Didymos des Musikers epimorischer Epizentrismus

Stefan Hagel

Vom Beitrag des Didymos zur antiken Musiktheorie ist nur Bruchstückhaftes bekannt. Gewirkt hat er wahrscheinlich um die Mitte des ersten Jh., unter anderem in Rom[1]. Aus seinem Werk finden wir allgemeine Überlegungen zum Verhältnis der verschiedenen musiktheoretischen und -praktischen Schulen in des Porphyrios Kommentar zur „Harmonik" des Ptolemaios zitiert[2]. Dort wiederum steht eine Tabelle der Proportionen, die Didymos für die musikalischen Intervalle angab, neben einigen eher flüchtigen Hinweisen zu seiner Methodik[3]. Letztere sind allerdings nicht dazu bestimmt, den Intentionen des Didymos gerecht zu werden; Ptolemaios erwähnt vor allem, was der Kritik in seinem eigenen System nicht standhält.

Einer Würdigung des Didymos muss daher die Rekonstruktion der inneren Logik seines Systems vorangehen. Das ist erst ansatzweise geschehen[4]. Auf eines der Prinzipien des Didymos, die Verwendung beider Teilsaiten bei der harmonischen Saitenteilung, werde ich anderswo eingehen. An dieser Stelle soll eine Eigenschaft seines Tonsystems untersucht werden, die die spärlichen Quellen gar nicht erwähnen: die epizentrische Intervallordnung. Ihre bewusste Integration von Seiten des Didymos muss daher auch erst wahrscheinlich gemacht werden.

Als das musiktheoretische Schrifttum in der frühen Kaiserzeit eine neue Blüte erlebte[5], blickte man bereits auf über fünfhundert Jahre einschlägiger Literatur zurück. Wir können davon ausgehen, dass man zumindest Aristoxenos Werke aus dem vierten Jh. v.Chr. im Original lesen konnte, dazu noch einiges Spätere und

1 Zu den überlieferten Lebensdaten und hypothetischen Verbindungen nach Alexandrien vgl. A. BARKER, Greek musicologists in the Roman Empire. In: T.D. Barnes (Hg.), The sciences in Greco-Roman antiquity (= Apeiron 27.4, Edmonton Alberta 1994) 53–74: 64–73.

2 Porph., *in Harm.* 26,6–29; 27,17–28,27 Düring. Vgl. A. BARKER, Greek Musical Writings II (Cambridge 1989) 242–244.

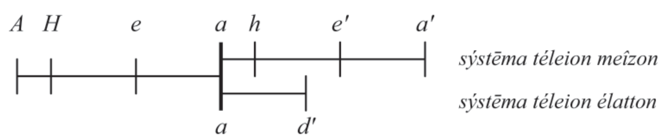
3 Ptol., *Harm.* 2,13, p.67,21–68,32 Düring; die Tabellen p.70–73.

4 BARKER, Greek musicologists 68–71.

5 Zu den Mechanismen, die in verhältnismäßig kurzer Zeit eine Reihe von Handbüchern hervorbrachten, vgl. BARKER, Greek musicologists 62.

vielleicht manches Frühere, wie etwa den berühmten Pythagoreer Archytas. Im Wesentlichen war die Diskussion durch die inkompatiblen Axiome der „Aristoxeniker" auf der einen und der „Pythagoreer" auf der anderen Seite bestimmt, die die mathematische Beschreibung von Intervallen betrafen. Nichtsdestoweniger griffen alle Autoren auf eine einheitliche Beschreibung des Tonraumes zurück, die eng mit der Musikpraxis verknüpft war und in der Notenschrift ebenso ihren Niederschlag fand wie in den Handbüchern. Diese Beschreibung ruhte auf drei Säulen: der „vollständigen Skala" (*sýstēma téleion*), die ein Tongerüst von zwei Oktaven aufbaut, der Lehre von den drei „Genera" (*génē*), die dieses Gerüst mit diatonischen, chromatischen oder enharmonischen Strukturen füllen, und schließlich den *tónoi* oder *trópoi*, die das ganze System auf verschiedene Tonhöhen setzen und so Modulation ermöglichen. Nur die letzteren sind für unseren Gegenstand ohne Belang.

