

Marginalien zum 3. Keplerschen Gesetz

Rudolf Haase

Es ist ein noch heute verbreiteter Irrtum, daß Keplers 3. Planetengesetz für ihn Hauptinhalt seiner „*Harmonices mundi libri V*“ war, deren eigentliches, den harmonikalen Beweis der Weltharmonie betreffendes Anliegen andererseits meistens unterbewertet wird. In Wahrheit verhält es sich umgekehrt: die von Kepler dargestellte akustisch-musikalische Planetenharmonie ist eine Tatsache, und das 3. Planetengesetz wurde erst ganz spät von Kepler eingefügt und dient hier lediglich als Mittel zum Zweck einer geistigen Krönung seiner Beweisführung.

Im August 1970 fanden Gespräche mit Mitarbeitern der Kepler-Kommission der Bayerischen Akademie der Wissenschaften über ein bisher offensichtlich noch ungeklärtes Problem aus Keplers „Weltharmonik“ statt, an die die folgenden Marginalien anknüpfen. Diese Gespräche bildeten außerdem den Ausgangspunkt einer Arbeit von V. Bialas über das dritte Planetengesetz.¹

Es ist eine noch nicht genug beachtete Tatsache, daß Johannes Keplers Lebenswerk einseitig und zum Teil sogar falsch tradiert worden ist. Seit Laplace² sieht man in Kepler ausschließlich den großen Mathematiker und Naturwissenschaftler, den Entdecker der drei nach ihm benannten Planetengesetze, während man seine „*Harmonices mundi libri V*“³ ignorierte, fehlinterpretierte, bestenfalls entschuldigen zu müssen vermeinte. Die Überlieferungsgeschichte der Keplerschen Lehren ist daher voll von Kuriositäten und Irrtümern, und erst den Forschungen Max Caspars⁴ innerhalb der Edition der Gesammelten Werke und den harmonikalen Untersuchungen von Hans Kayser⁵ ist es zu verdanken, daß die notwendigen Korrekturen erfolgten. Denn natürlich verhielt es sich mit Kepler ja ganz anders: er strebte von Anbeginn an nach dem Beweis der legendären Lehre von der Weltharmonie, und sein erstes wissenschaftliches Werk, das berühmte „*Mysterium Cosmographicum*“,⁶ gibt davon in beredter Weise Zeugnis. Dieses Streben gipfelte schließlich in den „*Harmonices mundi libri V*“, wo ihm der erhoffte Beweis tatsächlich glückte und ihm der — auch heute noch gültige! — Nachweis einer akustisch-musikalischen Gesetzmäßigkeit in den Planetenbahnen gelang. Kepler hat wiederholt und eindeutig dieses Buch als die Vollendung seines Lebenswerkes bezeichnet und offen gesagt, daß seine anderen Arbeiten gleichsam nur auf dem Wege zu diesem Ziel erfolgt seien und daß er nach Prag zu Tycho Brahe ebenfalls vorwiegend mit der Absicht ging, bei diesem die besten Unterlagen für seinen erstrebten Beweis vorzufinden. Wir haben darüber an anderen Stellen ausführlich gesprochen und auch die

Prof. Dr. Rudolf Haase, Hochschule für Musik und Darstellende Kunst. A 1030 Wien, Lothringer Straße 18

vorhandenen Belege zusammengestellt,⁷ so daß wir dies hier nicht nochmals zu tun brauchen. Wir wollen vielmehr aus diesem Zusammenhang ein einzelnes Thema herausgreifen, das bisher noch nicht behandelt wurde und das uns zudem eine weitere Klärung des Keplerschen Schaffens bringen wird.

