



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Antike Technik

Diels, Hermann

Leipzig [u.a.], 1914

I. Wissenschaft und Technik bei den Hellenen

[urn:nbn:de:hbz:466:1-76076](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-76076)

I
WISSENSCHAFT UND TECHNIK BEI DEN
HELLENEN¹⁾

Die deutsche Philologenversammlung hat vor allem den Zweck, die Männer der Forschung und der Lehre zusammenzuführen, um ihnen eindringlich dadurch zur Anschauung zu bringen, wie sich Theorie und Praxis verbinden müssen, wenn das gemeinsame Ziel unserer Jugendbildung erreicht werden soll, die werdende Generation mit dem Geiste der Wahrheit zu erfüllen, der in Wissenschaft und Kunst, in Religion und Sittlichkeit gleichmäßig walten muß, wenn wir unsere Kultur wirklich weiter und höher führen wollen.

Indem sich also in diesen festlichen Tagen Lehre und Leben, Erfinden und Anwenden, gelehrtes Wissen und pädagogische Kunst enger als sonst verbinden, erscheint es nicht unangemessen, zum Beginn dieser Tagung an dem Bilde der griechischen Kultur, die wohl noch immer in unseren Philologenversammlungen als paradigmatisch vorgeführt werden darf, die wohltätige Beeinflussung aufzuzeigen, durch die Wissenschaft und Praxis sich gegenseitig befruchten. Ich denke dabei nicht vornehmlich an Schulwissenschaft und Schulpraxis, obgleich ich zum Schlusse auch diese wichtigen Beziehungen berühren werde, sondern ich fasse das ganze Gebiet der Wissenschaften und Techniken ins Auge, ohne jedoch die unendliche Vielgestaltig-

1) Vortrag, gehalten in der Eröffnungssitzung des Marburger Philologentages am 30. September 1913. Abgedruckt in den *Neuen Jahrb. f. d. kl. Altert.* 1914. I. Abt. 23. Bd. S. 1—17.

keit der Erscheinungen auch nur andeutungsweise erschöpfen zu wollen. Denn es wäre übel, in oberflächlicher Polymathie über Dinge reden zu wollen, die einiges Sachverständnis voraussetzen, und durch geistreiche Allgemeinheiten die Einsicht in die Einzelheiten ersetzen zu wollen, ohne die es kein wahres Wissen gibt. Ich werde daher das Thema mit absichtlicher Unvollständigkeit so behandeln, daß ich einzelne Streiflichter auf bestimmte Gebiete und Stadien der Entwicklung fallen lasse, die meinen besonderen Studien näher liegen und als lehrreiche Beispiele dienen können.

Unter den alten Kulturvölkern ist das Hellenentum so spät hervorgetreten, daß die meisten technischen Erfindungen, deren man sich in Krieg und Frieden bediente, schon lange gemacht und überallhin verbreitet waren. Längst hatten die Jägervölker Speer, Pfeil und Bogen erfunden, längst hatte der Ackerbau Wagen und Pflug zu bauen gelehrt, längst durchfuhren raubende und handelnde Schiffer die weiten Meere, ehe der Hellene in die Geschichte eintrat. Ich muß auch die mykenische Kultur übergehen. Denn so hochbedeutsam, auch in technischer Beziehung, diese Blüteperiode der vorhellenischen Geschichte sich erweist, mit der hellenischen Wissenschaft hat weder diese Kultur selbst noch die poetische Verklärung, welche später die homerische Poesie dieser Heroenzeit widmete, irgend etwas zu tun. Man spürt höchstens in dem selbstbewußten, freien Tone, den gegenüber Gott und der Welt das heroische Epos anschlägt, den autonomen Herrengest, der den Griechen zum Philosophen, zum Mann der Wissenschaft *κατ' ἐξοχήν* gemacht hat. Man spürt ferner in dem Einheitsdrange, mit dem Homer die politischen und religiösen Sonderanschauungen der verschiedenen Griechenstämme zusammenschaut und künstlerisch darstellt, etwas von dem rationalistischen Trieb nach Vereinheitlichung und Verallgemeine-

rung, den die griechische Naturwissenschaft von ihren ersten Anfängen an gezeigt hat. In Hesiods Muse ist sogar dieser halbphilosophische Drang nach Systematik teilweise bereits zu äußerlichem Schematismus erstarrt.