Das *sýstēma téleion* wurde spätestens Anfang des 4. Jh. v. Chr. entwickelt, wohl im Zusammenhang mit dem aulos, dem dominanten Blasinstrument der antiken Hochkultur[6]. In relativer Notation, d.h. sodass seine diatonische Variante den weißen Tasten der Klaviatur entspricht, enthält es die folgenden „feststehenden" Töne:



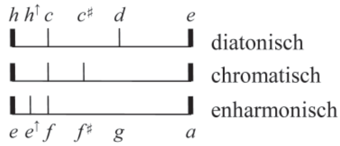
Wie ersichtlich, existierte das *sýstēma téleion* in zwei Varianten, der „Größeren Skala" (*sýstēma téleion meîzon*) und der modulierenden „Kleineren Skala" von geringerem Umfang (*sýstēma téleion élatton*). Die gesamte Struktur war unter dem Namen „Nichtmodulierende Skala" (*sýstēma ametábolon*) bekannt[7]. Wie ihre Verwendung in kosmologischen Zahlenspielen zeigt[8], wurde die größere Form schon ursprünglich als primär empfunden. Sie ist im folgenden gemeint, wenn ohne weitere Qualifikation vom *sýstēma téleion* die Rede ist.

Für die Unterteilung der Quarten kannte man im Prinzip drei Möglichkeiten. Die uns geläufige diatonische Form fügte, in aufsteigender Reihenfolge, an einen Halbton zwei Ganztöne; chromatische Tetrachorde bestanden aus einem „*pyknón*" aus zwei Halbtönen und einer leeren kleinen Terz; enharmonische Melodien schließlich zogen das *pyknón* auf zwei Vierteltöne zusammen, sodass eine leere große Terz übrigblieb:

6 Zu dieser Bezeichnung vgl. S. HAGEL, Modulation in altgriechischer Musik (Frankfurt am Main 2000) 36 mit Anm. 58.

7 Vgl. S. HAGEL, Twenty-four in auloi. Aristotle, Met. 1093b, the harmony of the spheres, and the formation of the Perfect System. In: S. Hagel u. Ch. Harrauer, Ancient Greek Music in Performance (Wien 2005) 51–91.

8 HAGEL, Twenty-four 78 mit Table 3.



Diese Beschreibung in „Vierteltönen“, „Halbtönen“ und „Ganztönen“ entstammt der Sprache der Musiker selbst und ist bis in die Spätantike die kanonische Definition der Genera. Sie impliziert einen kommensurablen Tonraum, in dem alle Stufen durch Vielfache von Vierteltönen miteinander in Beziehung gesetzt werden können. Dies erleichterte auch die Zusammenfassung in Tabellen, die mehr als ein Genus umfassen. Zumindest seit Aristoxenos gab es daneben Versuche, die feinen Schattierungen tatsächlich verwendeter Stimmungen wiederzugeben (*khróai*); alle diese wurden aber einem der drei Genera zugeordnet.

In Konkurrenz zu der beschriebenen einfachen Sprechweise trat die alte Erkenntnis der Pythagoreer, dass wohlklingende Intervalle einfachen Zahlenverhältnissen entsprechen. So wurde die „Harmonie“ der Leier-Oktave mit der Reihe 6:8:9:12 angegeben, und auch die Rahmenstruktur des *sýstēma téleion* konnte zu einfachen Zahlen in Beziehung gesetzt werden. Kompliziert wurde es allerdings bei den kleineren Intervallen. Zunächst errechnete man ein diatonisches Tetrachord, indem man, in Übereinstimmung mit der Methode der Leierstimmung in Quinten und Quarten, in die Quart zwei Ganztöne des Verhältnisses 9:8 einschrieb. Der verbleibende „Halbton“ erhielt so die unschöne Verhältniszahl 256:243 ($2^8:3^5$), genannt der „Rest“ (*leîmma*). Die Wirkmächtigkeit dieser musikalisch wenig brauchbaren reinen Quint-Quart-Diatonik, die noch heute als „Pythagoreische“ Stimmung bekannt ist, beruht auf ihrer Verwendung durch Plato in der Teilung der Weltseele des „Timaios“. Vor allem die zahlreichen Kommentare zu diesem Werk bilden einen eigenen Zweig antiker Musiktheorie[9], der einzig die „Pythagoreische“ Stimmung kennt. Der zweite chromatische Halbton wird hier durch die Subtraktion des *leîmma* von einem 9:8-Ganzton berechnet, was auf die *apotomé* mit dem abschreckenden Verhältnis 2187:2048 führt. Die Enharmonik fällt aus einer genuin „Pythagoreischen“ Berechnung überhaupt heraus, da ihre Vierteltöne nicht durch Quinten und Quarten eingestimmt werden können[10].