Es darf als bekannt gelten, daß Kepler sein 3. Planetengesetz im 5. Buch der „Weltharmonik“⁸ (so übersetzte Caspar vorzüglich den Titel der „*Harmonices mundi libri V*“) veröffentlichte, also inmitten der Beweisführung für die musikalischen Planetengesetze. Dieser Umstand hat nun im Zusammenhang mit der Entstellung von Keplers Lebenswerk zu der Meinung geführt, daß dieses 3. Gesetz der wichtigste Inhalt der Weltharmonik überhaupt sei, während man die weiteren Ausführungen dieses Werkes meistens nicht weiter beachtet hat. Man beruft sich zur Unterstützung dieser Meinung auch in durchaus seriöser Kepler-Literatur vor allem auf einen Ausspruch Keplers in der Vorrede zum 5. Buch der „Weltharmonik“, wo es heißt:⁹ „... Ich überlasse mich heiliger Raserei. Ich trotze höhrend den Sterblichen mit dem offenen Bekenntnis: Ich habe die goldenen Gefäße der Ägypter geraubt, um meinem Gott daraus eine heilige Hütte einzurichten, weitab von den Grenzen Ägyptens“.

Dieser Jubelruf sei, so liest man, Keplers Entzücken über die Entdeckung des 3. Planetengesetzes. Wir finden diese Meinung 1909 bei Ludwig Günther,¹⁰ dann 1932 bei Andreas Speiser¹¹ und schließlich noch 1964 bei Ernst Bindel,¹² doch sind dies sicherlich nicht die einzigen Belege für den genannten Sachverhalt. Wenn man nun Keplers Werk näher in Augenschein nimmt, so entdeckt man, daß das erwähnte Zitat zunächst in keinem direkten Zusammenhang mit dem 3. Gesetz steht. Dieses nämlich wird erst elf Seiten später erwähnt, und diese Trennung der beiden Textstellen wird befremdlicherweise in den genannten Quellen verschwiegen!

Das 3. Planetengesetz hat bei Kepler den Wortlaut:¹³ „Allein es ist ganz sicher und stimmt vollkommen, daß die Proportion, die zwischen den Umlaufzeiten zweier Planeten besteht, genau das Anderthalbe der Proportion der mittleren Abstände, d. h. der Bahnen selber ist“. Diese Worte aber stehen im 3. Kapitel des 5. Buches, in welchem er 13 „Hauptsätze der Astronomie“ anführt, die für ihn notwendige Voraussetzungen für die Darlegung und den sich anschließenden Beweis der musikalischen Harmonien in den Bewegungen der Planeten sind. Unter diesen 13 Hauptsätzen aber ist das 3. Planetengesetz der 8. Hauptsatz. Und das besagt eben — rein formal betrachtet — daß dieses berühmte Gesetz zusammen mit anderen astronomischen Fakten nur als Mittel zum Zweck dient. So richtig diese Feststellung ist, so müssen nun doch einige weiterführenden Differenzierungen vorgenommen werden.

Kepler hat nämlich das sogenannte 3. Gesetz (das natürlich später erst so benannt wurde!) tatsächlich aus der Folge der anderen astronomischen Hauptsätze herausgehoben, und zwar dadurch, daß er es mit der Angabe von Daten versehen hat. Er schreibt, daß am 8. März 1618 die Idee dieses Gesetzes in seinem Kopf aufgetaucht sei, er sie aber zunächst als falsch verwarf, bis ihm schließlich am 15. Mai eine neue Erleuchtung kam, die schließlich zur Formulierung des Gesetzes führte. Interessant ist aber, warum Kepler diese Angaben macht — keineswegs nämlich, weil er diese Entdeckung für die wichtigste oder eine der wichtigsten seines Lebens erachtet

(obschon sich dies faktisch so verhält!). Vielmehr deshalb, weil ihm dieses Gesetz den Beweis für eine offen gebliebene Frage bringt, die er, wie er genau angibt, vor 22 Jahren in seinem „Mysterium Cosmographicum“¹⁴ nicht beantworten konnte und die ihn seither offenbar quälte. Und so scheint sich auch an dieser Stelle zu bestätigen, daß dieses 3. Planetengesetz für die „Weltharmonik“, ja vielleicht sogar für Kepler überhaupt nicht jene Bedeutung hatte, die wir ihm heute mit vollem Recht zuerkennen müssen.

