

Antike Musiktheorie und die Naturwissenschaftliche Revolution der Frühen Neuzeit

Wolfgang Fuhrmann

6378 pff
FUHRMANN, W.
2007, 22

1. Galileo Galilei, *Il Saggiatore* 6, 35–38, edizione critica e commento a cura di Ottavio Besomi e Mario Helbing, Rom / Padua 2005 (Medioevo e Umanesimo 105), S. 119f. Dass sich Galilei hier auf die Geometrie beruft, hängt mit dem Gegenstand der Schrift – den Himmelskörpern – zusammen; gewiss wird man ihm keine Distanz zur Arithmetik bescheinigen wollen. Die Kontroverse um die Kometen von 1618, der der *Saggiatore* sein Entstehen verdankt, lässt Galilei übrigens als recht kurz-sichtigen Leser im Buch des Universum dastehen; dazu Hans Blumenberg, *Die Lesbarkeit der Welt*, Frankfurt a.M. 1989 [1981], S. 71–78. – Für Hinweise danke ich den Teilnehmern der Tagung und für kritische Lektüre und andere Hilfe Melanie Wald (Zürich).
2. Zum historiographischen Problem vgl. auch David C. Lindberg / Robert S. Westman (Hg.), *Reappraisals of the Scientific Revolution*, Cambridge etc. 1990, vor allem den Beitrag von Lindberg, „Conceptions of the Scientific Revolution from Bacon to Butterfield: A Preliminary Sketch“, S. 1–26. Vgl. schließlich den Eröffnungssatz von Peter Dear, *Discipline & Experience: The Mathematical Way in the Scientific Revolution*, Chicago / London 1995, S. 1: „Modern science is an enterprise that developed into something approximating its current institutional form in nineteenth-century Europe“, mit weiteren Literaturhinweisen. Nichtsdestoweniger hält Dear – wie es auch hier geschehen soll – an dem Titel „Scientific Revolution“ für die Umbrüche in der *philosophia naturalis* im 16. und 17. Jahrhundert fest.

»Das Buch des Universums ist in mathematischer Sprache geschrieben« – in diesem berühmten Satz Galileo Galileis aus seiner 1618 erschienenen Schrift *Il Saggiatore* lässt sich das ganze Programm der naturwissenschaftlichen Revolution der Frühen Neuzeit zusammenfassen – ja im Grunde das ganze Programm der Natur- und Ingenieurwissenschaften bis heute.¹

»La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi (io dico l'universo), man non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri, ne quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto.«

Ist das Universum grundsätzlich mathematisch verfasst, dann sind wir bei seiner Lektüre wiederum auf die Mathematik angewiesen, denn ohne deren Hilfsmittel irren wir, wie Galilei schreibt, in der Welt nur wie in einem dunklen Labyrinth umher. Vielleicht sollte man statt von der Lesbarkeit der Welt lieber von ihrer Entzifferbarkeit sprechen. Was die Metapher jedenfalls unterschlägt, ist, dass es nicht einfach genügt, das Buch aufzuschlagen: zur Lektüre gehören methodisch durchgeführte Beobachtung und methodisch angelegtes Experiment.

Dies sind also die Kennzeichen der neuzeitlichen Naturwissenschaft. Sie entsteht etwa zwischen 1580 und 1650 im intrikaten Zusammenhang von mathematisch formulierter Hypothese und sinnengestützter Empirie – beide sind aufeinander angewiesen und korrigieren sich ständig wechselseitig. So steht es in den Geschichtsbüchern.

Aber tat sie das wirklich? Waren Johannes Kepler, Galileo Galilei, Francis Bacon oder Isaac Newton Naturwissenschaftler im heutigen Sinn? Gab es überhaupt eine Naturwissenschaftliche Revolution der Frühen Neuzeit? Diese Fragen sind in der neueren wissenschaftsgeschichtlichen Forschung zunehmend verneint worden. Und obwohl darüber schwerlich ein Konsens zu erzielen sein dürfte, ist doch die Verschiebung der Entstehung von »modern science« als einer institutionalisierten, organisierten, international verflochtenen und professionalisierten Standards gehorchenden Unternehmung in das 19. Jahrhundert eine deutlich wahrnehmbare Tendenz.

Genannt sei hier nur Andrew Cunningham / Perry Williams, »De-centering the »Big Picture«: *The Origins of Modern Science and the Modern Origins of Science*«, in: *British Journal for the History of Science* 26 (1993), S. 407–432, hier zitiert nach dem Wiederabdruck in Marcus Hellyer (Hg.), *The Scientific Revolution: The Essential Readings*, Oxford 2003 (Blackwell Essential Readings in History), S. 218–246. Der Titel dieses Aufsatzes nimmt Bezug auf das im englischen Sprachraum noch heute sehr verbreitete *textbook* von Herbert Butterworth, *The Origins of Modern Science 1300–1800*, London 1949. Cunningham/Williams plädieren für eine Verlagerung der Ursprünge moderner Naturwissenschaft in den Zeitraum von 1760 bis 1848.²

Antike Musiktheorie und die Naturwissenschaftliche Revolution der Frühen Neuzeit

Wolfgang Fuhrmann

- 1 Galileo Galilei, *Il Saggiatore* 6, 35–38, edizione critica e commento a cura di Ottavio Besomi e Mario Helbing, Rom / Padua 2005 (Medioevo e Umanesimo 105), S. 119f. Dass sich Galilei hier auf die Geometrie beruft, hängt mit dem Gegenstand der Schrift – den Himmelskörpern – zusammen; gewiss wird man ihm keine Distanz zur Arithmetik bescheinigen wollen. Die Kontroverse um die Kometen von 1618, der der *Saggiatore* sein Entstehen verdankt, lässt Galilei übrigens als recht kurz-sichtigen Leser im Buch des Universum dastehen; dazu Hans Blumenberg, *Die Lesbarkeit der Welt*, Frankfurt a.M. 1989 [1981], S. 71–78. – Für Hinweise danke ich den Teilnehmern der Tagung und für kritische Lektüre und andere Hilfe Melanie Wald (Zürich).
- 2 Zum historiographischen Problem vgl. auch David C. Lindberg / Robert S. Westman (Hg.), *Reappraisals of the Scientific Revolution*, Cambridge etc. 1990, vor allem den Beitrag von Lindberg, »Conceptions of the Scientific Revolution from Bacon to Butterfield: A Preliminary Sketch«, S. 1–26. Vgl. schließlich den Eröffnungssatz von Peter Dear, *Discipline & Experience: The Mathematical Way in the Scientific Revolution*, Chicago / London 1995, S. 1: »Modern science is an enterprise that developed into something approximating its current institutional form in nineteenth-century Europe«, mit weiteren Literaturhinweisen. Nichtsdestoweniger hält Dear – wie es auch hier geschehen soll – an dem Titel »Scientific Revolution« für die Umbrüche in der *philosophia naturalis* im 16. und 17. Jahrhundert fest.

»Das Buch des Universums ist in mathematischer Sprache geschrieben« – in diesem berühmten Satz Galileo Galileis aus seiner 1618 erschienenen Schrift *Il Saggiatore* lässt sich das ganze Programm der naturwissenschaftlichen Revolution der Frühen Neuzeit zusammenfassen – ja im Grunde das ganze Programm der Natur- und Ingenieurwissenschaften bis heute:¹

»La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi (io dico l'universo), man non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri, ne' quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto.«

Ist das Universum grundsätzlich mathematisch verfasst, dann sind wir bei seiner Lektüre wiederum auf die Mathematik angewiesen, denn ohne deren Hilfsmittel irren wir, wie Galilei schreibt, in der Welt nur wie in einem dunklen Labyrinth umher. Vielleicht sollte man statt von der Lesbarkeit der Welt lieber von ihrer Entzifferbarkeit sprechen. Was die Metapher jedenfalls unterschlägt, ist, dass es nicht einfach genügt, das Buch aufzuschlagen: zur Lektüre gehören methodisch durchgeführte Beobachtung und methodisch angelegtes Experiment.