9 Vgl. A. BARKER, Early *Timaeus* Commentaries and Hellenistic musicology. In: R.W. Sharples u. A. Sheppard (Hgg.), Ancient approaches to Plato’s *Timaeus* (= Bulletin of the Institute of Classical Studies Suppl. 78, 2003) 73–87: 76–84.

10 Die mathematisch unzulänglichen Versuche des Philolaos am Ende des 5. Jh. v. Chr., auch die Enharmonik zu beschreiben, mussten aufgegeben werden. Vgl. dazu W. BURKERT, Weisheit und Wissenschaft. Studien zu Pythagoras, Philolaos und Platon (Nürnberg 1962) 376; 372–377; M.L. WEST, Ancient Greek Music (Oxford 1992) 167f; 235f; S. HAGEL, The context of tunings. Thirds and septimal intervals in ancient Greek music. Erscheint in: E. Hickmann u. R. Eichmann (Hgg.), Studien zur Musikarchäologie 5 = Orient-Archäologie (2006). Eine vierteltonlose „Pythagoreische“ Teilung des gesamten *sýstēma ametábolon* bietet Thrasyllos (Theon, *Util. math.* 91–93 Hiller).

Diese Vernachlässigung der Enharmonik hatte jedoch auch einen großen Vorteil. Die diatonischen und chromatischen Töne im *sýstēma téleion* bilden zusammen eine perfekte Spiegelsymmetrie. Ihr Zentrum ist die *mésē*, deren Name auf ihre Mittelstellung bereits auf der archaischen siebensaitigen Leier zurückgeht und die auch als Angelpunkt der Tonalität betrachtet wurde[11]. Die symmetrische Anordnung der Intervalle und Töne um diesen natürlichen Mittelpunkt ist in Diagramm 1 dargestellt.

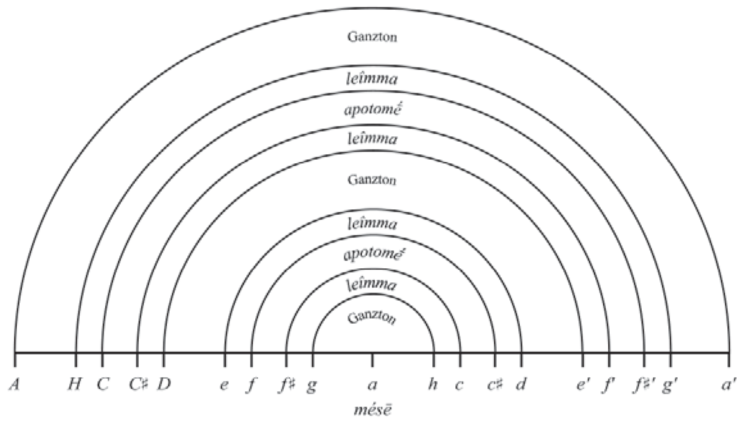


Diagramm 1: Die „Pythagoreische“ Symmetrie

Leider ist diese Eigenschaft des Systems in keiner erhaltenen Primärquelle besprochen. Dass sie bewusst war, geht aus einer Handschrift des 13. Jh. hervor, die die entstellte Abschrift einer rechnerischen Nachprüfung anhand einer diatonisch-chromatischen Saitenteilung enthält[12]. Die verwendeten Notennamen sind dabei völlig analog denen des Thrasyllos, der kurz vor Didymos schrieb, aus dessen Werk wir aber nur kurze Auszüge besitzen, und des etwas späteren Nikomachos, dessen ausführlichere Abhandlung ebenfalls verloren ist[13]. Beide stehen

11 Zur Diskussion über die Interpretation der diesbezüglichen Quellen vgl. R.P. WINNINGTON-INGRAM, Mode in Ancient Greek Music (Cambridge 1936) v.a. 6–9.