Aber da ist nun doch ein merkwürdiger Zusammenhang mit jenem Jubelruf in der Vorrede zum 5. Buch. Die Daten, die Kepler angegeben hat, stellen ihn nämlich, wie Caspar angemerkt hat,¹⁵ her; denn auch in der Vorrede, und zwar unmittelbar vor dem mitgeteilten Zitat, stehen Zeitangaben:¹⁶ „Jetzt, nachdem vor achtzehn Monaten das erste Morgenlicht, vor drei Monaten der helle Tag, vor ganz wenigen Tagen aber die volle Sonne einer höchst wunderbaren Schau aufgegangen ist, hält mich nichts zurück“. Was aber besagen diese Angaben?

Die „Weltharmonik“ trägt am Schluß des 5. Buches, vor der als Anhang beigegebenen Auseinandersetzung mit Ptolemaeus und Robert Fludd, folgenden Vermerk:¹⁷ „Ende. Dieses Werk wurde am 17./27. Mai des Jahres 1618 vollendet. Das V. Buch aber wurde (während der Druck voranschritt) bis zum 9./19. Februar 1619 noch einmal überprüft. In Linz, der Hauptstadt von Osterreich ob der Enns.“

Die sicherlich richtige Annahme Caspars, daß die Angaben in der Vorrede diese Daten der Fertigstellung betreffen, bezieht die Formulierung „vor wenigen Tagen“ ohne Zwang auf jenen 15. Mai, an welchem Kepler die Endfassung des 3. Planetengesetzes glückte, und die Worte „vor drei Monaten“ könnten tatsächlich auf den 8. März führen, was real nicht ganz stimmt, doch zählt Kepler offenbar die Monate März, April, Mai summarisch. Lediglich die Angabe „vor achtzehn Monaten“ bleibt ungeklärt. Jedenfalls ist damit nahegelegt — und eine Alternative existiert offenbar nicht — daß Kepler sich in der Vorrede tatsächlich auf die Entdeckung des 3. Planetengesetzes beruft und daß der nachfolgende Jubel sich wirklich auf dieses Ereignis beziehen ließe.

Freilich ist auch damit noch nicht alles geklärt; denn es bleibt ja doch verwunderlich, daß dieser Gefühlsausbruch wirklich nur dem 3. Gesetz gelten soll, das de facto in diesem Buch keine dominierende Rolle spielt. Aber noch andere Bedenken kommen hinzu. Wenn Kepler am 15. Mai 1618 das 3. Gesetz fand und wir einmal annehmen wollen, daß dieses Gesetz eine diesem Jubelruf entsprechende Bedeutung für die „Weltharmonik“ bzw. deren 5. Buch haben sollte, wie ist es dann zu erklären, daß dieses Buch dennoch bereits am 27. Mai vollendet wurde? Kann Kepler denn überhaupt in so kurzer Zeit diesen so ungeheuer wichtigen und auch komplizierten Inhalt errechnet und formuliert haben? Mehr noch: muß denn nicht angenommen werden, daß ein Autor, der ein riesiges Buch in fünf Teilen schreibt und diese Teile bereits in Druck gehen läßt, nicht den Schluß des Buches, den alles krönenden Beweis, auf den alles Vorhergehende doch hinführt, kennen müßte? Es ist doch wirklich einfach nicht logisch, daß dieser ganze, den Hauptinhalt der „Weltharmonik“ bildende Schlußteil erst auf Grund der Entdeckung des 3. Gesetzes in wenigen Tagen entstanden sein könnte! Hier taucht also ein Rätsel auf, dessen Lösung nicht einfach erscheint.

