



Heidelberger Texte zur Mathematikgeschichte

- Autor: **Haas, Arthur Erich** (1884–1941)
- Titel: **Die Anfänge der mathematischen Physik**
- Quelle: Festschrift Moritz Cantor anlässlich seines achtzigsten Geburtstages.
Leipzig, 1909. — S. 110–117
Signatur UB Heidelberg: 62 B 1074

Den Gegenstand der Untersuchung bildet die Frage, wie sich die Anfänge der mathematischen Physik bis zu der Zeit gestalteten, da Euklid den dauernden Bund der Mathematik und der Physik ins Leben rief. Die Anfänge der mathematischen Physik reichen bis zu den Anfängen der griechischen Wissenschaft zurück. Thales erscheint als der erste, der Mathematik und Naturlehre in Verbindung brachte. Seinem Beispiele folgten zunächst die Pythagoreer Anaxogoras, Demokrit und Platon. In Eudoxus erreichte die voralexandrinische Periode der mathematischen Physik ihren Höhepunkt.

(Rezension von Emil Lampe (1840–1918) im *Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik*, Band 41.1910)

Festschrift
MORITZ CANTOR

anlässlich seines achtzigsten Geburtstages

gewidmet

von Freunden und Verehrern

herausgegeben von

Siegmond Günther u. Karl Sudhoff

namens der Leitung und des Verlags des
„Archivs für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik.“



LEIPZIG
VERLAG VON F. C. W. VOGEL.
1909.

Die Anfänge der mathematischen Physik.

Von ARTHUR ERICH HAAS (Wien).

In dem Gefolge der beiden mächtigsten Wissenschaften des Altertums hat die Physik den ersten großen Abschnitt ihrer Entwicklung zurückgelegt, der mit dem Untergange der antiken Kultur endet. Der Philosophie verdankt die hellenische Physik ihre Entstehung und ihre Grundlagen, der Mathematik aber die großartigen Schöpfungen ihrer Blütezeit, die als Denkmäler von immer bleibendem Werte die Schärfe des griechischen Geistes bezeugen. Wenige Jahrzehnte, nachdem die philosophische Naturlehre in den Leistungen des ARISTOTELES ihren Höhepunkt, zugleich aber auch ihren eigentlichen Abschluß gefunden hatte, beginnt die mathematische Periode in der antiken Physik. Ihren Anfang kennzeichnet das Wirken eines Forschers, der nicht nur der Geometrie einen zwei Jahrtausende überdauernden Grundbau schuf, sondern auch in den Problemen der Physik ein neues Arbeitsgebiet von kaum gehanter Fruchtbarkeit der Mathematik erschloß. Durch diese Tat EUKLIDS erschien ein Ziel erreicht, dem in gleicher Weise die Entwicklung der Mathematik und der Physik schon lange zugestrebt hatten.

Denn seit es den Pythagoreern gelungen war, die Philosophie in Abhängigkeit von der Mathematik zu bringen, mußte diese ja als die Grundlage aller wissenschaftlichen Forschung erscheinen. Die stolzen Worte an PLATONS. Türe, die jedem der Mathematik Unkundigen den Eintritt verwehrten ¹⁾, der PLATON zugeschriebene Spruch, der Gott ewig Geometrie betreiben ließ ²⁾ — sie veranschaulichen am deutlichsten den mächtigen Einfluß, durch den die Mathematik das ganze wissenschaftliche Leben jener Denkerkreise und jener Zeit beherrschte.

Doch auch die Entwicklung der Physik selbst mußte zu ihrem Anschlusse an die Mathematik führen. Die philosophische Methode erwies sich als unzureichend, sobald die Zahl der Probleme erschöpft war, die sich durch die einfache Beobachtung alltäglicher Vorgänge und durch die

1) „Μηδεις ἀγεωμέτρητος εἰσὶτω μου τὴν στέγην.“ TZETZES, *Histor. var. chiliades VIII*, 972 ff.; JOANNES PHILOPONUS, *de anima*, ed. HAYDUCK, p. 117, 26.