Dies sind also die Kennzeichen der neuzeitlichen Naturwissenschaft. Sie entsteht etwa zwischen 1580 und 1650 im intrikaten Zusammenhang von mathematisch formulierter Hypothese und sinnengestützter Empirie – beide sind aufeinander angewiesen und korrigieren sich ständig wechselseitig. So steht es in den Geschichtsbüchern.

Aber tat sie das wirklich? Waren Johannes Kepler, Galileo Galilei, Francis Bacon oder Isaac Newton Naturwissenschaftler im heutigen Sinn? Gab es überhaupt eine Naturwissenschaftliche Revolution der Frühen Neuzeit? Diese Fragen sind in der neueren wissenschaftsgeschichtlichen Forschung zunehmend verneint worden. Und obwohl darüber schwerlich ein Konsens zu erzielen sein dürfte, ist doch die Verschiebung der Entstehung von »modern science« als einer institutionalisierten, organisierten, international verflochtenen und professionalisierten Standards gehorchenden Unternehmung in das 19. Jahrhundert eine deutlich wahrnehmbare Tendenz.

Genannt sei hier nur Andrew Cunningham / Perry Williams, »De-centering the »Big Picture«: *The Origins of Modern Science and the Modern Origins of Science*«, in: *British Journal for the History of Science* 26 (1993), S. 407–432, hier zitiert nach dem Wiederabdruck in Marcus Hellyer (Hg.), *The Scientific Revolution: The Essential Readings*, Oxford 2003 (Blackwell Essential Readings in History), S. 218–246. Der Titel dieses Aufsatzes nimmt Bezug auf das im englischen Sprachraum noch heute sehr verbreitete *textbook* von Herbert Butterworth, *The Origins of Modern Science 1300–1800*, London 1949. Cunningham/Williams plädieren für eine Verlagerung der Ursprünge moderner Naturwissenschaft in den Zeitraum von 1760 bis 1848.²

Die Protagonisten der Naturwissenschaftlichen Revolution des 16. und 17. Jahrhunderts, die heute gerne mit dem Epitheton »angeblich« oder dem Präfix »Proto-« versehen wird, hätten hingegen keineswegs die Grundlegung einer neuen oder gar der modernen Naturwissenschaft im Sinn gehabt und seien ebenso gut oder besser aus der Tradition der *philosophia naturalis* zu verstehen; erst das 18. Jahrhundert (Voltaire, Condorcet) hat sie zu Revolutionären erklärt.³

Begreiflicherweise kann ich mich hier auf diese historiographische Diskussion nicht einlassen; und ebenso wenig auf die Frage, ob die Mathematisierung der Physik oder die Durchführung von Experimenten – also die beiden Kennzeichen des 16. und 17. Jahrhunderts, die dem traditionellen wissenschaftshistoriographischen Ansatz als Paradigmen »fortschrittlicher« und »zukunftsweisender« Forschung galten – überhaupt im modernen Sinne einer Naturwissenschaft zu verstehen sind. Galileo Galilei, dem dieser Text nicht zufällig zuerst das Wort gab, gilt sogar trotz seiner unbestreitbaren Verdienste um diese beiden Paradigmen als ein besonders schwieriger Fall.

Schon der traditionellen wissenschaftsgeschichtlichen Erzählung war aufgefallen, dass sich in seinen Schriften das Verhältnis von (spekulativer) Vernunft und (empirischer) Beobachtung durchaus ambig gestaltet.⁴ Wenn es Charles Sanders Peirce zufolge nur drei Arten von wissenschaftlicher *inference* gibt – deduktiv (also von Axiomen abgeleitet), induktiv (also von empirischen Beobachtungen ausgehend) und was Peirce retroduktiv oder abduktiv nannte (von empirischen Beobachtungen zu erklärenden Hypothesen fortschreitend, also nur wahrscheinliches Wissen hervorbringend) –, dann war Galilei öfter, als man es glauben möchte, einem deduktiven Modell von Wissenschaft verpflichtet.

»Recent research«, so stellt etwa Peter Dear fest, „has shown that Galileo aimed at developing scientific knowledge, whether of moving bodies or of the motion of the earth, according to Aristotelian (or Archimedean) deductive formal structure of the mixed mathematical sciences.« Und: »Galilei's problem was that a true science had to rely on evident and universally acceptable premises; in having to adduce specialized, contrived experiences, Galileo admitted failure.«⁵

Selbst wenn man Galileis Behauptung, er habe in den *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze* (1638) »ex suppositione« argumentiert, und an dieser Argumentation würde sich auch nichts ändern, falls sich herausstellen sollte, dass die natürliche Bewegung von fallenden schweren Körpern damit nicht übereinstimmt – selbst wenn man diese für den angeblichen Vater der modernen Experimentalphysik einigermaßen erstaunliche Behauptung für Ironie nimmt, so steht doch fest, dass auch der eingangs zitierte Satz »Das Buch des Universums ist in mathematischer Sprache geschrieben« eher ein Axiom darstellt als eine empirisch überprüfbare Hypothese.⁶

Und das bringt uns darauf, dass auch dieser Satz auch von einem Pythagoräer stammen könnte, wäre die Metapher vom Buch des Universums nicht christlichen Ursprungs.⁷ Es ist in der Tat eines der erstaunlichsten Phänomene der Ideengeschichte, dass die pythagoreisch-platonische Idee einer mathematischen Fundierung der Welt zu Galileis Zeit gute zwei Jahrtausende gepflegt worden und doch bis ins späte 16. Jahrhundert in dogmatischen Schlummer versunken war. Man kann es freilich auch andersherum betrachten. Dann ist es eine bisher ungelöste Frage, warum gerade um 1600 ein induktiver Erkenntnisbegriff, der sich dem

3 Siehe D. C. Lindberg, »Conceptions« (wie Anm. 2), S. 6–9.

4 R. Hooykaas, »The Rise of Modern Science: When and Why?«, in: *British Journal for the History of Science* 20 (1987), S. 453–473, hier zitiert nach dem Neudruck in Marcus Hellyer (Hg.), *The Scientific Revolution: The Essential Readings*, Oxford 2003 (Blackwell Essential Readings in History), S. 19–43, Anm. 11 auf S. 34f.

5 P. Dear, *Discipline & Experience* (wie Anm. 2), S. 125f. und S. 127.

6 Diese Überlegungen verdanken sich Ernan McMullin, »Conceptions of Science in the Scientific Revolution«, in: Lindberg/Westman (Hg.), *Reappraisals* (wie Anm. 2), S. 27–92, vor allem S. 29–32 (Peirce' Modell) und S. 60–67 (Galilei). Dieses deduktive Verhältnis findet sich sogar noch bei Mersenne, dessen Experimente wesentlich methodischer angelegt und dokumentiert wurden. Vgl. Sebastian Klotz, »Vibration und Vernunft. Zur experimentellen Agenda in Marin Mersennes ›Harmonie universelle‹ (Paris 1636)«, in: Helmar Schramm / Ludger Schwarte / Jan Lazardzig (Hg.), *Spektakuläre Experimente. Praktiken der Evidenzproduktion im 17. Jahrhundert*, Berlin / New York 2006 (Theatrum Scientiarum 3), S. 279–294, und zu Mersennes Galilei-Lektüre Claude V. Palisca, »Mersenne pro Galilei contra Zarlinos«, in: Frank Callaway (Hg.), *Essays in Honour of David Evatt Tunley*, Nedlands 1995, S. 61–72, für unseren Zusammenhang vor allem S. 63–66.