Es kommt aber noch ein Umstand hinzu. Die Vorrede zum 5. Buch in der Weltharmonik hatte für Kepler noch eine ganz besondere Funktion. Er ließ nämlich den ersten Bogen, der vor allem die Vorrede enthielt, gesondert drucken und verschickte diese Drucke längere Zeit vor Erscheinen des ganzen Buches als Ankündigung oder Rechtfertigung, wie u. a. aus einem Brief Keplers an Hafenerffer vom 28. 11. 1618 hervorgeht, in dem es heißt:¹⁸ „Ich habe hier etwas übriges getan, um das Buch bekannt zu machen und recht viele zum Lesen einzuladen. Ich bitte Euch, gebt die Exemplare Euren Buchhändlern, damit sie dieselben öffentlich anheften . . .“. Das Vorwort diente also als Werbung für „das Buch“, mußte daher auch ohne Kenntnis von dessen Inhalt verständlich und sinnvoll sein — wie aber sollte dies möglich sein, wenn ein beträchtlicher Teil seines Inhaltes, mehr als ein Fünftel nämlich, sich nur speziell auf das 3. Gesetz bezogen hätte, was aus dem Wortlaut ohnedies nicht zu entnehmen war!

In der Tat bezieht sich diese Vorrede auch auf das ganze Buch. Sie gibt an, daß es „nach Erledigung meiner astronomischen Aufgabe“ endlich die Lösung des Problems der Weltharmonie enthalte, die Kepler veranlaßt habe, „den besten Teil meines Lebens astronomischen Studien zu widmen, Tycho Brahe aufzusuchen und Prag als Wohnsitz zu wählen“ — diese Lösung also habe er „endlich ans Licht gebracht“. Kepler bezieht sich dann eingehend auf die Harmonik des Ptolemaeus, der gleichsam sein erfolgloser Vorgänger in dieser Hinsicht war, dessen Schrift er aber erst während der Arbeit an der „Weltharmonik“ zur Kenntnis nahm, so daß die Grundgedanken seines Werkes unbeeinflusst von Ptolemaeus entstanden. Und wörtlich fährt Kepler hier fort bis zum Schluß:¹⁹ „Es liegt ein Fingerzeig Gottes darin, um mit den Hebräern zu reden, daß im Geist von zwei Männern, die sich ganz der Betrachtung der Natur hingegeben hatten, der gleiche Gedanke an die harmonische Gestaltung der Welt auftauchte; denn keiner war Führer des andern beim Beschreiten dieses Weges. Jetzt, nachdem vor achtzehn Monaten das erste Morgenlicht, vor drei Monaten der helle Tag, vor ganz wenigen Tagen aber die volle Sonne einer höchst wunderbaren Schau aufgegangen ist, hält mich nichts zurück. Jawohl, ich überlasse mich heiliger Raserei. Ich trotze höhrend den Sterblichen mit dem offenen Bekenntnis: Ich habe die goldenen Gefäße der Ägypter geraubt, um meinem Gott daraus eine heilige Hütte einzurichten weitab von den Grenzen Ägyptens. Verzeiht ihr mir, so freue ich mich. Zürnt ihr mir, so ertrage ich es. Wohlan ich werfe den Würfel und schreibe ein Buch für die Gegenwart oder die Nachwelt. Mir ist es gleich. Es mag hundert Jahre seines Lesers harren, hat doch auch Gott sechstausend Jahre auf den Beschauer gewartet“.

Liest man unvoreingenommen den Text im Zusammenhang, wird es klar, daß der Inhalt nur auf das ganze Buch gemünzt sein kann, und auf dessen Vollendung und Inhalt bezieht sich natürlich Keplers Jubel — die Worte „und schreibe ein Buch für die Gegenwart oder die Nachwelt“ bekräftigen dies vollends. Und die aus dem 2. Buch Mosis²⁰ bezogene Anspielung auf die goldenen Gefäße der Ägypter erweist sich als ein weiterer Hinweis auf den Ägypter Ptolemaeus, von dem er sich gleichzeitig distanziert („weitab von den Grenzen Ägyptens“), womit symbolisch hier wiederholt wird, was er zuvor in klarer Sprache bereits zum Ausdruck gebracht hatte. Auf das 3. Gesetz beziehen sich daher allein die Worte: „Jetzt, nachdem vor

achtzehn Monaten das erste Morgenlicht, vor drei Monaten der helle Tag, vor ganz wenigen Tagen aber die volle Sonne einer höchst wunderbaren Schau aufgegangen ist . . .“. Das 3. Gesetz wird also lediglich beiläufig erwähnt, und auch nur indirekt, insofern mitgeteilt wird, daß ihm da „irgendeine“ Entdeckung noch zu einer letzten Erleuchtung verholfen habe.