2) PLUTARCH, *Quaest. conv. VIII*, 2, c. 3, 5: ὁ θεὸς αἰεὶ γεωμετροῖζει.

rein philosophische Spekulation darbieten. Die Notwendigkeit einer näheren Untersuchung der quantitativen Verhältnisse stellte sich in umso höherem Maße ein, ein je weiteres Gebiet sich durch das Aufblühen von Kunst und Technik auch der angewandten Physik erschloß. Die Vervollkommnung der Maschinenbaukunst, der Musik und der perspektivischen Malerei schuf eine Fülle neuer mechanischer, akustischer und optischer Probleme, die nur durch die mathematische Methode gelöst werden konnten, und auch das stetig wachsende Material der astronomischen Beobachtungen ließ eine Ordnung auf Grund eines exakt geometrischen Systems immer wünschenswerter erscheinen.

An die Seite der Arithmetik und der Geometrie traten so allmählich als neue fruchtbare Zweige der Mathematik die Statik, die Harmonik, die geometrische Optik und die Sphärik¹⁾. Den Gegenstand der vorliegenden Untersuchung soll nun die Frage bilden, wie sich die Anfänge dieser der Mathematik und der Physik gemeinsamen Wissenszweige bis zu der Zeit gestalteten, da EUKLID den dauernden Bund der beiden Wissenschaften in das Leben rief.

Als Vorläufer der mathematischen Mechanik erscheinen die ersten Bestrebungen auf dem Gebiete der organischen Geometrie, die schwierige Probleme der Raumlehre durch Zuhilfenahme mechanischer Vorstellungen zu lösen sucht. Die Erklärung der Quadratrix durch HIPPIAS VON ELIS stellt das älteste uns bekannte Beispiel einer Verknüpfung von kinematischen und geometrischen Ideen dar²⁾. EUDOXOS, ARCHYTAS und MENAICHMOS sollen zur Lösung des berühmten delischen Problems der Würfelverdoppelung eigene mechanische Apparate konstruiert³⁾ und, indem sie so — nach PLUTARCHS charakteristischen Worten — der Geometrie eine elegante Verzierung gaben, den Grund zu der Maschinenlehre gelegt haben⁴⁾. ARCHYTAS scheint auch der Begründer

1) Noch im Mittelalter gliederte sich das Quadrivium, das die realen unter den sieben freien Künsten umfaßte, in Arithmetik, Geometrie, Musik und Astronomie.

2) Vgl. M. CANTOR, Vorlesungen über Geschichte der Mathematik (1. Aufl.), Bd. 1, S. 166—168.

3) PLUTARCH, Quaest. conv. VIII, 2, c. 1,7: *Διὸ καὶ Πλάτων αὐτὸς ἐμέμπατο τοὺς περὶ Εὐδόξου καὶ Ἀρχύταν καὶ Μέναιχμον εἰς ὀργανικὰς καὶ μηχανικὰς κατασκευὰς τὸν τοῦ στερεοῦ διαπλασιασμὸν ἀπάγειν ἐπιχειροῦντας.* Vgl. DIOGENES LAËRTIOS, VIII, 4,83: *[Ἀρχύτας] πρῶτος κίνησιν ὀργανικὴν διαγράμματι γεωμετρικῶ προσήγαγε διὰ τῆς τομῆς τοῦ ἡμικυλίνδρου δύο μέσας ἀνὰ λόγον λαβεῖν ζητῶν εἰς τὸν τοῦ κύβου διαπλασιασμὸν.* Vgl. M. CANTOR, Vorlesungen über Geschichte der Mathematik, (1. Aufl.), Bd. 1, S. 181, 200.

4) PLUTARCH, Vita MARCELLI, c. 14,5: *Τὴν γὰρ ἀγαπωμένην ταύτην καὶ περιβόητον ὀργανικὴν ἤρξαντο μὲν κινεῖν οἱ περὶ Εὐδόξου καὶ Ἀρχύταν ποικίλλοντες τῶ γλαφυρῶ γεωμετροῖαν καὶ λογικῆς [καὶ γραμμικῆς ἀποδείξεως οὐκ εὐποροῦντα προβλήματα δι' αἰσθητῶν καὶ ὀργανικῶν παραδειγμάτων ὑπερβαίνοντες.*