7 Die Metapher stammt offenbar nicht von Augustinus, sondern aus einem bei Evagrius Ponticus überlieferten Antonius-Apophthegma; Günter Bader, *Melancholie und Metapher. Eine Skizze*, Tübingen 1990, S. 14 und 61f.

- 8 Zu all diesen Autoren vgl. das Standardwerk von Hendrik Floris Cohen, *Quantifying Music: The Science of Music at the First Stage of the Scientific Revolution, 1580–1650*, Dordrecht etc. 1984 (The University of Western Ontario Series in Philosophy of Science 23).
- 9 Penelope Gouk, »The Role of Harmonics in the Scientific Revolution«, in: Thomas Christensen (Hg.), *The Cambridge History of Western Music Theory*, Cambridge 2002, S. 223–245.
- 10 Vgl. Anicius Manlius Torquatus Severinus Boethius, »De institutione arithmetica I:1«, in: Gottfried Friedlein (Hg.), *Anicii Manlii Torquati Severini Boetii De institutione arithmetica libri duo, De institutione musica libri quinque, accedit Geometria quae fertur Boetii*, Reprint Frankfurt a.M. 1966 (Leipzig 1867), S. 1–173, hier S. 7–12.
- 11 Galileis Projekt einer Mathematisierung der Physik geriet ja unter heftigen wissenschaftstheoretischen Beschuss, nicht nur von Forschern wie dem französischen Jesuiten Honoré Fabri oder dem italienischen Astronomen Niccolò Cabeo, sondern auch von René Descartes selbst. Vgl. Dear, *Discipline & Experience* (wie Anm. 2), S. 134 und 138–144.
- 12 Stillman Drake, »Renaissance Music and Experimental Science«, in: *Journal of the History of Ideas* 31 (1970), S. 483–500. Vgl. auch die Schlussbemerkungen bei Jamie Croy Kasser, »Music as a Model in Early Science«, in: *History of Science* 20 (1982), S. 103–139, hier S. 129f.; skeptischer H. F. Cohen, *Quantifying Music* (wie Anm. 8), S. 247: »The science of music, then, was one of the sciences that made up the [scientific] revolution. No indication has been found that it actually brought it about [...].«

Humanismus verdankte, ein experimentelles Vorgehen, wie es in der spätmittelalterlichen Technik üblich war, und die Idee der Mess-, Wäg- und Zählbarkeit der Welt zusammengedacht wurden und eine Dynamik entfalteten, die das Antlitz unseres Planeten stärker verändert hat als alles andere.

Bis heute gibt es keine befriedigende Erklärung dafür, warum die Naturwissenschaftliche Revolution der Frühen Neuzeit innerhalb weniger Jahrzehnte ein so wirkungsmächtiges Programm entfalten konnte – zumal dieses Programm ja gerade in der Anfangszeit eher Behauptung blieb, man kann auch sagen: Paradigmenwechselpropaganda. Allerdings ist in der wissenschaftsgeschichtlichen Forschung seit etwa 1970 in zunehmendem Maße deutlich geworden, dass bei jedem der neue Standards setzenden Forscher des 17. Jahrhunderts – Galileo Galilei, Johannes Kepler, Simon Stevin, René Descartes, Marin Mersenne, Isaac Beeckman bis hin zu Isaac Newton – die Musik, genauer gesagt: die *musica scientia* eine bedeutende Rolle spielte.⁸ Musik ist ein Forschungsgegenstand, an dem im 17. Jahrhundert kaum einer vorbeikommt, der am Projekt einer Mathematisierung der Physik mitarbeitet – selbst wenn er sich, wie es zumindest von Newton heißt, für real erklingende Musik gar nicht erwärmen konnte.⁹ Das ist lange von einer Forschung übersehen worden, die Wissenschaftsgeschichte aus der Perspektive der aktuellen Disziplinen schrieb. Außerdem konnte man sogar in der Frühen Neuzeit mit Ideen zur Temperierung von Stimmungssystemen oder zur Erklärung der Konsonanz schwerlich Aufsehen erregen oder gar mit der Inquisition in Konflikt geraten, die musikalischen Interessen der frühen Naturwissenschaft blieben also im Vergleich zu den astronomischen eher unspektakulär. Erst die Forschungen von Claude Palisca, Stillman Drake, Hendrik Floris Cohen und anderen haben auf sie aufmerksam gemacht.

Nun scheint ein solches musikalisches Interesse an sich naheliegend. Das boethianische *quadrivium* kannte zwei Formen angewandter Mathematik: die Astronomie, die als angewandte Geometrie die beweglichen Größen behandelte, und die *musica*, die als angewandte Arithmetik die »auf anderes bezogene Vielheit« (*multitudo ad aliquid*) behandelte.¹⁰ So musste den Physiko-Mathematikern die musikalische Akustik als Sollbruchstelle einer auf der aristotelischen Physik beruhenden – und daher konsequent nicht-mathematischen – Naturbetrachtung erscheinen.¹¹ Insofern scheint es natürlich, dass eine Wissenschaft, die sich aus welchen Gründen auch immer der Mathematisierung der Natur verschrieben hat, der Astronomie und der Musik besondere Aufmerksamkeit schenkt. Für die erstere ist das ja hinlänglich bekannt, für die letztere insbesondere in Cohens Buch *Quantifying Music* hinreichend demonstriert.

Es ließe sich sogar mit guten Gründen behaupten – und es ist auch behauptet worden –, dass das Studium musikalisch-akustischer Phänomene eine Vorreiterfunktion in der sich entwickelnden Methode der neuzeitlichen Naturwissenschaft hatte.¹² Denn in der Tat, welche anschaulichere und schlagendere Demonstration der Behauptung, dass »das Buch des Universums in mathematischer Sprache geschrieben ist«, ließe sich finden als der Nachweis, dass den Konsonanzen Oktave, Quint

und Quart ganzzahlige Proportionen zugrunde liegen? Hier gibt es ein am Theorieinstrument Monochord, also unter genau definierten Bedingungen durchführbares Experiment, das sinnlichen Aufschluss über die mathematische Verfasstheit eines natürlichen Phänomens gibt: gleichsam die Urszene neuzeitlicher Naturwissenschaft. Denn der bestirnte Himmel über uns ist zwar ein vielleicht noch großartigeres Phänomen – aber er erlaubt nach aristotelischer Lehre keine Aufschlüsse über die sublunare (also irdische) Natur, und experimentieren lässt sich mit ihm auch nicht.

Die bedeutendsten Verfechter in der ersten Phase einer Mathematisierung der Physik, Galilei und Kepler, waren denn auch beide musikalisch höchst versiert. Galileo Galilei war Sohn, Bruder und Vater von Musikern; im Lautenspiel soll er nach dem Bericht Vincenzo Vivianis¹³ sogar seinen Vater Vincenzo übertroffen haben. Er hat selbst musikalische Experimente durchgeführt – wir werden darauf zurückkommen. Zu Galileos musikalischen Forschungen gehört unter anderem eine Koinzidenztheorie der Konsonanz, im Anschluss an die Theoreme des Mathematikers Giovanni Battista Benedetti – auch das kommt noch zur Sprache.¹⁴ Kepler seinerseits interessierte sich seit seinen frühen Jahren am Grazer Hof Erzherzog Ferdinands für Stimmungssysteme, musiktheoretische Interessen schlugen vom *Mysterium cosmographicum* bis zu den *Harmonices mundi libri* durch.¹⁵ Es ist möglich und – wie wir noch sehen werden – im Falle Galileis sogar hochwahrscheinlich, dass es musiktheoretische Einsichten waren, die beiden Forschern allererst die Idee einer mathematischen Vermessung natürlicher Phänomene eingegeben haben.