Freilich kann — und soll auch gar nicht — abgestritten werden, daß dieses 3. Gesetz für Keplers „Weltharmonik“ doch eine wesentliche Bedeutung gehabt haben muß, sonst hätte er diese Datenverbindung ja nicht ausdrücklich in die Vorrede aufgenommen. Dem widerspricht aber die erwähnte Tatsache, daß dann fast das ganze Buch und damit die Lösung des Problems der Weltharmonie spät und noch dazu in kurzer Zeit hätte konzipiert werden müssen. Hier helfen uns nun Untersuchungen weiter, die glücklicherweise inzwischen von V. Bialas angestellt worden sind²¹ und aus denen die wahre Bedeutung des 3. Gesetzes für das 5. Buch der Weltharmonik hervorgeht.

Demzufolge ist es so, daß die Entdeckung und der Beweis der musikalischen Planetenharmonien, die ja den weitaus größten Teil des 5. Buches füllen und das wahre Kernstück der „Weltharmonik“ darstellen, tatsächlich ohne das 3. Gesetz gefunden werden konnten, so daß also bereits ein umfangreiches Manuskript für das 5. Buch existiert haben dürfte, als Kepler das 3. Gesetz entdeckte. Und er hätte durchaus auch ohne diese Entdeckung das Werk vollenden und herausgeben können. Auf die Fertigstellung dieses (ersten) Manuskriptes bezieht sich ohne Zwang die Angabe des Datums 17./27. Mai 1618. Danach muß Kepler das 3. Kapitel eingefügt haben, da es, wie Bialas meint, in sich so geschlossen ist, daß nicht nur das 3. Gesetz allein nachgetragen worden sein kann — zumindest muß eine Umarbeitung des 3. Kapitels angenommen werden. Später eingefügt oder beträchtlich erweitert wurde jedoch auch das 9. Kapitel, das längste der vorhandenen 10; denn für dieses 9. Kapitel benötigte Kepler nun wirklich das 3. Planetengesetz! Dieses 9. Kapitel aber ist außerordentlich wichtig, da es die wissenschaftliche und philosophische Zusammenfassung der Ergebnisse enthält, und das 3. Gesetz ermöglicht es Kepler, hier noch zu weiterreichenden und gewichtigeren Schlußfolgerungen zu kommen, zu einer letzten Vollendung sozusagen zu gelangen, wie sie ohne dieses Gesetz nicht möglich gewesen wären.

In diesem 9. Kapitel²² unternimmt Kepler nämlich einen Vergleich der Ergebnisse seiner „Weltharmonik“ mit dem im „Mysterium Cosmographicum“ dargestellten ersten Modell einer Weltharmonie; er diskutiert noch einmal die gefundenen Intervallproportionen durch, bezieht sie jeweils auf den betreffenden Platonischen Körper, der im „Mysterium Cosmographicum“ an der betreffenden Stelle eingeordnet war und begründet, warum gerade diese oder jene Abweichung von dem ersten Modell auftreten mußte. Denn Kepler betrachtet das Gefüge aus Platonischen Körpern und Planetensphären sozusagen als „Infra-Struktur“ der Weltharmonie, wie F. Warrain formulierte,²³ als Annäherungslösung, wie wir auch sagen könnten. Kepler freilich sieht das Ganze in anderer Perspektive, und auch das kommt in diesem 9. Kapitel erst in voller Deutlichkeit zum Vorschein.