des umgekehrten Verfahrens gewesen zu sein, das die Mathematik in den Dienst der Mechanik stellte. Von ihm wird es gerühmt, daß er sich zuerst mathematischer Grundsätze bei Untersuchungen der Mechanik bedient und so als erster diesen Zweig der Naturlehre methodisch behandelt habe¹⁾. ARISTOTELES, der in seiner „Physik“ zahlreiche Probleme der theoretischen Mechanik behandelte, suchte hiebei stets die mathematischen Beziehungen festzustellen, die zwischen den verschiedenen mechanischen Größen bestehen; die Lehre von den Proportionen erscheint daher in diesen Untersuchungen häufig angewendet. Für die weitere Entwicklung der mathematischen Naturlehre wurde es auch von großer Bedeutung, daß ARISTOTELES in sie die Buchstabenrechnung einführte. Er gebrauchte bereits die großen Buchstaben des griechischen Alphabetes zur Bezeichnung unbekannter physikalischer Größen wie des Weges und der Zeit, der Masse und der Kraft²⁾³⁾.

Die Akustik stellte im Altertume das fruchtbarste Gebiet für die Anwendungen der Arithmetik dar. Die Beziehungen zwischen diesen beiden Wissenschaften soll schon PYTHAGORAS hergestellt haben; ihm wird die Entdeckung zugeschrieben, daß musikalischen Intervallen, die in unserem Ohre harmonisch erklingen, auch Beziehungen zwischen den Saitenlängen entsprechen, die durch einfache arithmetische Verhältnisse ausdrückbar sind⁴⁾. Diese Entdeckung mußte den Pythagoreern wie eine experimentelle Bestätigung ihres ganzen philosophischen Systems erscheinen, und so ist es auch begreiflich, daß sie die vollkommenste⁵⁾

1) DIOGENES LAËRTIOS, VIII, 4,83: [*Αρχύτας*] *πρώτος τὰ μηχανικὰ ταῖς μαθηματικαῖς προσχρησάμενος ἀρχαῖς μεθώδευσεν.*

2) Besondere charakteristische Beispiele hierfür enthält das 5. Kapitel des 7. Buches der „Physik“. Vgl. des Verf. Abhandlung: „Die Grundlagen der antiken Dynamik“ (Arch. f. Gesch. d. Naturwissensch. u. d. Techn. I, 1908, S. 19–47), c. 2.

3) Eine wichtige Rolle spielt die mathematische Methode auch in vielen der „Mechanischen Probleme“, die unter dem Namen des ARISTOTELES überliefert sind deren Echtheit aber bezweifelt wird.

4) NIKOMACHOS, Harm. I, 10; BOETHIUS, de mus. I, 10; andere Stellen bei JAMBlichOS, MACROBIUS, CENSORINUS, CHALCIDIOS u. a. Nach den meisten dieser Berichte soll PYTHAGORAS zu seinen näheren Untersuchungen durch die Beobachtung angeregt worden sein, daß sich die Gewichte von Schmiedehämmern, deren Klänge eine Quart, Quint und Oktave bildeten, wie die Höhen dieser Töne verhielten. Schon aus dem Widerspruche, der zwischen dieser Erzählung und den akustischen Grundgesetzen besteht, folgt, daß sie in späterer Zeit erfunden sein müsse.

5) Es ist die geometrische Proportion, die zwischen einer Zahl, dem arithmetischen und harmonischen Mittel, das aus ihr und einer zweiten Zahl gebildet wird, und dieser zweiten Zahl besteht ($a : \frac{a+b}{2} = \frac{2ab}{a+b} : b$)

aller Proportionen durch den Namen einer musikalischen Proportion auszeichneten¹⁾. Wie viele andere Zweige der Naturlehre scheint auch die Musik zuerst durch EUDOXOS in ein mathematisch begründetes System gebracht worden zu sein, das dann durch ARCHYTAS weiter ausgestaltet wurde²⁾; von einer „Harmonik“, die dieser verfaßte, sind einige Bruchstücke noch erhalten³⁾. Der große Einfluß, den die pythagoreischen Lehren auf die spätere Philosophie PLATONS ausübten, erklärt es, daß auch dieser den harmonischen Untersuchungen eine außerordentliche Wichtigkeit beimaß und in seinem Idealstaate das Studium der arithmetischen Verhältnisse auch in ihrer Anwendung auf die Berechnung der Töne zur Bürgerpflicht erhoben wissen wollte⁴⁾. Im Vordergrund steht bei PLATON allerdings das mathematische, vor allem das zahlentheoretische Interesse, hinter welches das physikalische fast ganz zurücktritt. So wirft PLATON den Pythagoreern vor, daß sie zwar bei den wirklichen, mit dem Ohre vernommenen Akkorden nach den ihnen zugrunde liegenden Zahlen geforscht hätten, aber doch nicht bis zu den höheren Untersuchungen darüber vorgedrungen seien, welche von diesen Zahlen auch „harmonische“ Zahlen seien und welche nicht⁵⁾.