Damit scheinen wir allerdings wieder beim Ausgangspunkt angelangt. Denn die legendär dem Pythagoras zugeschriebene Einsicht in die mathematische Verfasstheit der Konsonanzen war ja nie in Vergessenheit geraten. Allem Anschein nach gehörte die Demonstration am Monochord durchaus zu den geläufigen Verfahrensweisen in Klosterschulen und anderen klerikalen pädagogischen Institutionen, ohne dass jemand daraus epistemologische Konsequenzen gezogen hätte. Wenn musiktheoretische Fragestellungen Galilei, Kepler und andere Forscher des 16. und 17. Jahrhunderts zu neuen Forschungen stimulierten, kann diese Anregung doch wohl kaum aus einem so gut abgehangenen Wissensgebiet gekommen sein. Um einen der besten Kenner der Materie zu zitieren:

»[I]t is this very transition that constitutes the true problem of the rise of early modern science. What was it that made Benedetti combine two ancient ideas, on consonance and on the wave propagation of sound, respectively, and in so doing cross a threshold the ancients had never cared to explore? What was it that made Vincenzo Galilei hit upon the experimental exploration, far beyond the ancient monochord, of certain physical variables on which musical pitch depends?«¹⁶

Ich möchte im Folgenden versuchen, diese beiden Fragen Cohens zu beantworten, und die Antwort wird in beiden Fällen lauten: die Wiederentdeckung der antiken Musiktheorie. Die antike Musiktheorie nämlich konstituierte in der Tat ein Corpus, das dem lateinischen Mittelalter unbekannt war. Das Mittelalter kannte nur die spätantiken Kompilationen eines Boethius, Martianus Capella, Cassiodor und anderer, die an der rea-

13 Vincenzo Viviani, »Racconto istorico della vita di Galileo«, in: G. Galileo, *Opere* 19 (wie Anm. 1), S. 602, hier nach Philippe Canguilhem, »Tel père, tel fils? Les opinions esthétiques de la famille Galilei«, in: *International Review of the Aesthetics and Sociology of Music* 23 (1992), S. 27–42, hier S. 28.

14 S. Drake, »Renaissance Music« (wie Anm. 12), Claude V. Palisca, »Scientific Empiricism in Musical Thought«, zuerst in: Howell Rhys (Hg.), *Seventeenth Century Science and the Arts*, Princeton (New Jersey) 1961, S. 91–137; hier zitiert nach dem überarbeiteten und mit einer wichtigen Einleitung versehenen Neudruck in: Claude V. Palisca, *Studies in the History of Italian Music and Music Theory*, Oxford usw. 1994, S. 200–235.

15 Susi Jeans / H. Floris Cohen, Art. »Kepler, Johannes«, in: Stanley Sadie (Hg.), *The New Grove Dictionary of Music and Musicians*, London / New York 2001, Bd. 13, S. 487f.

16 Hendrik Floris Cohen, »Beats and the Origin of Early Modern Science«, in: Victor Coelho (Hg.), *Music and Science in the Age of Galileo*, Dordrecht etc. 1992, S. 17–34, hier S. 33f.

- 17 Eine genaue Darstellung der Erforschung und Rezeption antiker Musiktheorie vom 14. bis ins 17. Jahrhundert bei Claude V. Palisca, *Humanism in Italian Renaissance musical Thought*, New Haven etc. 1985.
- 18 Neben Cl. V. Palisca, *Humanism* (wie Anm. 17) vgl. noch Daniel P. Walker, »Some Aspects of the Musical Theory of Vincenzo Galilei and Galileo Galilei«, in: Ders., *Studies in Musical Science in the Late Renaissance*, London / Leyden 1978, S. 14–26 (zuerst in: *Proceedings of the Royal Musical Association* 100 [1973/74], S. 33–47).
- 19 Zum Folgenden vgl. H. F. Cohen, *Quantifying Music* (wie Anm. 8), S. 45–74, v.a. S. 59f.; Stillman Drake, »Music and Philosophy in Early Modern Science«, in: V. Coelho (Hg.), *Music and Science* (wie Anm. 16), S. 3–16., hier S. 8f.
- 20 P. Gouk, »The Role« (wie Anm. 9), S. 238f, mit Verweis auf Penelope Gouk, *Music, Science and Natural Magic in Seventeenth-Century England*, New Haven etc. 1999, S. 251–254.

len Bewegung der Gedanken längst nicht mehr teilhatten. Auch die Wiederentdeckung der antiken Musiktheorie geschah, gemessen an der Chronologie der Renaissance, eher spät. Mathematische Disziplinen standen ja nicht sehr weit oben auf der humanistischen Agenda, und das wirkte sich eben auch auf die Editions-geschichte der antiken Musiktheoretiker aus.¹⁷ Ptolemaios, Aristoxenos und die aristotelische Abhandlung *De audibilibus* beispielsweise erschienen erst 1562 in Venedig im Druck, mit einer lateinischen Übersetzung von Antonio Gogava – als Manuskripte zirkulierten sie freilich schon um 1500. So sickerte diese Gruppe von Texten erst im Laufe des 16. Jahrhunderts allmählich ins Bewusstsein der Gelehrten ein, und allmählich erst wandelte sich ihre Funktion vom bloß antiquarischen Zierrand zu einem realen theoretischen und praktischen Einfluss. Welche Wirkung sie auf die Musiktheorie der Renaissance ausgeübt hat – von Franchinus Gaffurio über Heinrich Glarean bis zu Gioseffo Zarlino und den Theoretikern der Florentiner Camerata –, das ist mittlerweile gut erforscht.¹⁸ Weniger intensiv scheint mir hingegen der Frage nachgegangen worden zu sein, ob und wie diese antiken Texte die Entstehung der neuzeitlichen Naturwissenschaft beeinflusst haben.

»Beeinflussung« gehört allerdings, ebenso wie »Wirkungsgeschichte« oder »Rezeption«, zu den historiographischen Hilfs- oder Verlegenheitsausdrücken, die eher zur Verdunkelung als zur Erhellung komplexer historischer Sachlagen dienen. Und im zur Rede stehenden Zusammenhang erscheint er doppelt problematisch. Denn zur Rhetorik der neuzeitlichen Naturwissenschaft gehört ja ihre proklamierte Befreiung von Autoritäten aller Art, also von Geschichte. Nicht immer treibt das so skurrile Blüten wie im Falle des niederländischen Ingenieurs und Mathematikers Simon Stevin (1548–1620).¹⁹ Stevin war vermutlich der Erste, der in seinem Traktat *Vande Spiegheling der Singconst* (vor 1605) eine Teilung der Oktave in zwölf genau gleiche Intervalle proklamierte und berechnete, wobei der Halbton der Proportion der zwölften Wurzel aus 1:2 entspricht. Natürlich sind so auch die ganzzahligen Proportionen für Quinte und Quarte dahin und damit alle Axiome der antiken Musiktheorie. Und an diesem Punkt zeigt sich Stevin als Kenner der antiken Musiktheorie, indem er sein Bedauern darüber ausdrückt, dass Ptolemaios und alle anderen Griechen so falsch gelegen hätten. Dies sei aber nicht unverständlich, denn den Griechen hätte das wichtigste Hilfsmittel zur Wissenschaft gefehlt, die richtige Sprache: jene Sprache, die den unverstellten Zugang zur Wahrheit ermöglicht hätte – nämlich Niederländisch.