12 *Anecdota varia Graeca musica metrica grammatica*, ed. G. Studemund (Berlin 1886) 3–7; 14–19. Die Saitenlänge wird mit 24 Einheiten angenommen, sodass die *mésē* die Zahl 12, der höchste Ton, die *nétē hyperbolaíōn*, die Zahl 6 erhält. Die übrigen Töne werden z.T. als Brüche angegeben. Die Multiplikation der symmetrischen Paare ergibt jeweils das Quadrat der *mésē*, 144.

13 In dieser Tradition werden die höheren chromatischen und diatonischen Töne aller Tetrachorde abgekürzt als „*khrōmatikaí*“ und „*diátonoi*“ bezeichnet: Thrasyllos wie in Anm. 10; Nikom., *Ench.* 12, p. 264 Jan; *Exc. Nikom.* 9, p. 281 Jan (vgl. auch das sekundäre 20. Kapitel der pseudo-Euklidischen *Sectio canonis*, das ebenfalls eine „Pythagoreisch“-diatonische Teilung vornimmt). Die kanonische aristoxenische Version nennt zumindest die chromatischen Töne mit voller Bezeichnung *likhanoí khrōmatikaí* bzw. *paranêtai khrōmatikaí*; so auch die Notentabellen bei Alypios (Wo in einem Handbuch Material aus beiden Traditionen zusammengefasst wird, können die Notennamen wechseln: vgl. Gaudentios 17, p. 345 Jan, mit 23, p. 352–355 und

in der platonisierenden Tradition der „Pythagoreischen" Stimmung, sodass die Übereinstimmung in den Notennamen als Indiz für den antiken Ursprung der Symmetrieberechnung gelten kann.

Eine andere Strömung nahm ihren Ausgangspunkt offenbar von Archytas im frühen vierten Jh. v. Chr. Sie versucht an die Stelle von komplizierten Brüchen wie dem *leîmma* oder der *apotomé* auch für die kleineren Intervalle einfachere Zahlen einzusetzen. Eine besondere Rolle kommt dabei den „überteiligen" oder „epimorischen" Verhältnissen zu. Sie haben die Form $(n+1):n$, die bereits von den Konsonanzen der Oktave (2:1), der Quint (3:2) und der Quart (4:3), aber auch vom Ganzton (9:8) her bekannt war. Dieser mathematisch befriedigendere Ansatz ermöglichte es auch, Quasi-Halbierungen von Intervallen durchzuführen und sich so den praxisorientierten Angaben des Aristoxenos anzunähern – ein Bemühen, das sich mit dem Namen des Eratosthenes verbindet[14]. Didymos und nach ihm Ptolemaios haben es zum Axiom erhoben, für die Stufen jeder Tonleiter ausschließlich epimorische Intervalle zuzulassen.

Die bei Ptolemaios überlieferte Lösung des Didymos ist in Diagramm 2 dargestellt[15]. Es gelingt ihm, nicht nur das epimorische Paradigma zu erfüllen, und zwar auch zwischen den Genera, sondern auch die praktische Identifikation der unteren Halbtöne in allen drei Genera zu gewährleisten. Von theoretischer Seite her findet sich ein einziger Makel: Der obere Halbton des Chromatischen ist kleiner als der untere, entgegen der anerkannten Regel des Aristoxenos, nach der er gleich oder größer sein müsste[16]. Ptolemaios tadelt unter anderem auch dieses Detail als dem musikalischen Gehör widersprechend. Wir sehen daraus auf jeden Fall, dass es Didymos nicht primär darum zu tun war, das aristoxenische System nachzubilden[17]. Zugleich ging es ihm auch weniger um die exakte Abbildung des tatsächlich im Konzertsaal Gehörten[18], wenn er seine Näherung wohl auch für wesentlich akzeptabler hielt als die Zahlen früherer Pythagoreer[19].

