drehbaren Gliedern festmacht, dann wird sich diese Figur zusammen mit dem Draht <358> ständig bewegen. Da nämlich die erregte Luft ständig auf der Linie VO zusammenfließt, wird der Draht ständig angestoßen und bewegt und regt so die an ihr befestigte besagte Figur zur Bewegung an, und zwar umso heftiger, je heftiger ihre eigene Bewegung ist.

Corollarium III

Somit wird klar, welche wunderbaren Erkenntnisse uns Kegelschnitte bescheren. Da wir dies jedoch ausführlich in der *Ars magna lucis et umbræ* behandelt haben, wollen wir uns hier damit nicht länger aufhalten.

Experiment III

Unberührte Saiten durch den Klang von Glas anregen

Wenn jemand mit vorher befeuchteten Fingern den Rand eines gläsernen Bechers reibt, wird er gleich einen bestimmten Klingelton hören. Wenn er noch eine Saite über den Becher spannt, die dazu [zum Ton] im Einklang klingt, wird er nicht nur das Schwingen der Saite wahrnehmen, sondern deutlich auch einen Klang. Wenn er also über mehrere Becher gleichgestimmte Saiten spannt, hört er eine Musik, die aus einem Klingeln und dem Schwingen der Saiten zusammengesetzt ist. Zu diesem Experiment sehe man nach, was wir im ersten Teil dieses Buchs ausführlich behandelt haben.

Experiment IV

Wie kann jemand glauben, unglaublich lautes Glockenschlagen zu hören?

Dies ist ein hervorragendes Experiment, das die Zuhörer zu größter Begeisterung hinreißt. Man nehme eine größere Saite eines Chelys (das man auch Violone nennt). An ihr befestigt man Plättchen aus Bronze oder irgendwelche Kling- und Klangkörper. Beide Enden der Saite wickle man um die Fingerspitze und stecke sie in die Ohren. Werden dann die aufgehängten Plättchen von einem benachbarten Körper angeschlagen, vernimmt man einen Klang, den man vorher nicht für möglich gehalten hätte: einen Klang, der den von allen Glocken weit übertrifft. Nimmt man anstelle von Plättchen eine Stange aus Bronze (je länger, umso besser geeignet für diese Aufgabe), hört man einen aus hohen und tiefen Tönen gebildeten Klang. Je länger die Saite ist, desto stärker der Klang. Die Ursache für diese Sache ist keine andere als die Schwingungen der Glöckchen aus Metall. Wenn sie ihr Klingeln an die Saite weiterleiten, wird dies übernommen und an das Gehör geführt, wo die innen eingeschlossene Luft durch die Muskeln im Ohr kräftig bewegt wird, so dass auch sie einen kräftigen Klang erzeugt. Das ist fast ein Wunder, dass keine anderen Körper einen solchen Effekt hervorbringen, sondern nur solche, die zum Klingeln gebracht werden können wie zum Beispiel alle Plättchen und Stangen aus Metall.

Corollarium

Lässt man ein solches Instrument an einer Saite in eine Zisterne mit guter Akustik, steckt beide Enden der Saite in die Ohren und lässt schließlich die Plättchen an die Mauer anstoßen, wird man ein unsagbar starkes, aus verschiedenen Stimmen zusammengesetztes Geräusch hören.

<359> Experiment V

Musik mit jeder Art von Holz, Metall oder Glas erzeugen

Wie ein Xylophon [Zylorganum] hergestellt werden muss, das heißt, eines, das aus unterschiedlichen, zur Musikerzeugung geeigneten Materialien besteht, also aus unterschiedlichen Holzklötzchen oder Glaswürfelchen verschiedener Größe, wurde ausführlich in der *Musica organica* gesagt, weshalb man die zitierte Stelle aufsuchen kann.

Experiment VI

Die Verschiedenheit des Saitenklangs

Eine Saite erzeugt einen Ton entsprechend den Bedingungen der Körper, die ihr wie eine Brücke untergeschoben werden. Wenn man also einer größeren gespannten Saite eine mit Steinchen gefüllte und mit Luft aufgeblasene Blase unterschiebt und die Saite mit einem Rosshaarbogen bestreicht, hört man einen irgendwie lächerlichen Ton, der sich nur für Intermezzi eignet. Legt man aber einen Glaskörper unter die Saite, ahmt sie ein irgendwie fremdartiges Klingeln nach und so weiter. All dies liefert eine Unmenge Material für fremdartige Instrumente.