Ich erwähne dieses etwas skurrile Beispiel, weil zur Idee der »Wirkungsgeschichte« auch die Wirkungsgeschichte unter negativem Vorzeichen gehört. Auch wenn Stevins Traktat keinerlei Wirkung auf die Geschichte der modernen Temperatur gezeitigt hat – er wurde erst 1884 veröffentlicht –, muss er als Rezeptionsbeleg ernst genommen werden. Er zeigt, was in jenem Zeitalter möglich war auch an Distanzierung von den Traditionen der Antike – auch wenn Stevin zur Legitimation solcher Distanz auf die damals übliche und bis Newton wirksame²⁰ Idee einer Urzeit von Weisen zurückgreift (die selbstverständlich alle Niederländisch sprachen).

Solche Legitimationsmodelle versuchen freilich noch nie Dagewesenes zu kaschieren – und gewiss stellte die Naturwissenschaftliche Revolution ein noch nie dagewesenes Phänomen dar. Welchen Sinn könnte es dann aber haben nachzuweisen, dass dieser oder jener Forscher diesen oder jenen antiken Text gelesen hat oder haben könnte? Die Konsequenzen, die er daraus zog, waren jedenfalls nicht die Konsequenzen, die die Griechen daraus zogen. Diesen erschien die Zahl als eine Substanz; jenem als eine Funktion. Diese nahmen die pythagoräischen Entdeckungen nicht zum Anlass, weiter nach mathematischen Verhältnissen im Naturgeschehen zu fragen; jener hatte teil am Prozess der theoretischen Neugierde, wie ihn Hans Blumenberg aus Entwicklungen der spätmittelalterlichen Theologie abgeleitet hat.²¹

Nichtsdestoweniger sei hier die These vertreten, dass einer der entscheidenden Faktoren in der Genese der naturwissenschaftlichen Revolution eben nicht nur das Studium der musikalischen Akustik war, sondern das Studium der antiken Musiktheorie, das neue Perspektiven auf altbekannte Sachverhalte eröffnete – auch wenn dieses Studium an und für sich ebenso wenig revolutionäres Potenzial in sich barg wie irgendein anderer isoliert betrachteter Faktor.

Um diese These zu stützen, greife ich die oben zitierten Fragen Cohens auf, um an zwei entscheidenden Fragen der musikalischen Akustik den Einfluss der Antike aufzuzeigen.

1. Die Koinzidenztheorie der Konsonanzen

Zur Erinnerung: Cohens erste Frage lautete, was Giovanni Battista Benedetti dazu veranlasst habe, antike Theorien über die Konsonanz und die Fortpflanzung des Schalls miteinander zu kombinieren. Benedetti (1530–1590) war ein in Parma und Turin tätiger Mathematiker. Die fragliche Theorie hat er in einem Brief an den Komponisten Cipriano de Rore entworfen, der vermutlich 1563 oder 1564 geschrieben wurde.

Benedetti möchte die einfachen Konsonanzen Unisonus, Oktave und Quinte erklären. Er geht von der Beobachtung aus, dass Saiten umso schneller schwingen, je kürzer sie sind. Dabei unterstellt er, dass die Geschwindigkeiten der Schwingungen sich genauso verhalten wie die Proportion der Saitenlängen. Wenn man beispielsweise die Saite eines Monochords im Verhältnis 2:1 teilt, so verhalten sich die Schwingungen in der Proportion 1:2, »ut in qualibet secunda percussione minoris portionis ipsius chordae, maior percutiet, seu concurret cum minori« – sodass jeder zweite Ausschlag des kürzeren Saitenteils mit dem Schlag des längeren zusammentrifft.²²

Entsprechendes gilt auch für die Quinte (Proportion: 3:2), bei der die Schwingungen im Verhältnis 2:3 stehen: Hier koinzidiert jeder dritte Ausschlag der schneller schwingenden kürzeren Saite mit jedem zweiten der langsamer schwingenden längeren. Diese proportionale Übereinstimmung der Schwingungen und der dadurch erzeugten Luftwellen – *undae aeris* – erzeugt offenbar den sinnlichen Eindruck eines harmonischen Zusammenklangs.

21 Hans Blumenberg, *Die Legitimität der Neuzeit*, erneuerte Ausgabe, Frankfurt a.M. 1996 (1966), Abschnitt 2.

22 Zitiert nach Cl. V. Palisca, »Scientific Empiricism« (wie Anm. 14), S. 215. Die Briefe erschienen erstmals in Benedettis *Diversarum speculationum mathematicarum & physicorum liber*, Turin 1585, eine Edition bei Josef Reiss, »Jo. Bapt. Benedictus, De intervallis musicis«, in: *Zeitschrift für Musikwissenschaft* 7 (1924/25), S. 13–20.

- 23 Galileo Galilei, »Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze« (1638), in: *Opere* 8 (wie Anm. 1), S. 147, hier zitiert nach H. F. Cohen, *Quantifying Music* (wie Anm. 8), Anm. 33 auf S. 271. Vgl. auch Robert E. Butts, »Tickles, Titillations, and the Wonderful Accidents of Sounds: Galileo and the Consonances«, in: V. Coelho (Hg.), *Music and Science* (wie Anm. 16), S. 115–129.

- 24 H. F. Cohen, *Quantifying Music* (wie Anm. 8), S. 206, und S. 254–258 zur Begründung ihres Erfolgs: Die Koinzidenztheorie erklärte die Tatsachen keineswegs »besser«, aber sie war die einzige verfügbare »physikalische« Erklärung, indem sie sich auf Bewegung berief statt auf Zahlen (oder wie in Keplers *Harmonice mundi* auf geometrische Figuren). Nicht ihr Erklärungswert, sondern ihre Kompatibilität mit dem Forschungsprogramm von Galilei, Merenne oder sogar Descartes machte ihre Attraktivität aus.

- 25 Patrizio Barbieri, »Galileo's coincidence theory of consonances, from Nicomachus to Sauveur«, in: *Recercare: rivista per lo studio e la pratica della musica antica* 13 (2001), S. 201–232.

- 26 Boethius, »De institutione musica I, 31«, in: Friedlein (Hg.), *Boetii De institutione* (wie Anm. 10), S. 177–371: S. 222.

- 27 *De audibilibus* 804 a, Übersetzung: Andrew Barker, *Greek Musical Writings*, Cambridge etc., Bd. 2: *Harmonic and Acoustic Theory* (1989), S. 107.

- 28 *Problemata physica* XIX, 39 (Übersetzung ebenda, S. 95).

- 29 Vgl. *De audibilibus* 801a. Bakers Behauptung (n. 40, 107f.), die Frequenz habe in *De audibilibus* nichts direkt mit der Tonhöhe zu tun, kann ich aber nicht nachvollziehen.