6, p. 332 f). Aristeides Kointilianos setzt umgekehrt in den oberen Tetrachorden *paranêtai* für *diátonoi* (1,6, p. 7 f Winnington-Ingram). Wie ich an anderer Stelle darlegen werde, stehen die abgekürzten Bezeichnungen in der kitharödischen Tradition nur im Tetrachord *méson*, sind also besonders von der platonisierenden Schule verallgemeinert worden.

14 Vgl. W. NEUMAIER, Was ist ein Tonsystem? Eine historisch-systematische Theorie der abendländischen Tonsysteme, gegründet auf die antiken Theoretiker Aristoxenos, Eukleides und Ptolemaios, dargestellt mit Mitteln der modernen Algebra (Frankfurt am Main etc. 1986) 164; A. BARKER u. D. CREESE, Eratosthenes. In: Die Musik in Geschichte und Gegenwart, 2. Ausg., Personenteil 5 (Kassel etc. 2001) 399 f.

15 Ptol., *Harm.* 2,13, p. 68,20–29 Düring.

16 Aristox., *Harm.* 1,27, p. 34,19–35,3 Da Rios; 2,52, 65,2–4; p. 15 f.

17 So BARKER, Greek musicologists 67–72.

18 Vgl. Ptol., *Harm.* 2,13, p. 68,16 Düring: οὐδέν τι προσποιεῖ τῶν φαινομένων ἐχόμενον „macht keinerlei Fortschritte, was die Abbildung der Erfahrungstatsachen betrifft". Vgl. A. BARKER, Scientific method in Ptolemy's "Harmonics" (Cambridge 2000) 129–131.

19 Vgl. Didymos ap. Porph., *in Harm.* 26,20–25 Düring.

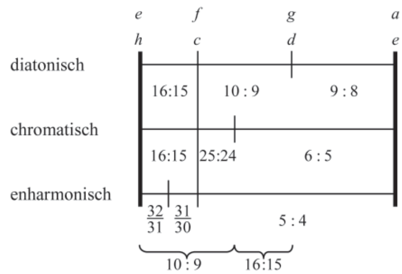


Diagramm 2: Die Tetrachordteilungen des Didymos

Didymos gab also Zahlen für die Intervalle aller drei Genera an. Nichtsdestoweniger nahm er in seine Teilung des Kanon nur die diatonischen und die chromatischen Töne auf[20] – was wiederum an Thrasyllos erinnert[21] – und beschränkte sich auf das *sýstēma téleion meîzon*. Beide Einschränkungen sind auffällig, besonders aber die erstere, da die enharmonische Teilung des Halbtones nach den Zahlen des Didymos ja völlig unproblematisch wäre. Die Gründe dafür müssen also mit den ureigentlichsten Motiven seines Systems verknüpft sein. Einerseits können sie mit den Prinzipien der Saitenteilung in Zusammenhang gebracht werden, die, wie gesagt, an anderer Stelle behandelt werden sollen. Jedoch erscheint die dort gewonnene Systematik nicht ausreichend kohärent, um die genannten Beschränkungen ausschließlich zu motivieren.