Die innige Verknüpfung von Arithmetik und Musik läßt es wahrscheinlich erscheinen, daß in den meisten akustischen Schriften jener Zeit die mathematische Methode eine große Rolle spielte. Wir kennen — allerdings nur dem Titel nach — eine Arbeit DEMOKRITS über „Rhythmus und Harmonie“⁶⁾, eine „Harmonik“ von THEOPHRAST⁷⁾, Abhandlungen über die Musik von diesem⁸⁾ und auch von ARISTOTELES⁹⁾. In der aristotelischen Schrift „Über die Sinne“ wird auch der interessante Versuch gewagt, die Grundsätze der Harmonik auf die Optik zu übertragen. Denn

1) JAMBlichus, In NICOMACHI arithm. introd. liber, ed. PISTELLI, S. 118, 19: *Τὰ νῦν δὲ περὶ τῆς τελειοτάτης ἀναλογίας ῥητέον ἐν τέσσαρασιν ὄροις ὑπαρχούσης καὶ ἰδίως μουσικῆς ἐπικληθείσης, διὰ τὸ τοὺς μουσικοὺς λόγους τῶν καθ' ἁρμονίαν συμφωνιῶν τρανότητα ἐν αὐτῇ περιέχεσθαι.* Vgl. PLATON, Timaios 36 A.

2) THEON SMYRNAIOS, ed. HILLER, S. 61, 12: *οἱ δὲ περὶ Εὐδοξὸν καὶ Ἀρχύταν τὸν λόγον τῶν συμφωνιῶν ἐν ἀριθμοῖς φόντο εἶναι.* PTOLEMAIOS, Harmon. I, 13: *Ἀρχύτας δὲ ὁ Ταραντῖνος μάλιστα τῶν Πυθαγορείων ἐπι μεληθεῖς μουσικῆς.*

3) Überliefert von PORPHYRIOS; zusammengestellt in DIELS' „Fragmenten der Vorsokratiker“.

4) PLATON, Leges V, 16, p. 747.

5) PLATON, Republ. VII, 12, p. 531 C: *τοὺς ἐν ταύταις ταῖς συμφωνίαις ταῖς ἀκονομέναις ἀριθμοὺς ζητοῦσιν, ἀλλ' οὐκ εἰς προβλήματα ἀνίσιν ἐπισκοπεῖν, τίνες σύμφωνοι ἀριθμοὶ καὶ τίνες οὐ, καὶ διὰ τί ἐκάτεροι.*

6) DIOGENES LAERTIOS IX, 1,48; *Περὶ ῥυθμῶν καὶ ἁρμονίης.*

7) ib. V, 2,46: *Ἀρμονικῶν α'.*

8) ib. V, 2,46: *περὶ μουσικῆς α' β' γ' ;* ib. 49: *περὶ μουσικῶν.*

9) ib. V, 1,26: *περὶ μουσικῆς.*

Farben, die in harmonisch einfachen Verhältnissen gemischt sind, sollen nach ARISTOTELES ebenso angenehme Mischungen liefern, wie die harmonischen Töne¹⁾. Gegen die „pythagoreisierende“ Richtung in der Musik machte sich indessen schon unter den Schülern des ARISTOTELES eine Reaktion geltend. ARISTOXENOS erscheint als der Begründer einer neuen Schule, die während des ganzen Altertums in einem entschiedenen Gegensatze zu der älteren Schule der „Harmoniker“ stand. Ohne ein Gegner der mathematischen Methode zu sein, wollte ARISTOXENOS doch der Empirie eine größere Rolle eingeräumt wissen, als ihr in den früheren Spekulationen zugestanden worden war, denn es könne, wie er nachdrücklich betont, zwar die Geometrie der Beobachtung entbehren, nicht aber die Musik²⁾.