Schon in der Einleitung zu diesem Kapitel stehen die bezeichnenden Worte:²⁴ „Daher folgt, daß der Schöpfer, der Quell jeglicher Weisheit, der ständige Wahrer

der Ordnung, der ewige überwesentliche Ursprung der Geometrie und Harmonik, daß, sage ich, dieser himmlische Werkmeister höchstselber die harmonischen Proportionen, die sich aus den ebenen regulären Figuren ergeben, mit den fünf räumlichen regulären Figuren verbunden hat, um aus den beiden Figurenklassen ein einziges, vollkommenstes Urbild des Himmels zu formen . . . Es mußten die größeren Proportionen der Bahnen sich zugunsten der kleineren Proportionen der zur Herstellung der Harmonien erforderlichen Exzentrizitäten eine leichte Änderung gefallen lassen, und umgekehrt mußten aus den harmonischen Proportionen in erster Linie jene den Planeten angepaßt werden, die jeweils mit der räumlichen Figur die größte Verwandtschaft haben, soweit dies mit den Harmonien möglich war.“ Kepler betrachtet die Harmonie der Welt also mit den Augen des Schöpfers, der die Welt gestaltet und dessen Plan, dessen Absichten daher die entdeckte Weltharmonik entspricht. Auch die Abweichungen von der geometrischen Struktur der Platonischen Körper muß daher ein ausdrücklicher Wunsch Gottes gewesen sein, und Kepler begründet ihn damit, daß für den Schöpfer offensichtlich „der harmonische Schmuck vor dem einfachen geometrischen den Vorrang“²⁵ habe. Das aber besagt nichts anderes, als daß Kepler die — von ihm entdeckte — elliptische Gestalt der Planetenbahnen für eine notwendige Folge der Absicht Gottes erachtet, dem Sonnensystem eine musikalische Harmonie zu verleihen, die mit kreisförmigen Bahnen nicht zu erzielen gewesen wäre! Und daher hat dieses 9. Kapitel bereits die Überschrift: „Daß die Exzentrizitäten bei den einzelnen Planeten ihren Ursprung in der Vorsorge für die Harmonien zwischen ihren Bewegungen haben.“

Das 9. Kapitel offenbart vor allem auch Keplers Denkweise nachdrücklich, die, wie aus dem Zitierten klar hervorgeht, hier final ist: die Gesamtgestalt unseres Planetensystems entstand mit dem Ziel, eine musikalische Harmonie zu schaffen. Auf diese finale Methode Keplers hat neuerdings vor allem Walter Heitler aufmerksam gemacht mit dem interessanten Hinweis, daß Kepler mit ihr weiter gekommen sei als mit der bei Naturwissenschaftlern üblichen kausalen Betrachtungsweise; denn aus dem späteren Newtonschen Gravitationsgesetz läßt sich zwar kausal ableiten, daß die Bahnen der Planeten Ellipsen sein müssen, nicht jedoch ermitteln, welche unter den theoretisch unendlich vielen die realen sind; daß die realen durch harmonikale Gesetze bestimmt sind, führt also über die kausale Methode hinaus²⁶.

Diese so wesentlichen Gedanken Keplers sind also mit Hilfe des 3. Planetengesetzes zustande gekommen, und es erscheint daher jetzt völlig richtig, daß er die Entdeckung des Gesetzes derart akzentuierte. Klar ist aber auch, weshalb er an der Stelle, wo er es im 3. Kapitel formulierte, so genau auf die offengebliebene Frage im „Mysterium Cosmographicum“ verwies. Es ging ihm eben nicht nur um die gefundene Antwort, sondern um weitaus mehr, nämlich um den mathematisch beweisbaren Sinn des seitdem erzielten Fortschrittes und um die Möglichkeit, die jetzt gefundene endgültige Lösung auf höherer Ebene zu diskutieren und damit seine Bemühungen gleichsam krönen zu können.