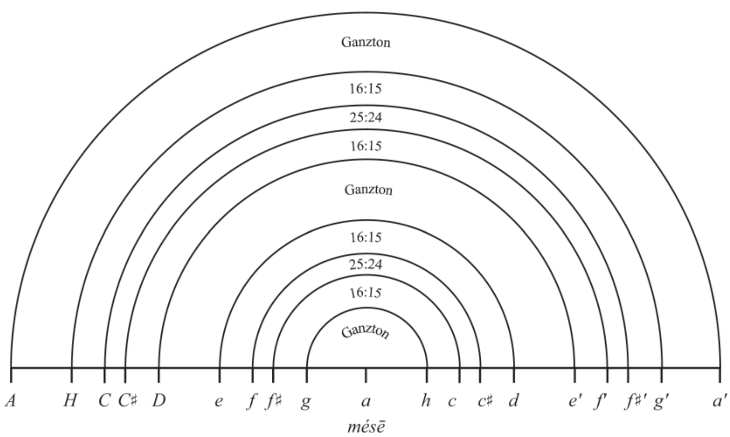


Diagramm 3: Die epizentrische Symmetrie des Didymos

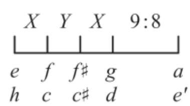
20 Ptol., *Harm.* 2,13, p.68,15–19 Düring: …τρία μὲν καὶ αὐτὸς ὑφίσταται γένη, διατονικὸν καὶ χρωματικὸν καὶ ἐναρμόνιον, ποιεῖται δὲ τὰς κατατομὰς ἐπί τε μόνων τῶν δύο γενῶν, τοῦ χρωματικοῦ καὶ τοῦ διατονικοῦ, καὶ μόνου τοῦ ἀμεταβόλου συστήματος. Die Benennung des *sýstēma meîzon* als *ametábolon* gehört zu den terminologischen Eigenheiten des Ptolemaios.

21 Vgl. oben Anm.10. Thrasyllos erwähnt zwar die Enharmonik, kommt auf die Teilung des Halbtons aber gar nicht zu sprechen.

Anders verhält es sich mit der epizentrischen Symmetrie. Wie aus Diagramm 3 ersichtlich, implementieren die Intervalle des Didymos die gleiche Spiegelsymmetrie wie das platonisierende System, nur eben in Übereinstimmung mit den Forderungen der epimorischen Schule. Diese Tatsache könnte sowohl den Verzicht auf die enharmonischen Zwischentöne als auch auf das *sýstēma élatton* erklären, da beide die Symmetrie natürlich von vornherein zerstören. In Anbetracht der Tatsache freilich, dass diese von unseren Quellen mit keinem Wort erwähnt wird – was allerdings auch nicht zu erwarten wäre, da rein mathematisch-ästhetische Werte ohne genuin musikalische Bedeutung für Ptolemaios uninteressant sind –, erscheint das Postulat, die epizentrische Symmetrie sei ein wesentliches Ziel von Didymos System gewesen, etwas gewagt. Ein größeres Maß an Klarheit kann nur eine Untersuchung bringen, ob eine derartige Symmetrie ein häufiges und daher vielleicht zufälliges Nebenprodukt epimorischer Tetrachordteilungen ist oder ob sie eher selten auftritt.

Betrachten wir zunächst die Grundvoraussetzungen. Direkt über der *mésē* liegt ein Ganzton, der zwei Tetrachorde verbindet und dessen Größe nicht disponibel ist: Als die Differenz zwischen Quint und Quart ist er als 9:8 bestimmt. Das ihm symmetrische Intervall unterhalb der *mésē* ist das höchste der diatonischen Teilung. Infolgedessen muss der obere Ton des diatonischen Tetrachords ebenfalls ein 9:8-Ganzton sein. Das ist ohnehin für sämtliche Systeme vor Didymos und auch die wichtigsten diatonischen Varianten des Ptolemaios typisch[22]. Ferner muss der untere Halbton der Diatonik und Chromatik gleich groß sein wie der Abstand zwischen dem oberen chromatischen und dem oberen diatonischen Ton (im Diagramm: *e–f* ~ *c♯–d*; *h–c* ~ *f♯–g*).

Bezeichnen wir also gleiche Intervalle mit gleichen Buchstaben, dann erfüllt die folgende Tetrachordstruktur alle Voraussetzungen einer epizentrischen Symmetrie:



Die Summe der drei Halbtöne ist gleich der Differenz zwischen der Quart des gesamten Tetrachords und dem oberen Ganzton der diatonischen Teilung; entsprechend der für Intervalle notwendigen Bruchrechnung beträgt sie somit $X \times Y \times X = (4:3) \div (9:8) = 32:27 = 2^5:3^3$. Soweit gilt es für alle Arten von Intervall. Um diese epimorisch zu halten, soll aber X von der Form $(x+1):x$ sein; Analoges gilt für Y. Wenn wir diese Formen oben einsetzen, erhalten wir die zu erfüllende Bedingung, für die natürlich nur ganzzahlige Lösungen größer als Null gesucht werden:

$$\left(\frac{x+1}{x}\right)^2 \cdot \frac{y+1}{y} = \frac{2^5}{3^3}, \quad x, y \in \mathbb{N}$$

22 Die Einbeziehung des sýstēma élatton legt die Position dieses diatonischen Tons fest, insofern er identisch mit dem höchsten Ton des modulierenden Tetrachords ist.