Experiment VII

Wie ein Tauber Musik wahrnehmen kann

Eine Laute mit länglichem Hals erfüllt den Wunsch. Die Laute soll mit Saiten bespannt sein und der Taube soll mit den Zähnen das Halsende greifen. Dann wird die Laute zu harmonischen Bewegungen angeregt. Ich behaupte, dass so auch ein Tauber Musik wahrnehmen kann. Die Richtigkeit dieser Behauptung hat uns nichts anderes als ein mit einem Tauben veranstaltetes Experiment gelehrt. Der Klang der Laute wird nämlich über den Hals in den Mund übertragen und regt über Nerven im Hörorgan auf wunderbare Weise das Hörvermögen an. Ich bin überzeugt, dass auch ein Tauber jenen starken Klang von Glocken aus dem Experiment V wahrnehmen würde.

Corollarium

Somit wird klar: Wenn auf irgendeinem Saiteninstrument der Hals oder ein daran befestigter Arm zu einer beliebigen Entfernung verlängert würde, wie zum Beispiel durch dazwischenstehende Mauern (solange die Mauern nicht berührt würden), würde es passieren, dass, sofern man das Halsende mit den Zähnen erfassen würde, das Instrument den Klang einer Kithara genauso darbieten würde, wie wenn es sich unmittelbar vor einem befände. Der Effekt am Kitharahals ist derselbe, den wir im Vorausgegangenen anhand der Ausbreitung von Klang entlang länglicher Balken beschrieben haben. Da der Hals eine Fortsetzung des ganzen Körpers ist, schwingen zu dem Klang der Saiten sowohl die nahen Teile als auch die weiter entfernten, also der ganze Körper. Da dieses Schwingen eine harmonische Erregung der Luft ist, erzeugt es folglich einen Klang, der sich durch Mund und Zähne dem Hörorgan auch in der Entfernung so darbietet, als wäre er ganz nahe.

Das soll jetzt zur *Musica mechanica* genügen. Nun bleibt noch übrig, dass wir auch einiges zur *Musica steganographica* oder *cryptologica* sagen.

<360> Teil VI:

CRYPTOLOGIA MUSURGICA

oder:

die Kunst der Verschlüsselung,

[Ars steganographica]

mit der man die verborgenen Gedanken des Geistes durch Töne zwei oder mehreren abwesenden Freunden mitteilen kann

In der *Ars magna lucis et umbræ* haben wir gelehrt, wie man die verborgenen Gedanken des Geistes Abwesenden durch Licht und Schatten mitteilen kann. Das geht auch durch Töne. Man kann eine solche geheime Mitteilung von Sachen zu entfernten Orten visuell einrichten, aber auch akustisch. Damit dieser unserer *Musurgia* nichts fehle, werden wir hier, wie das durch Klang gemacht werden kann, nicht so sehr lehren, sondern eher nur andeuten.

Man muss wissen, dass die Kunst der Kryptologie zwei Aspekte hat: Der erste ist der lautliche, der zweite der stumme. Um den lautlichen handelt es sich, wenn man mit hörbarem Klang einem Freund an einem entfernten Ort geheime Gedanken zugänglich macht. Stumm ist die Kunst, wenn dieselben Gedanken durch musikalische Buchstaben oder Zeichen mitgeteilt werden, die mit undurchdringlicher Schreibweise verwoben sind. Beides wollen wir kurz erklären.

§ 1

Musikalische Kryptologie

Da Kryptologie darin besteht, verborgene Gedanken des Geistes einem Freund an einem entfernten Ort mitzuteilen, kann dies auf mehrere Arten geschehen. Erstens durch laute Töne für weit entfernte Orte, zweitens für nähere durch verborgene Röhren, die nach der Kunst der Echotektonik gebaut sind, wie oben gezeigt. Von der ersten Art sind Explosionen militärischer Geschosse, die man, wie wir im ersten Buch gezeigt haben, über eine Entfernung von neunzig Meilen hören kann, besonders, wenn der Wind günstig steht. Solches geschah durch das Horn Alexanders des Großen, das einen so lauten Ton hatte, dass er damit das gesamte Heer, wie zerstreut es auch war, so perfekt zum Stillstand brachte, als hätte er mit jedem einzelnen Soldaten unmittelbar gesprochen. Seine Beschreibung ist an anderer Stelle mitgeteilt worden. Dort schaue man nach.