Die ersten Anfänge der mathematischen Optik fallen in eine sehr frühe Zeit. Allerdings sind diese ältesten Untersuchungen fast rein geometrischer Natur. Denn der Physik entlehnen sie nur die seit den frühesten Zeiten bekannten Tatsachen der Schattenbildung und der geradlinigen Ausbreitung des Lichtes. Diese beiden Erscheinungen soll schon THALES benutzt haben, um aus der Länge des Schattens einer Pyramide deren Höhe zu berechnen³⁾. Der Blüte des attischen Dramas verdankte die Perspektivik ihre Entstehung. Ihr Begründer scheint AGATHARCHOS gewesen zu sein, der zur Zeit des AISCHYLOS die Theatermalerei schuf und über diese Kunst auch eine Abhandlung schrieb. Diese Schrift habe dann, wie uns VITRUV überliefert, ANAXAGORAS und DEMOKRIT ange-regt, die theoretischen Grundlagen der Perspektivik näher zu untersuchen⁴⁾; das bei DIOGENES LAËRTIOS erhaltene Verzeichnis der Schriften DEMOKRITS führt auch in der Tat unter den mathematischen Abhandlungen dieses

1) ARISTOTELES, De sensu, c. 3, p. 439b, 31: τὰ μὲν γὰρ ἐν ἀριθμοῖς εὐλογίστοις χρώματα καθάπερ ἐκεῖ τὰς συμφωνίας, ἃ ἥδιστα τῶν χρωμάτων εἶναι δοκοῦντα, οἷον τὸ ἀλουργὸν καὶ φοινικοῦν.

2) ARISTOXENOS, Harmon. elem. 32; τῷ δὲ μουσικῷ σχεδὸν ἐστὶν ἀρχῆς ἔχουσα τάξιν ἢ τῆς αἰσθήσεως ἀκρίβεια.

3) DIOGENES LAËRTIOS I, 1,27: ὁ δὲ Ἰερώνυμος καὶ ἐκμετροῦσαι φησὶν αὐτὸν τὰς πυραμίδας, ἐκ τῆς σκιᾶς παρατηρήοντα ὅτε ἡμῖν ἰσομεγέθει εἶσι. Vgl. PLINIUS, hist. nat. 36, 12, 82. Komplizierter war das Verfahren des THALES nach PLUTARCH, Conviv. sept. sapient., c. 2.

4) VITRUVIUS, de architectura VII, § 11: primum AGATHARCUS Athenis AESCHYLO docente tragoediam scaenam fecit et de ea commentarium reliquit. Ex eo moniti DEMOCRITUS et ANAXAGORAS de eadem re scripserunt, quemadmodum oporteat ad aciem oculorum radiorumque extentionem certo loco centro constituto lineas ratione naturali respondere, uti de incerta re certae imagines aedificiorum in scaenarum picturis redderent speciem et quae in directis planisque frontibus sint figurata, alia abscedentia alia prominentia esse videantur.

vielseitigen Forschers eine „Strahlenkunde“ an^{1) 2)}. In der „Meteorologie“ des ARISTOTELES erscheint zum ersten Male auch das Phänomen der Lichtreflexion (oder der „Lichtbrechung“, wie es ARISTOTELES nannte) mit einfachen mathematischen Betrachtungen verknüpft; in diesem Werke wird die Kreisform des Regenbogens durch eine graphische Darstellung der Zurückwerfung der Sonnenstrahlen erklärt und auch bereits die Erkenntnis verwertet, daß Strahlen um so schräger reflektiert werden, je schräger sie auffallen³⁾.

Die Astronomie ist wohl der Zweig der Naturwissenschaft, in den die mathematische Methode am frühesten Eingang fand. Schon der Begründer der hellenischen Naturwissenschaft, THALES, soll — was den Chinesen übrigens schon im dritten Jahrtausend v. Chr.⁴⁾ und sehr früh auch den Babyloniern gelungen zu sein scheint — eine Sonnenfinsternis richtig vorhergesagt⁵⁾ und auch den scheinbaren Durchmesser der Sonne⁶⁾ sowie das Größenverhältnis zwischen Sonne und Mond berechnet haben⁷⁾. Wesentlich gefördert wurden die Beziehungen zwischen der Mathematik und der Astronomie durch die kosmologischen Spekulationen der Pythagoreer, die die Frage nach dem Aufbau und der Anordnung des Weltgebäudes vom mathematisch-ästhetischen Standpunkte aus zu lösen versuchten⁸⁾. Ihrer Verehrung für die Zehnzahl als das Symbol der Vollkommenheit verdanken die Hypothesen der Gegen-erde und des Zentralfeuers ihre Entstehung⁹⁾, und im Zusammenhange

1) DIOGENES LAERTIOS IX, 1,48: *Ἀκτινογραφία*.