Dies ist eine diophantische Gleichung (im modernen Sinn). Sie erfordert allerdings keine ausgeklügelte mathematische Behandlung[23], sondern kann durch Ausprobieren einer eingeschränkten Anzahl von Fällen „gelöst“ werden. Dabei macht man sich zunutze, dass mit dem Wachsen des einen Intervalls das andere notwendig kleiner wird, wobei Y kleiner bleiben muss als das Gesamtintervall und X kleiner als seine Hälfte. Dadurch sind zunächst die Mindestwerte festgelegt:

$$\left(\frac{x+1}{x}\right)^2 < \frac{2^5}{3^3} \Rightarrow x > 11 \qquad \frac{y+1}{y} < \frac{2^5}{3^3} \Rightarrow y > 5$$

Wenn man von diesen Mindestwerten ausgehend die Folge der natürlichen Zahlen jeweils für x bzw. y einsetzt, dann kann dies jeweils abgebrochen werden, sobald ein Wert von x einen y-Wert impliziert, der kleiner ist als ein bereits untersuchtes y, und umgekehrt. Hier ist dies etwa der Fall, sobald man mit beiden Intervallen bei 17 angekommen ist. Überprüfen muss man daher nur alle $11<x<18$ und alle $5<y<18$, das sind insgesamt achtzehn Fälle. Das einzige ganzzahlige Lösungspaar findet sich dabei für $x=15$ mit $y=24$.[24] Das gibt die Teilung des Didymos, die sich somit als einzige Implementation der epizentrischen Symmetrie mit epimorischen Intervallen erweist.

Es ist ein glücklicher Zufall, dass die Lösung zugleich einigermaßen akzeptable Varianten der griechischen Genera beschreibt[25]; dass im Chromatischen die kanonische Abfolge der Intervallgrößen gestört ist, war offenbar zu verschmerzen. In jedem Fall macht die Akzeptanz dieses „Fehlers“ zusammen mit der Tatsache, dass die Zahlen des Didymos die einzige Möglichkeit eines epizentrischen *sýstēma téleion* in epimorischen Verhältnissen repräsentieren, es sehr wahrscheinlich, dass dies tatsächlich ein, wenn nicht das Ziel dieses Autors war. Er hat damit wohl die Antwort der epimorischen Partei auf die Herausforderung der platonisierenden Symmetrie gegeben, die vermutlich erst kurz zuvor formuliert worden war.

23 Nach Umformung ergibt sich z.B. als notwendige Bedingung, dass $\sqrt{\frac{2y}{3(y+1)}} \in \mathbb{R}$.

24 Des Interesses halber sei erwähnt, dass bei Einschluss der negativen Zahlen darüber hinaus noch drei weitere ganzzahlige Lösungen existieren. Diese sind zwar musikalisch sinnvoll, indem sie Intervallfolgen beschreiben, die den gegebenen Raum in drei Schritten durchmessen; es handelt sich aber nicht um Skalen, da sie eine Mischung aus auf- und absteigenden Bewegungen enthalten: $\{-9, 2\}$: Ganzton absteigend – Quint aufsteigend – Ganzton absteigend; $\{3, -3\}$: Quart aufsteigend – Quint absteigend – Quart aufsteigend; $\{9, -25\}$: kleiner Ganzton aufsteigend – 25:24-Halbton absteigend – kleiner Ganzton aufsteigend.

25 Immerhin ist die „Pythagoreische“ Stimmung den identischen Halbtönen aristoxenischer Theorie näher: Das *leîmma* umfasst 90,2 cent, die *apotom* 113,7 cent, der temperierte Halbton 100 cent (die gleichschwebende Teilung des Restintervalls von 32:27 würde damit praktisch identische Halbtöne von 98,0 cent verlangen). Demgegenüber stehen Didymos größerer 16:15-Halbton mit 111,7 cent und sein kleinerer 25:24-Halbton mit 70,7 cent: Hier würden sich die Abweichungen schon deutlich bemerkbar machen.