Diese Schlussfolgerung wird von Benedetti allerdings nicht ausdrücklich gezogen; erst Galileo Galilei hat fünfzig Jahre später auf der Basis dieser Koinzidenztheorie der Konsonanz eine psychoakustische Theorie entwickelt:

»Consonanti, e con diletto ricevute, saranno quelle coppie di suoni che verranno a percuotere con qualche ordine sopra'l timpano; il qual ordine ricerca, prima, che le percosse fatte dentro all'istesso tempo siano commensurabili di numero, acciò che la cartilagine del timpano non abbia a star in un perpetuo tormento d'inflettersi in due diverse maniere per acconsentire ed ubbidire alle sempre discordi battiture.«²³

»Konsonant sind und mit Vergnügen gehört werden solche Paare von Klängen, die das Trommelfell mit einer gewissen Ordnung berühren; und diese Ordnung verlangt, dass die gleichzeitig erzeugten Pulsationen in einer zahlenmäßigen Kommensurabilität stehen, damit das Trommelfell nicht ständig Qualen erleidet, weil es sich in zwei verschiedene Richtungen verrenken muss, um den nicht übereinstimmenden Impulsen Genüge zu tun.«

Soweit die Koinzidenztheorie der Konsonanz, als deren Urheber lange Zeit Benedetti galt, und die nach 1600 innerhalb weniger Jahrzehnte die ehrwürdige pythagoreisch-mathematische Konsonanztheorie aus dem Bewusstsein der Gelehrten verdrängte.²⁴ Nun hat aber Patrizio Barbieri darauf hingewiesen, dass schon zehn Jahre vor Benedettis Publikation, 1575, Francesco Maurolico in seinen *Opuscula mathematica* die entsprechende Theorie knapp zusammengefasst hat: »Commensurabilitatem percussio-num efficere consonantiam«, die Kommensurabilität der Impulse bringe die Konsonanz hervor.²⁵ Maurolico seinerseits verweist jedoch *expressis verbis* auf eine andere Autorität für diese Theorie – nämlich auf niemand anderen als Boethius. Und tatsächlich gibt es in der *Institutio musica* eine sehr knappe Passage, die auf einen verschollenen Traktat des Nikomachos von Gerasa verweist. Hier heißt es:

»Si igitur percussiones gravium sonorum commensurabiles sint percussio-nibus acutorum sonorum, ut in his proportionibus, quas supra retulimus, non est dubium, quin ipsa commensuratio sibimet misceatur unamque vocum efficiat consonantiam.«²⁶

»Wenn also die Impulse der tieferen Töne den Impulsen der höheren Töne kommensurabel sind, wie in jenen Proportionen, die wir eben behandelt haben, dann unterliegt es keinem Zweifel, dass diese Kommensuratio sich mit sich selbst vermischt und eine Konsonanz der Stimmen hervorruft.«

Das ist knapp, aber sehr deutlich dieselbe Theorie, die auch Benedetti vertritt. Aber es gibt noch weitere antike Belege. Denn auch der peripatetische Traktat *De audibilibus* behauptet, wenn auch in verkürzter Argumentation, dass langsamere Schwingungen in Konsonanzen mit schnelleren koinzidieren.²⁷ Und die gleiche Lösung bieten die pseudo-aristotelischen *Problemata physica* an: der zweite Impuls in die Luft, den *nêtê* verursacht, entspricht *hypatê*; das ist das Verhältnis der Oktave: 2:1, in dem diese beiden Töne stehen.²⁸

Die physikalische Koinzidenztheorie der Konsonanz ist also antiken Ursprungs. Allerdings muss um der Gerechtigkeit willen zugestanden werden, dass die Griechen keine rechte Vorstellung davon hatten, was die physikalischen Auswirkungen der unterschiedlichen Saitengeschwindigkeiten sind. Eine durchaus verbreitete, u.a. auch vom Autor von *De audibilibus* vertretene Theorie besagt etwa, höhere, also durch höhere Frequenz hervorgebrachte Töne bewegten sich auch schneller.²⁹ Hier gab es in der Tat noch offene Fragen, denen sich das 17. Jahrhundert zuwenden konnte.

Nach H. F. Cohen, *Quantifying Music* (wie Anm. 8), S. 199f., wurde die Koinzidenztheorie der Konsonanz gleich dreimal unabhängig voneinander entwickelt (Maurolicos Beitrag war Cohen noch nicht bekannt): von Benedetti, Galileo Galilei und von Isaac Beeckman 1614/15 in seinem unveröffentlichten *Journal*. Noch vor Galilei hatte auch Descartes in einem Brief an Marin Mersenne die Koinzidenztheorie dargelegt, offensichtlich in (uneingestandenem) Anschluss an Beeckman.³⁰

2. Vincenzo Galileis musikalische Experimente

Die zweite Frage Cohens bezog sich auf Vincenzo Galilei, den Vater Galileos, berühmten Lautenisten und Verfasser eines bedeutenden musiktheoretischen Traktats über das Verhältnis zwischen antiker und moderner Musik.³¹ »Was hat Vincenzo Galilei dazu veranlasst«, fragt Cohen, »dass er sich – weit jenseits des antiken Monochords – auf die experimentelle Erforschung bestimmter physikalischer Variablen der musikalischen Tonhöhe verlegte?«³²

Diese Frage führt uns, vielleicht mehr noch als das Problem der Koinzidenztheorie, in das Zentrum des naturwissenschaftlichen Projekts der Frühen Neuzeit. Vincenzo Galilei (ca. 1520–1591) ist eine paradoxe Figur der Ideengeschichte. Auf der einen Seite vertrat er die Sache des antiken Sologesangs gegen die moderne Kunstmusik so entschieden wie nur irgendein Mitglied der Florentiner Camerata. Auf der anderen Seite zeigte er sich aber von der Zahlenspekulation des antiken Pythagoreismus vollkommen unberührt – und das nicht nur, was die praktischen Erfordernisse einer gestimmten Laute anbelangt. Beides dürfte auf seine Emanzipation von seinem Lehrer Gioseffo Zarlino und dessen pythagoreisch fundierter Musiktheorie zurückzuführen sein, wie sie unter dem Einfluss des größten Kenners griechischer Musiktheorie im 16. Jahrhundert, Girolamo Mei, erfolgte; mit Zarlino führte Galilei über Jahre hinweg eine äußerst erbitterte Polemik.

In den 80er und frühen 90er Jahren des 16. Jahrhunderts führte Vincenzo Galilei eine Reihe von musikalischen Experimenten durch. Möglicherweise handelte es sich um die ersten überhaupt, die Stillman Drakes Kriterium eines naturwissenschaftlichen Experiments erfüllen: »[T]he manipulation of physical objects for the purpose of verifying a mathematical rule preconceived as applicable to their behavior, or for the purpose of discovering a rule involved in that behavior.«³³

Es bleibt freilich fraglich, ob Vincenzos Experimente wirklich »naturwissenschaftlich« waren, scheinen sie doch vor allem deswegen durchgeführt worden zu sein, um als polemische Waffe gegen Zarlino zu dienen.³⁴ Jedenfalls haben diese Experimente offenbar seinen Sohn Galileo angeregt: Die frühesten Experimente Galileos sind erst um 1608 nachweisbar; in seinem frühen Traktat *De motu* (entstanden in Pisa vor 1592) gibt es keine Berufung auf *experimentum* oder *experientia* im später üblichen Sinn.³⁵

Die wissenschaftliche Bedeutung des Experiments zur Erlangung oder Bestätigung einer mathematischen Regel scheint ihm erst später aufgegangen zu sein, und es ist wohl kaum abwegig anzunehmen, dass dabei die Versuche seines Vaters eine Rolle gespielt haben. In seinen *Discorsi* hat Galileo dann jedenfalls dieselben Ergebnisse veröffentlicht

30 Vgl. H. F. Cohen, *Quantifying Music* (wie Anm. 8), S. 167f. (vgl. auch P. Barbieri, »Galileo's coincidence theory« [wie Anm. 25], S. 207f., und zum Prioritätsstreit zwischen Beeckman, Descartes und Mersenne Cohen S. 187–201). Möglicherweise verdanken sich diese »Heterogenesen« dem gemeinsamen Referenzpunkt der antiken Musiktheorie – Mersenne zumindest beruft sich 1623 auf Boethius (Barbieri, S. 209).