Auch kann man das Alphabet so anordnen, dass diesem und jenen Ton dieser und jener Buchstabe entspricht, wie wir an anderer Stelle gezeigt haben. So kann man zur Kenntnis der Absichten eines abwesenden Freundes gelangen. Dazu gehört auch der Schall von Röhren, der Lärm von Trommeln, das Läuten von Glocken und welches Instrument auch sonst einen

sehr kräftigen Klang hat. Dieses Unterfangen bringt eine Schwierigkeit mit sich, dass, zusätzlich zu den sehr hohen Kosten, ein geheimes Machwerk, das durch solche lauten Töne vollbracht wird, die nicht verdeckt werden können, sich sofort verdächtig macht und sich verrät.

Wie man Neuigkeiten erfahren könnte
in einer Ausdehnung der ganzen Welt von zwei Tagen

Wenn wir die Sache aber als Gedankenexperiment oder mathematisch bedenken, zeigen die Experimente in der *Echonica Musurgia* ja, dass ein Ton einen Raum von 100 [eher 1.000] geometrischen Füßen in einer Sekunde bewältigt. Folglich braucht er für die Strecke von zwei Leugen eine Minute. Sicher ist also, dass man mit solchen lauten Klängen, wenn sie von über den ganzen Erdball verteilten Schallinstrumenten nacheinander ausgesendet würden, in einer Zeit von 60 Stunden, das heißt im Zeitraum von zwei Tagen und 12 Stunden, alles erfahren könnte, was auf der ganzen Welt geschieht. Und vielleicht könnten wir auf diese Weise auch die Ausdehnung von Weltgegenden erfahren, wie wir das an anderer Stelle besprechen werden.

<361> Da man aber die Kryptologie nicht für so weite Entfernungen einrichten muss, kann man sie mit den Instrumenten einrichten, die in der echotektonischen Kunst beschrieben worden sind. Solcher Art sind Röhren aller Art – gerade, konische, elliptische, schneckenhausförmige –, die von einem Ort zum anderen verborgen gelegt werden. Mit ihrer Hilfe könnten sich zwei Fürsten an zwei verschiedenen Orten alles Beliebige mitteilen, als stünden sie sich gegenüber. Da wir aber den Bau all dieser akustischen Instrumente und ihre Anwendung in der zitierten *Ars echotectonica* sehr genau beschrieben haben, halten wir es für überflüssig, dies hier noch einmal in langweiliger Wiederholung ausführlicher zu behandeln. Der Leser kann weiterhin von den beschriebenen Instrumenten unzählig andere ableiten, die zu dieser Materie tauglich sind. Vor allem können alle Musikinstrumente, die im Vorausgegangenen beschrieben wurden, für die Kryptologie benutzt werden. Ja, wie vielfach die Unterschiede ihres Klanges sind, so zahlreich sind die Verfahren, seine Gedanken einem anderen mitzuteilen. Denn der Klang von Flöten, Zimbeln, Glöckchen, einer einfachen, wohlklingenden menschlichen Stimme können alles Zeichen sein. Um aber ein wenig in diese Sache einzuführen, soll das Alphabet in sechs Gruppen aufgeteilt werden, wobei man jeder Klasse vier Buchstaben zuweist und ein bestimmtes Klangbild, wie es die folgende Tabelle zeigt.



Flöte, Zimbel, Glöckchen, Saite, Klapper, Stimme

Das Verfahren der Geheimnisübermittlung

Das Alphabet wird folgendermaßen benutzt: Einem Freund sollen die Worte *„Veni cito“* [komm bald] übermittelt werden. Da aber der erste Buchstabe des Wortes *Veni* V ist, V aber in der fünften Gruppe der Buchstaben den vierten Platz einnimmt und der Zahl [vier] entspricht, repräsentieren vier Schläge mit der Klapper das V. Da das E, der zweite Buchstabe des Wortes, in den zweiten Gruppe, die für die Zimbel bestimmt ist, an der ersten Stelle steht, muss es mit einem Schlag der Zimbel wiedergegeben werden. N hat in der vierten Gruppe die erste Stelle inne. I schließlich steht in der dritten Gruppe an erster Stelle, also muss ein Schlag mit dem Glöckchen es bezeichnen. So sieht man weiter, dass drei Töne der Flöte das C bezeichnen, I ein Schlag der Schelle, T drei Töne der Klapper, den Buchstaben O schließlich zwei Schläge der Saite. Alles Beliebige kann man auf diese Weise signalisieren. Die weißen Kreise bezeichnen eine Tabelle, die mit Öffnungen ausgestattet ist, damit man, sobald man einen Tonunterschied hört, die Stelle mit einem Klötzchen bezeichnen, indem man in der Gruppe in die einzelnen Fächer setzt.