2) Auf die Perspektivik des ANAXAGORAS bezieht sich vielleicht die Äußerung des PROCLUS (in EUCLIDIS elem. libr. comm., Prologus II, ed. FRIEDLEIN p. 65, 21): *πολλῶν ἐφήψατο τῶν κατὰ γεωμετρίαν*.

3) ARISTOTELES, Meteorol. III, c. 4 und 5.

4) Denn wie CONFUCIOS berichtet, wurden die Hofastronomen Hi und Ho hingerichtet, weil sie eine Sonnenfinsternis vom Jahre 2137 v. Chr. nicht richtig vorausgesagt hatten. Die — zyklischen — Methoden zu einer Vorausberechnung einer Finsternis scheinen also den Chinesen nicht unbekannt gewesen zu sein.

5) DIOGENES LAERTIOS I, 1,23: *δοκεῖ δὲ κατὰ τινὰς πρῶτος ἀστρολογῆσαι καὶ ἡλιακὰς ἐκλείψεις καὶ τροπὰς προειπεῖν, ὡς φησὶν Εὐδήμος ἐν τῇ περὶ τῶν ἀστρολογουμένων ἱστορίᾳ*. Ähnlich berichten dies auch HERODOT, STRABON, CICERO, PLINIUS u. a.; vgl. ZELLER, Die Philosophie der Griechen, Bd. I,1 (5. Aufl.), S. 183.

6) APULEIUS, Florid. XVIII (p. 183, ed. VAN DER VLIET): *idem sane iam proclivi senectute divinam rationem de sole commentus est . . . , quotiens sol magnitudine sua circulum quem permeat metiatur*.

7) DIOGENES LAERTIOS I, 1,23: *πρῶτος τοῦ τοῦ ἡλίου μεγέθους τὸ τοῦ σεληναίου ἑπτακοσιοστὸν καὶ εἰκοστὸν μέρος ἀπεφήνατο κατὰ τινὰς*.

8) Vgl. (auch wegen der folgenden Anmerkungen) des Verf. Abhandlung: „Ästhetische und teleologische Gesichtspunkte in der antiken Physik“ (Arch. f. Gesch. d. Philos. XXII, 1908, S. 80–113), c. 2 und 3.

9) ARISTOTELES, Metaph. I, 5,966a; SIMPLIKIOS, De coelo, ed. HEIBERG, S. 513.

damit auch die erste heliozentrische Theorie, die ARISTARCH VON SAMOS aufstellte ¹⁾. Die Harmonie der Sphären, in der nach der Ansicht der Pythagoreer die Vollkommenheit der Zahlenverhältnisse im Kosmos ihren erhabensten Ausdruck findet, schien ein einfaches Mittel zur Berechnung der relativen Entfernungen der Gestirne zu gewähren ²⁾. Aus der Überzeugung von der Schönheit und Vollkommenheit des Kreises und der Kugel entwickelten sich die beiden für die geschichtliche Entwicklung der Astronomie grundlegenden Annahmen von der Kugelgestalt der Himmelskörper und von der Kreisform ihrer Bahnen ³⁾. Auch die von ihnen entdeckten fünf regulären Körper führten die Pythagoreer in die Kosmologie ein; ihre Lehre, die von PHILOLAOS ausgebildet wurde und die auch in PLATONS „TIMAIOS“ übergang, ordnete den Würfel der Erde zu, das Ikosaëder dem Wasser, das Oktaëder der Luft, das Tetraëder dem Feuer, das Dodekaëder aber dem fünften, alles umfassenden Elemente ⁴⁾. Auch die Theorie der Dreiecke hat PLATON in seiner Kosmogonie verwertet. Denn die letzten Bestandteile, aus denen die physikalische Körperwelt gebildet ist, sind nach seiner Ansicht das gleichschenklige und das rechtwinklige Dreieck mit den Winkeln von 90, 60 und 30 Grad; weil sich aus ihnen zwei durch ihre Schönheit besonders ausgezeichnete Figuren, das gleichseitige Dreieck und das Quadrat, zusammensetzen lassen ⁵⁾.