Wir richten vielmehr unsern Blick auf die ehrwürdigen Inkunabeln griechischer Wissenschaft, die das sterbende Ionien im 6. vorchr. Jahrh. als teuerstes Vermächtnis der Welt hinterlassen hat. An der Spitze steht der Milesier Thales, den die Legende bald als weltvergessenen Sterngucker darstellt, der bei seinen nächtlichen Himmelsbeobachtungen in den Brunnen fällt, bald als berechnenden Kaufmann, der die Ölkonjunktur schlau auszunützen versteht. Die ernste Historie aber kennt ihn als Techniker. Der älteste Zeuge zwar, der ihn erwähnt, Xenophanes bewunderte seine astronomische Kunst, durch die es ihm gelang, Sonnenfinsternisse vorauszusagen. Aber Herodot, der über diesen Triumph der Astronomie uns die genaueste, wenn auch chronologisch falsch orientierte, Nachricht überliefert hat, deutet doch für den Eingeweihten vernehmlich genug an¹⁾, daß nicht etwa bereits wissenschaftliche Einsicht in die Bewegung der Gestirne den Milesier zur Vorhersage befähigt hatte, sondern eine empirisch erprobte, vermutlich von den Chaldäern ent-

1) I. 74 τὴν δὲ μεταλλαγὴν ταύτην τῆς ἡμέρας Θαλῆς ὁ Μιλήσιος τοῖσι Ἴωσι προηγόρευσε ἔσεσθαι οὐρον προθέμενος ἑνιαυτὸν τοῦτου, ἐν τῷ δὲ καὶ ἐγένετο ἡ μεταβολή. Thales kannte die von den Chaldäern gefundene Sarosformel, nach der die Finsternisse in einem Zyklus von 18 Jahren 11 Tagen (die Tage sind ungenau) sich wiederholen. Da er nun die am 18. Mai 603 eingetretene große Sonnenfinsternis wahrscheinlich in Ägypten beobachten konnte, durfte er rechnen, daß nach 603 + 18 Jahren, also etwas nach dem 18. Mai 585, aber vor Ablauf des ἑνιαυτός (d. h. genauer des Sommersolstitiums nach der einleuchtenden Etymologie von C. Brugmann, Idg. Forsch. XV 87), d. h. vor Ablauf des Juni 585 die Finsternis stattfinden würde. In der Tat fand die Finsternis am 22. Mai dieses Jahres statt. Das richtige Jahr war den antiken Chronologen, wahrscheinlich aus Xanthos, bekannt. S. meine *Vorsokratiker* I A 5 (I³ 7, 21).

lehnte Wahrscheinlichkeitsrechnung. Er war also auf dem Gebiete der Sternkunde wohl kein Mann der Wissenschaft, sondern ein Technite, freilich einer, der mehr weiß und kann als seine Landsleute und die umwohnenden Barbaren. Wenigstens erhielt sich bis zu Herodots Zeit das Gerücht, er sei von Kroisos vor der Schlacht am Halys zur Ableitung des Stromes herangezogen worden.¹⁾ Der Historiker verwirft freilich diese Erzählung und läßt das lydische Heer auf den gewöhnlichen Brücken über den Halys rücken. Wenn er damit recht hat, so muß die Legende im 5. Jahrh. jedenfalls solche Künste der Wasserbautechnik dem berühmten Astronomen zugetraut haben. In der Tat wissen wir jetzt, daß Xerxes die berühmten Schiffsbrücken über den Hellespont, die dem Strom und dem Sturme besser standhielten als die vorher von den ägyptischen und phönikischen Ingenieuren erbauten²⁾ durch Harpalos³⁾ herstellen ließ, der doch wohl mit Recht mit dem Astronomen identifiziert worden ist, der zwischen Kleostratos von Tenedos und Meton, d. h. zwischen der zweiten Hälfte des 6. und der zweiten Hälfte des 5. Jahrh., gelebt haben muß. Er hat sich durch die Verbesserung der Oktaëteris des Kleostratos einen Namen gemacht. Da die babylonische Astronomie bis tief in das 6. Jahrh. hinein weder den achtjährigen noch den neunzehnjährigen Schaltzyklus kennt⁴⁾, so darf man diese Kalenderordnung, die auf dem Festlande sicher bis in das 7. Jahrh. hinaufreicht, als eine echt hellenische Observation

1) Herod. I 75.