31 *Dialogo della musica antica e della moderna*, Florenz 1581.

32 Wie Anm. 16.

33 S. Drake, »Renaissance Music« (wie Anm. 12), S. 497. Es sei angemerkt, dass die Frage, was ein »eigentliches« wissenschaftliches Experiment ausmache, in der Forschung äußerst kontrovers diskutiert wird.

34 So klassifiziert H. F. Cohen, *Quantifying Music* (wie Anm. 8), S. 84, V. Galilei als »an experimentalist [...], but still a fairly half-hearted one«, und auch nach den Kriterien von P. Dear, *Discipline & Experience* (wie Anm. 2), wäre Vincenzo wohl kaum als Experimente zu bezeichnen. Vgl. dagegen Claude V. Palisca, »Was Galileo's Father an Experimental Scientist?«, in: V. Coelho (Hg.), *Music and Science* (wie Anm. 16), S. 143–151 (auch in: Paolo Gozza [Hg.], *Number to Sound: The Musical Way to the Scientific Revolution*, Dordrecht / Boston / London 2000, S. 191–199). Vgl. zum Folgenden auch die Darstellung von Brigitte Van Wymeersch, »Les rapports entre la musique et la science dans la seconde moitié du XVI^e siècle«, in: *Revue des Questions Scientifiques* 169 (1998), S. 179–207.

35 Cl. V. Palisca, »Was Galileo's Father« (wie Anm. 34), S. 146; ebenso S. Drake, »Music« (wie Anm. 19), S. 10f. Zustimmung H. F. Cohen, *Quantifying Music* (wie Anm. 8), S. 92. 183.

36 G. Galilei, »Discorsi«, in: *Opere* 8 (wie Anm. 1), S. 143f. Zitiert bei Cl. V. Palisca, »Scientific Empiricism« (wie Anm. 14), S. 232f., oder Sigalia Dostrovsky / John T. Cannon, *Entstehung der musikalischen Akustik (1600–1750)*, in: Carl Dahlhaus et al., *Hören, Messen und Rechnen in der Frühen Neuzeit*, Darmstadt 1987 (Geschichte der Musiktheorie 6), S. 7–79, hier S. 17f.

37 Vincenzo Galilei, »Discorso particolare intorno alla diversità delle forme del diapason«, ediert und übersetzt in: Claude V. Palisca, *The Florentine Camerata: Documentary Studies and Translations*, New Haven 1989, S. 180–197, hier S. 180.

38 V. Galilei, »Discorso«, passim. Diese letzte Gleichung ist bestritten worden von D. P. Walker, *Studies* (wie Anm. 18), S. 24 mit dem Hinweis, dass die Länge und nicht das Volumen für die Tonhöhe einer Pfeife verantwortlich sei; verteidigt wurde sie von Cl. V. Palisca, *Florentine Camerata* (wie Anm. 37), S. 159 und Anm. 14 auf S. 191; vgl. ders., *Studies* (wie Anm. 14), S. 202. Offensichtlich ist auch der Durchmesser ein Faktor bei der Tonhöhenzeugung einer Pfeife.

39 Vincenzo Galilei, *Discorso intorno alle opere di messer Gioseffo Zarlino da Chioggia*, Florenz 1589 (Faksimile Mailand 1933), S. 103–105 veröffentlicht. Dazu Cl. V. Palisca, »Scientific Empiricism« (wie Anm. 14), S. 227–233 (und S. 202–204 der Einleitung) und ders., »Was Galileo's Father« (wie Anm. 34), passim. Vgl. auch H. F. Cohen, *Quantifying Music* (wie Anm. 8), S. 82f.

– und sie durch seine bereits zitierte psychoakustische Variante der Koinzidenztheorie erklärt.³⁶

Dass Vincenzo Galilei seine Versuchsanordnungen doch nicht nur als Ad-hoc-Verfahren betrachtet, sondern mit ihnen einen theoretischen Hintergrund verbunden haben könnte, das legt der Beginn seiner kleinen, nur im Manuskript überlieferten Abhandlung *Discorso particolare intorno alla diversità delle forme del diapason* (1589/90?) nahe. Hier findet sich die so beiläufige wie programmatische Feststellung: »quantunque poche cose siano quelle che non possino essere e' pesate, et numerate, et misurate.« – »Denn nur wenige Dinge gibt es, die nicht gewogen und gezählt und gemessen werden können.«³⁷ Das ist noch nicht ganz dasselbe wie von der mathematischen Lesbarkeit der Welt zu sprechen, aber es kommt ihm doch nahe – nebenbei mit einem unüberhörbaren Anklang an den Satz aus dem Buch der Weisheit (11, 21), Gott habe alles nach Maß, Zahl und Gewicht geordnet. Während man dem späten biblischen Text neoplatonisch-pythagoreisierende Tendenzen unterstellen darf (als einziger im Alten Testament ist er in griechischer Sprache verfasst), ist Vincenzos Ansatz eher von technischer Nüchternheit geprägt und im Ergebnis strikt antipythagoreisch. Wo sein ehemaliger Lehrer und späterer Erzfeind Gioseffo Zarlino von *numeri sonori* gesprochen hatte, von klingenden Zahlen, hält ihm Galilei entgegen, dass eine Zahl keinen *corpo* habe und daher auch nicht klingen könne. Klingen könnten eben nur Körper.

Im *Discorso* berichtet Vincenzo über seine Versuche, herauszufinden, wie das Intervall der Oktave zustande kommt, indem er klingende Körper vermaß und wog. Das einfachste Verfahren ist, eine Saite im Verhältnis 2:1 zu teilen und beide Teile anzuschlagen. Das stimmt mit der pythagoräischen Lehre überein. Ein weiteres Experiment ist, zwei Saiten von derselben Dicke und Qualität aufzuhängen und mit Gewichten aus demselben Material zu beschweren; und hier stellt Vincenzo fest, dass die Gewichte das Verhältnis von 4:1 aufweisen müssen, die pythagoräische Proportion zum Quadrat, damit die Spannung der Saiten das Intervall einer Oktave hervorruft. Drittes Experiment: Vincenzo fragt nach dem mathematischen Verhältnis zwischen zwei Hohlkörpern, beispielsweise zwei Orgelpfeifen, und erklärt, es verhalte sich wie die Kubikzahlen der Proportion 2:1 zueinander: 8:1 ergibt eine Oktave.³⁸

Das sind Experimente einer mathematischen Physik, auch wenn Vincenzo Galilei in seiner im Druck erschienenen Schrift *Discorso intorno alle opere di messer Gioseffo Zarlino da Chioggia* nicht diese Experimente schildert, sondern sie unter Berufung auf die »esperienza delle cose maestra« als allgemeingültige, von jedem nachvollziehbare Versuchsanordnungen beschreibt, also sozusagen vom neuzeitlichen Experiment wieder zum aristotelischen Erfahrungsbegriff zurück wechselt.³⁹ Aber wie kommt Galilei auf die merkwürdige Idee, Gewichte an Saiten aufzuhängen? In dem Traktat ist Zarlino, der Musiktheoretiker, Galileis bevorzugtes Angriffsziel; gegen seine pythagoreische Verklärung der Zahlen sind die nüchternen Demonstrationen gerichtet. Aber paradoxerweise ist es Pythagoras selbst, der Vincenzo dabei die Richtung weist.

Vincenzo war, dank der Instruktionen des Philologen Girolamo Mei, der antiken Musiktheorie nicht unkundig, wenn er sie auch nur in lateinischen Übersetzungen lesen konnte.