Die auf die exakte Astronomie angewandte Geometrie, die schon früh viele wichtige Begriffe, wie die des Poles, des Äquators, der Ekliptik schuf, scheint namentlich durch ANAXAGORAS ⁶⁾ und durch DEMOKRIT ausgebildet worden zu sein. Das Verzeichnis der demokriteischen Schriften zählt unter den mathematischen Abhandlungen eine Himmels-, eine Erd- und eine Polkunde und schließlich ein Buch über „das große Jahr oder die Tafel der Astronomie“ auf ⁷⁾. Bei PLATON erscheint die Astronomie bereits als ein Zweig der Mathematik, wie die Arithmetik, Rechenkunst, Geometrie und Stereometrie; denn wie der ruhende Körper das Objekt der stereometrischen, so bilde der bewegte den Gegenstand der astronomischen Untersuchungen ⁸⁾. EUDOXOS VON KNIDOS ist der Be-

1) ARCHIMEDES, Arenarius.

2) PLATON, Republ. X, 616; ARISTOTELES, De coelo II, 9 und zahlreiche andere spätere Autoren.

3) Vgl. ARISTOTELES, de coelo II, 11.

4) PLATON, Timaios 53C; PLUTARCH, quaest. Plat. V, quaest. conv. VIII, 2, 3; CHALCIDIOS, c. 8—22.

5) PLATON, Timaios 53E.

6) Vgl. S. 407 Anm. 2.

7) DIOGENES LAËRTIOS IX, 7,48: *Μαθηματικὰ δὲ τὰδε . . . Μέγας ἐνιαυτός ἢ ἀστρονομίης παράπηγμα, οὐρανογραφίη, γεωγραφίη, πολιτογραφίη, ἀκτινογραφίη.*

8) PLATON, Republ. VII, c. 10, p. 589A.

gründer des ersten groß angelegten astronomischen Systems auf geometrischer Grundlage. Seine homozentrische Sphärentheorie suchte zuerst sämtliche Himmelsbewegungen durch Kombinationen kreisförmiger Bewegungen darzustellen ¹⁾. So entwickelte sich in der Sphärik schon früh ein eigener Wissenszweig, der die Geometrie der Kugel für die Bedürfnisse der Himmelskunde ausgestaltete und noch vor dem Jahre 300 v. Chr. in der Schrift des AUTOLYKOS „Über die bewegte Sphäre“ eine ausführliche Darstellung fand ²⁾.

Die Anfänge der mathematischen Physik reichen, wie uns die Betrachtung ihrer geschichtlichen Entwicklung lehrt, bis zu den Anfängen der griechischen Wissenschaft zurück. THALES, der Mathematik und Naturlehre in Hellas begründete, erscheint auch als der erste, der diese beiden Wissenschaften miteinander in Verbindung brachte. Seinem Beispiele folgten zunächst die älteren Pythagoreer, ANAXAGORAS, DEMOKRIT und PLATON. In EUDOXOS, einem der vielseitigsten Forscher des Altertums ³⁾, dessen hervorragendster Schüler ARCHYTAS war, erreichte die voralexandrinische Periode der mathematischen Physik ihren Höhepunkt. Seine Schriften ⁴⁾, von denen sich leider nur sehr geringe Bruchstücke erhalten haben, stellten wohl die bedeutendsten Vorläufer der physikalischen Werke des EUKLID, ARCHIMEDES, HERON und PTOLEMAIOS dar, die schon im Altertume in glänzender Weise den stolzen Spruch rechtfertigten, daß die Mathematik die Königin der Wissenschaften sei.

1) ARISTOTELES, Metaph. XII, 8; SIMPLIKIOS, de coelo II.

2) Die Schrift „*Περὶ κινουμένης σφαίρας*“ ist noch erhalten. (Ausgabe von HULTSCH, Leipzig 1885).

3) DIOGENES LAERTIOS VIII, 8,86: *Εὐδοξὸς Ἀισχύνου Κνίδιος, ἀστρολόγος γεωμέτρης ἰατρός νομοθέτης.*

4) Vgl. KÜNSSLBERG, der Astronom, Mathematiker und Geograph EUDOXOS von Knidos, Dinkelsbühl, I, II, 1888, 1889.