2) Herod. VII 34. Die Überreste der ungeheuren Taue sah Herodot wohl in Athen (IX 21).

3) *Laterculi Alexandrini* 8, 8 (Abh. d. Berl. Ak. 1904 S. 8), von Rehm, Pauly-W. R.-Enc. VII 2401 und Ginzel, *Chronologie* II 386 übersehen. S. unten S. 26³⁾.

4) Boll, *Entwicklung d. astron. Weltbildes* (*Kultur d. Gegenw.* III 3, Sonderabdr.) S. 27.

Tafel I.



Fragment eines Steckkalenders aus Milet (109 v. Chr.).

Umschrift:

Linke Spalte

- ἐν τοξό]ότηι ὁ ἥλιος
- ὠρίων] ἐῶιος δύνει καὶ προ-
κύνων ἐ]ῶιος δύνει
- κύνων ἐ]ῶιος δύνει
- τοξό]της ἄρχεται ἐῶιος ἐ-
πιτέ]λλων καὶ περσεὺς ὕ-
λος ἐ]ῶιος δύνει
- σκ]ορπίου τὸ κέντρον ἐπι-
τέ]λλει ἐῶιον
- τ]όξευμα ἐῶιον ἐπιτέλλει
- ἰχ]θὺς ὁ νότιος ἄρχεται ἀκρό-
ν]υχος δύνειν
- ἀε]τὸς ἐῶιος ἐπιτέλλει
- δίδυμ]οι μεσοῦσι δνόμε-
νοι]

Rechte (mittlere) Spalte
ἐν τοῖς αὐτοῖς

- •
- Λ
- ἐν ὑδροχόωι ὁ ἥλιος
- [λέων] ἐῶιος ἄρχεται δύνων
καὶ λύρα δύνει
- ὄρνις ἀκρόνυχος ἄρχεται δύνων
- ἀνδρομέδα ἄρχεται ἐῶια ἐπι-
τέλλειν
- ὑδροχόος μεσοῖ ἀνατέλλων
- ἵππος ἐῶιος ἄρχεται ἐπι-
τέλλειν
- κένταυρος ὕλος ἐῶιος δύνει
- ὕδρος ὅλος ἐῶιος δύνει
- κήτος ἄρχεται ἀκρόνυχον
δύνειν
- οἰστὸς δύνει, ζεφύρων ὄ-
ρα συνεχῶν
- ὄρνις ὅλος ἀκρόνυχος δύνει
- [ἀρχτοῦρος] ἀκρόνυχος ἐπι-
[τέλλει]

Diels: Antike Technik

betrachten, der die ionischen Astronomen immer mehr wissenschaftliche Sicherheit und praktische Brauchbarkeit zu geben suchten. Wie praktisch diese antiken Kalender eingerichtet waren, ersieht man aus den Bruchstücken zweier „Steckkalender“, griech. *παραπήγματα* (Tafel I), die sich bei den deutschen Ausgrabungen in Milet vor zehn Jahren gefunden haben.¹⁾ Sie waren nach dem Muster des von Meton i. J. 432 v. Chr. in Athen aufgestellten öffentlichen Kalendariums, auf das verwiesen wird, eingerichtet. Durch das Beistecken von Bronzetafelchen mit den Monatsnamen und Tagesziffern des veränderlichen zivilen Kalenders in die Löcher, die an der Seite oder zwischen den Zeilen des in Marmor eingegrabenen ewigen Sternkalenders angebracht waren, hatte man ein bequemes Mittel gefunden, das unveränderliche Sonnenjahr, die Stern-Auf- und -Untergänge und die damit verbundenen Wetteranzeigen mit dem offiziellen Kalender der Stadt in Verbindung zu setzen. Es ist kein Zweifel, daß zwar nicht die gefundenen Exemplare, wohl aber die ganze Einrichtung in Milet uralt und mit den Studien der milesischen Astronomen eng verknüpft war.

Da die milesische Schule des Thales durch Kleostratos auf Tenedos fortgesetzt worden zu sein scheint²⁾, der auf dem gegenüberliegenden Berge Ida (1750 m) sein Observatorium errichtet hatte³⁾, so gehört vielleicht auch Harpalos, der seinen Kalender rektifizierte, in diese Reihe. Dann begriffe man, wie ein in Tenedos lebender Techniker, der die schwierigen Flutverhältnisse in den Dardanellen aus der Nähe beobachtet hatte (die ionische Astronomie dient ja von Thales und Kleostratos her den praktischen

1) Diels und Rehm, *Parapegmenfragmente aus Milet*, Berl. Sitz.-Ber. 1904, 92 ff. Vgl. Dessau ebd. S. 266.