Wir sehen mithin deutlich, daß das 3. Planetengesetz in der Tat nicht der Hauptinhalt von Keplers „Weltharmonik“ ist und daß daher der Jubel in der Vorrede keineswegs dessen Entdeckung allein gilt. Wohl aber war sich Kepler im Klaren

darüber, etwas für diese „Weltharmonik“ Bedeutendes und ihre Ergebnisse Krönendes gefunden zu haben, so daß er sich zu einer Umarbeitung des 5. Buches entschloß. Das 3. Planetengesetz, dessen epochale Bedeutung wir heute mit vollem Recht betonen, war also für Kepler primär Mittel zum Zweck, zu dem ganz wesentlichen Zweck freilich, seiner eigentlichen, selbstgewählten Lebensaufgabe zu einem überhöhten Schluß zu verhelfen. Und in dem das 9. Kapitel beendenden Dankgebet an den Schöpfer stehen daher die Worte:²⁷ „Siehe, ich habe jetzt das Werk vollendet, zu dem ich berufen ward. Ich habe dabei alle Kräfte meines Geistes genutzt, die Du mir verliehen hast. Ich habe die Herlichkeit Deiner Werke den Menschen, die meine Ausführungen lesen werden, geoffenbart, soviel von ihrem unendlichen Reichtum mein enger Verstand hat erfassen können . . .“

Anmerkungen

- 1 V. Bialas: Die Bedeutung des dritten Planetengesetzes für das Werk von J. Kepler in: *Philosophia Naturalis*, 1971 (im Druck).
- 2 P. S. Laplace: *Précis de l'Histoire d'Astronomie*, 1821, S. 94.
- 3 J. Kepler: *Harmonices mundi libri V*, Linz 1619.
- 4 J. Kepler: *Weltharmonik* (übers. und eingel. von M. Caspar), Darmstadt 1967².
- 5 H. Kayser: a) *Der hörende Mensch*, Berlin 1932; b) *J. Kepler und die Sphärenharmonie*, in: *Schweizer Rundschau*, H. 7/8, Jg. 1946/47 (außerdem in: *Die Harmonie der Welt*, Wien 1968).
- 6 J. Kepler: *Mysterium Cosmographicum — Das Weltgeheimnis* (übers. und eingel. von M. Caspar), Augsburg 1923.
- 7 R. Haase: *Geschichte des harmonikalischen Pythagoreismus*, Wien 1969.
- 8 J. Kepler, *Weltharmonik*, a. a. O., S. 291.
- 9 Ebda., S. 280.
- 10 L. Günther: *Die Mechanik des Weltalls*, Leipzig 1909, S. 84.
- 11 A. Speiser: *Die mathematische Denkweise*, Zürich 1932, S. 125.
- 12 E. Bindel: *Harmonien im Reiche der Geometrie*, Stuttgart 1964, S. 64.
- 13 J. Kepler, a. a. O., S. 291.
- 14 Ebda., S. 385, Anm. zu S. 291 (1).
- 15 Ebda., S. 383, Anm. zu S. 280 (1).
- 16 Ebda., S. 280.
- 17 Ebda., S. 356.
- 18 *Johannes Kepler in seinen Briefen* (herausg. von M. Caspar und W. v. Dyck), 2 Bde., München usw. 1930, Bd. 2, S. 108.
- 19 J. Kepler, *Weltharmonik*, a. a. O., S. 279 f.
- 20 Ebda., S. 383, Anm. zu S. 280 (1).
- 21 V. Bialas, a. a. O., S. 3.
- 22 J. Kepler, *Weltharmonik*, a. a. O., S. 316 ff.
- 23 F. Warrain: *Essai sur L'Harmonices mundi ou Musique du Monde de Johann Kepler* 2 Bde., Paris 1942, Bd. 2, S. 135.
- 24 J. Kepler, *Weltharmonik*, a. a. O., S. 317
- 25 Ebda., S. 348.
- 26 W. Heitler: *Der Mensch und die naturwissenschaftliche Erkenntnis*, Braunschweig 1966⁴ S. 10.
- 27 J. Kepler, *Weltharmonik*, a. a. O., S. 350.