Zwar findet sich in den erhaltenen Briefen Meis an Galilei kein Hinweis darauf, doch sind sie nur ein Bruchteil der ursprünglichen Korrespondenz; 1582 erklärt Mei, er habe mit Galilei in den letzten fünf Jahren dreißig Briefe ausgetauscht und Galilei habe ihn zweimal in Rom besucht.⁴⁰

Eine Beschreibung von Pythagoras als einem experimentellen Naturwissenschaftler konnte Vincenzo etwa im 6. Kapitel des *Enchiridion* des Nikomachos von Gerasa finden. Als Pythagoras sein Schmiede-Erlebnis hinter sich gebracht hat, wiegt er die Hämmer und schafft sich Metallstücke an, die genau den Proportionen der Hämmer entsprechen.

»Dann«, fährt Nikomachos fort, »brachte er einen einzigen Balken unter dem Dach an, von einer Ecke seines Hauses bis zur anderen, damit kein Unterschied aus unterschiedlichen Balken entstehen oder auch nur vermutet werden konnte. An ihr hängte er vier Saiten auf, jede aus demselben Material, aus derselben Anzahl von Fasern, von gleicher Stärke und im selben Maß geflochten wie alle anderen. Dann befestigte er ein Gewicht am unteren Ende jeder Saite. Und indem er es so eingerichtet hatte, dass die Länge jeder Saite in jeder Hinsicht absolut gleich war, schlug er die Saiten an, immer zwei zugleich, und fand die Zusammenklänge ebenso wie zuvor [nämlich in der Schmiede], einen unterschiedlichen für jedes Paar.«⁴¹

Nun erst stellt Pythagoras fest, dass diese Gewichte zueinander in bestimmten Proportionen stehen. Und obwohl ihm, wie Nikomachos schreibt, bei der Arbeit mit den Gewichten Hände und Gehörsinn wund geworden sind, führt Pythagoras weitere Experimente durch, indem er die durch die Gewichte verursachte Saitenspannung auf ein Saiteninstrument überträgt; später demonstriert er die Konsonanzen an Töpfen, Auloi, Syringen, Monochorden, Trigona und so weiter.

Soweit die Geschichte. Sie findet sich sehr verkürzt bei Boethius:

»Hinc igitur [Pythagoras] domum reversus varia examinatione perpexit, an in his proportionibus ratio symphoniarum tota consisteret. Nunc quidem aequa pondera nervis aptans eorumque consonantias aure diiudicans [...]«⁴²

und, daran anschließend, im Mittelalter. Aber erst Vincenzo Galilei hat diese Vorgaben wirklich experimentell überprüft. Dazu hat ihn, wenn nicht Nikomachos oder eine andere der antiken Quellen, so wenigstens der auf ihnen basierende Bericht Zarlinos angeregt.

»[Pythagora,] hauendo fatto chorde di budella di pecore di grossezza vguale, attaccando ad esse li medesimi pesi de martelli, ritrouò le medesime consonanze; tanto più sonore, quanto le chorde per sua natura rendono il suono all' udito più grato.«⁴³

Jedenfalls erwähnt auch er ausdrücklich die herzustellende materielle Übereinstimmung der Saiten – »della medesima materia, uguali in lunghezza, in grossezza, et in bontà«.⁴⁴

Es ging hier nicht darum, in philologischer Manier »Vorläufern« und »Quellen« nachzujagen. Noch weniger war mein Anliegen nachzuweisen, dass die Forscher um 1600 den Anruf des griechischen *lógos* über den Abgrund der Zeiten hinweg vernommen hätten. Aber es bleibt festzuhalten, dass sich sowohl die Koinzidenztheorie der Konsonanz als auch Vincenzo Ga-

40 Vgl. *Girolamo Mei (1519–1594): Letters on Ancient and Modern Music to Vincenzo Galilei and Giovanni Bardi, a Study with Annotated Texts* by Claude V. Palisca, S. I. [Rom] 1960 (Musicological studies and documents 3), S. 12.

41 Nikomachos von Gerasa, *Enchiridion*, c. 6, in: Carl von Jan (Hg.), *Musici scriptores Graeci*, Reprint Hildesheim 1962 (Leipzig 1895), S. 245–248. Übersetzung: Barker, *Greek Musical Writings* 2, S. 256–258. Ein fast gleichlautender Bericht findet sich in Jamblichos' *Vita Pythagorica* 115–121; vgl. Dostrovsky/Cannon, *Entstehung* (wie Anm. 36), S. 15. Dass Vincenzo einfach die Experimente von Pythagoras reproduzierte, sollte die allzu glatte Interpretation seines Handelns als »instrumentelle Vernunft« zumindest irritieren (Daniel K. L. Chua, »Vincenzo Galilei, Modernity and the Division of Nature«, in: Suzannah Clark / Alexander Rehding [Hg.], *Music Theory and Natural Order from the Renaissance to the Early Twentieth Century*, Cambridge etc. 2001, S. 17–29; vor allem S. 22–25).

42 Boethius, »De institutione musica I, 11«, in: Friedlein (Hg.), *Boetii De institutione* (wie Anm. 10), S. 198.

43 Zarlino, *Le istitutioni harmoniche*, Venedig 1558, Lib. I, c. 1, S. 3f. Schon in der Antike hatte Ptolemaios, *Harmonica*, c. 8, 17, die pythagoreischen Experimente in Frage gestellt, aber nur aus forschungspraktischen Einwänden und ohne eine alternative Berechnung anzubieten.

44 »Bontà« könnte sich auf Reinheit, Gleichmäßigkeit oder Dichte des Materials beziehen. Vgl. Anm. 6 auf S. 183 der Edition von Palisca (wie Anm. 37).

45 Und auch nicht das Mittelalter, dem beides, Koinzidenztheorie und Experimentalakustik, zumindest umrisshaft aus Boethius' *Institutio musica* (I, 11 bzw. I, 31) bekannt war.

lileis akustische Experimente Anregungen und Vorgaben der antiken Musiktheorie verdanken. Ich möchte auf gar keinen Fall den Eindruck erwecken, als sei ein so komplexer Vorgang wie die Naturwissenschaftliche Revolution der Frühen Neuzeit monokausal auf das Studium der alten Texte zurückzuführen. Der beste Gegenbeweis ist ja, dass die Griechen selbst nicht in jenen Rausch des Messens, Zählens und Wiegens verfallen sind, der das Ethos der *nuove scienze* ausmacht.⁴⁵ Aber auch multifaktorielle historische Erklärungsmodelle gehen davon aus, dass die Geschichte einen anderen Kurs genommen hätte, wäre ein Faktor ausgefallen. Und in diesem Sinn sollte man, meine ich, die Schubkraft der antiken Musiktheorie beim *take off* der neuzeitlichen Naturwissenschaft nicht überschätzen. Auch die Lektüre des Buches des Universums hatte man aus den Büchern der Alten gelernt.

Summary

One of the most striking features of the so-called Scientific Revolution of the late 16th and 17th centuries is the mathematization of physics, as embodied, for instance, in Galileo Galilei's famous claim that »the book of the Universe is written in mathematical language«. In two research fields however, music and astronomy, this claim was already an established part of the age-old Pythagorean-Platonic tradition. Why, after almost two thousand years, did the time-honoured idea of sounding number suddenly give rise to experiments and new theories in the realm of musical acoustics? It is probable that the study of ancient Greek music theory during the sixteenth century was one of the main factors in this process. Two key episodes in the history of early modern acoustics – the emergence of the coincidence theory of sound, and Vincenzo Galilei's musical experiments – can be shown to be directly dependent on texts by Nikomachos and the peripatetic tradition. For, even if they wanted to read the book of Nature, early modern science still had to study the books of the Ancients.