<362> Man könnte alle Instrumente, die an der Tabelle angeschrieben stehen, in einem einfachen Instrument vereinigen, das aus vier Handgriffen besteht. Denn den Ton einer Flöte kann man mit dem Mund erzeugen, damit man dem Instrument keinen Blasebalg beigeben muss. Der erste Griff dient dazu, die Zimbel zu schlagen, der zweite das Glöckchen, der dritte die Saite und der vierte die Klapper.

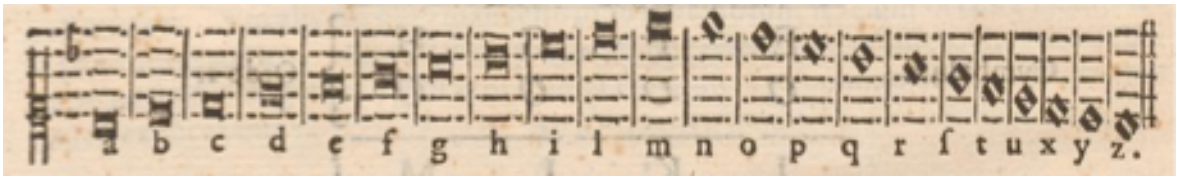
Daraus wird klar: Man kann ein Alphabet erstellen, dessen 24 Buchstaben verschiedenen Klangbildern entsprechen, so dass man an irgendeinem Klang sofort den entsprechenden Buchstaben erkennt. Doch da dies alles zu unwesentlich ist, als dass es ausführlicher entfaltet werden müsste, wollen wir eine weitere Ausführung anderen überlassen.

§ 2

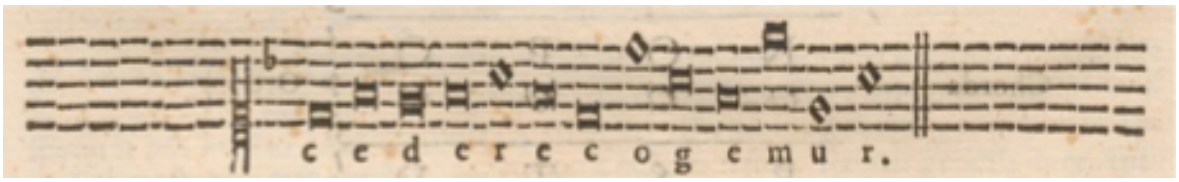
Musikalische Steganographie

Eine andere Form der musikalischen Geheimschrift besteht in einem unaufdeckbaren Verfahren des Schreibens mit musikalischen Zeichen. Das geschieht auf vielfältige Weise. Erstens können alle Klaviaturen oder Tastaturen der oben genannten Instrumente für diese Aufgabe benutzt werden, in der Weise, dass einzelne Buchstaben, die auf die Tasten geschrieben werden, denen des Alphabets entsprechen. Man kann es auch durch Musiknoten machen, und das durch Auf- und Abstieg der Noten, so dass man zum Beispiel mit Breven den Aufstieg und mit Semibreven den Abstieg bezeichnet, wie im folgenden Beispiel:

Musikalisches Alphabet für die Steganographie
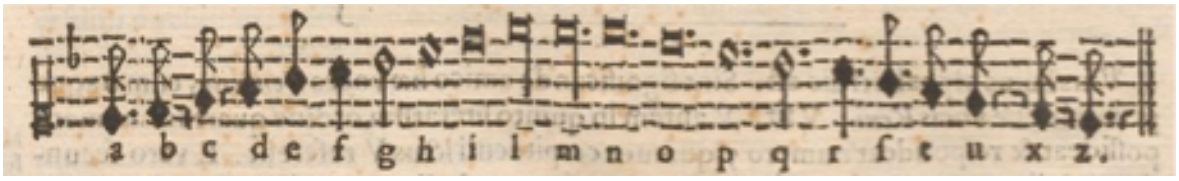


Beispiel für Steganographie des Textes: cedere cogemur
[wir werden gezwungen zu weichen]
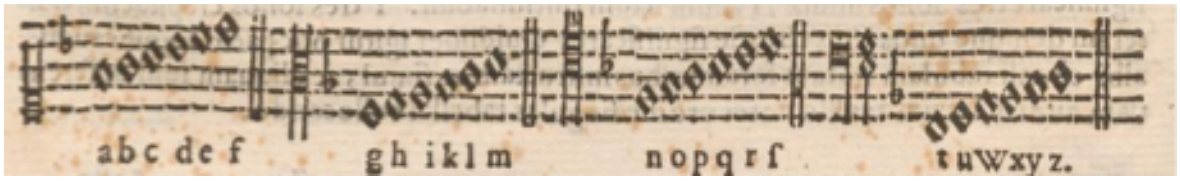


Auf diese Weise kann man unter die Musiknoten die geheimen Gedanken seines Geistes für einen anderen aufschreiben oder auch durch unterschiedliche Notenwerte wie es das folgende Schema für ein Alphabet zeigt.

Zweites musikalisches Alphabet
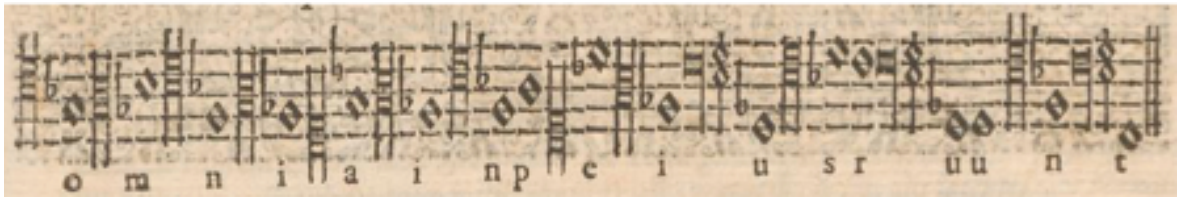


Oder aber durch verschiedene Noten bei der Bezeichnung verschiedener Stimmen wie im folgenden Beispiel:

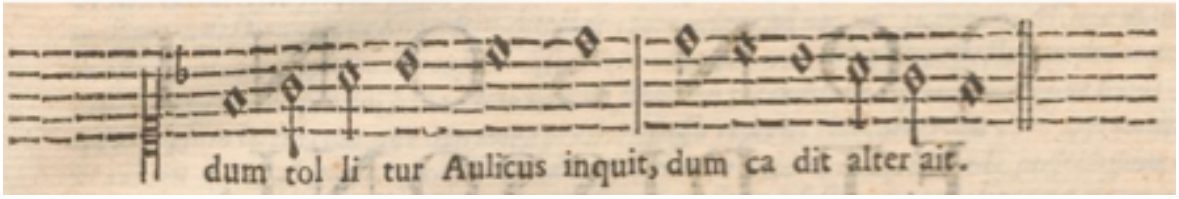
Drittes musikalisches Alphabet in vier Stimmen



<363> Beispiel für Stimmen für den Text: omnia in peius ruunt
[alles stürzt ins Verderben, vgl. Vergil, *Georgica* 199f.]
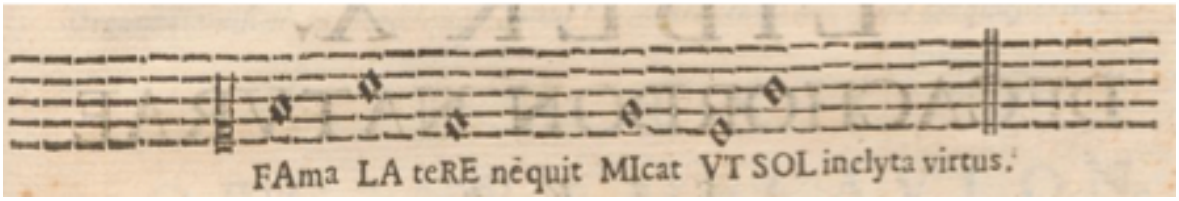


Unzählige andere solche Scherze kann man sich ausdenken, was wir aber mit Absicht unterlassen wollen, um nicht mit kindischem Zeug Zeit zu vergeuden. Einige pflegen geistreiche Scherze, die in Musiknoten ausgedrückt werden, einem anderen mitzuteilen. So ein Scherz ist dieses Stück von Owen:



Wenn ein Höfling aufsteigt, sagt er, fällt ein anderer, sagt er

Es gibt auch Leute, die lassen bestimmte Silben weg und machen so eine geistreiche Anspielung, wie zum Beispiel hier:



Nicht verbergen lässt sich der Ruhm, denn die bekannte Tugend strahlt wie die Sonne

Doch da dies schon andere behandelt haben, halten wir uns damit nicht weiter auf, sondern wenden unsere Feder anderem zu, das der Beschreibung würdiger erscheint.