2) *Vors.* I^s 8, 40 Note; II^s 197.

3) Theophr. De sign. 4 (*Vors.* II^s 197, 8).

Aufgaben des milesischen Handels, der das Schwarze Meer als seine Domäne ansah), seine Brückenkonstruktion mit besserem Erfolge einrichten konnte als die fremden Ingenieure.

Aber das großartige Werk des Harpalos steht nicht allein da. Schon vor Xerxes hatten ionische Techniker ähnliches geleistet. Herodot sah in seiner Jugend im Hera-tempel zu Samos ein Bild, das die für Dareios im Feldzug gegen die Skythen bei Byzanz über den Bosphorus geschlagene Schiffsbrücke darstellte. Er berichtet darüber¹⁾: „Dareios war über den Brückenbau sehr erfreut und beschenkte den Architekten Mandrokles aus Samos über und über. Von diesen Geschenken stiftete Mandrokles als Weihgabe ein Bild, das die Überbrückung des Bosphorus und den König Dareios auf seinem Throne und sein Heer, wie es hinüberzieht, darstellte. Dieses Bild, das er in dem Hera-tempel stiftete, trug folgende Inschrift:

Der die Brücke gebaut jüngst über des Bosphoros Fluten,
Mandrokles hat geweiht Hera zu Ehren das Bild.

Für sich selber gewann er den Kranz, für die Samier Weltruhm,
Und das vollendete Werk ward auch vom König belobt.“

Dieser samische Ingenieur, der sich durch seine Weihinschrift die Unsterblichkeit gesichert hat, ist ein Landsmann und Zeitgenosse des Pythagoras, der freilich damals bereits seine Heimat verlassen hatte. Wenn Heraklit der Ephesier, der doch wohl hauptsächlich durch das Wirken des Philosophen in Samos Kunde von ihm erhalten hat, ihn gerade wegen seiner Polymathie tadelt²⁾, so muß er sich doch wohl in seiner Heimat nicht bloß durch seine Zahlentheorie und seine Seelenwanderungslehre bekannt gemacht haben. Wir dürfen vielmehr vermuten, daß dieser eminente Mathematiker (wie Thales, Anaximander und die

1) IV 87. 88.

2) Vors. 12 B 40.

anderen Astronomen dieser Zeit) auch ein hervorragender, auf vielen Gebieten beschlagener Praktiker war, der seine Anregung und Ausbildung einer damals ungewöhnlich hohen technischen Kultur seiner Heimatinsel verdankte. Der Hera-Tempel in Samos galt Herodot als eines der ersten Bauwerke der Welt. Die neuen Ausgrabungen Wiegands haben eine durch die Eurhythmie der Verhältnisse bewundernswerte Schönheit des alten, nach dem Sturz des Polykrates zerstörten Tempels herausgestellt.¹⁾ Ob das Schema nach dem Hexagramm entworfen ist, das jüngst Odilo Wolff als die Norm der antiken Tempel hat erweisen wollen²⁾, oder nach der Dreiecksberechnung, die Rob. Reinhardt am Theseion in Athen und am Tempel der Aphaia in Ägina erprobt hat, mögen die Fachleute entscheiden.³⁾ Aber auch die einfachen Proportionen, die Wiegand festgestellt hat, zeigen, daß der Architekt, mag es Theodoros oder Rhokos sein, seinen Grundriß mathematisch durchdacht hat. Noch weiter führt das andere von Herodot⁴⁾ gepriesene Wunderwerk von Samos, die ebenfalls durch deutsche Forschungen wiederentdeckte Wasserleitung des Eupalinos⁵⁾, die durch den über Samos sich erhebenden Berg Kastro vermittelt eines kilometerlangen Tunnels aus der jenseits des Berges liegenden Quelle in die Stadt geführt wurde (Abb. 1, S. 8). Uns interessiert an diesem Werke besonders die Frage, wie die von beiden Seiten zugleich in Angriff genommene Durchbohrung wissenschaftlich vorbereitet wurde, d. h. wie

1) Wiegand, I. *Bericht über die Ausgrab. in Samos* (Abh. d. Berl. Ak. 1911) S. 19.

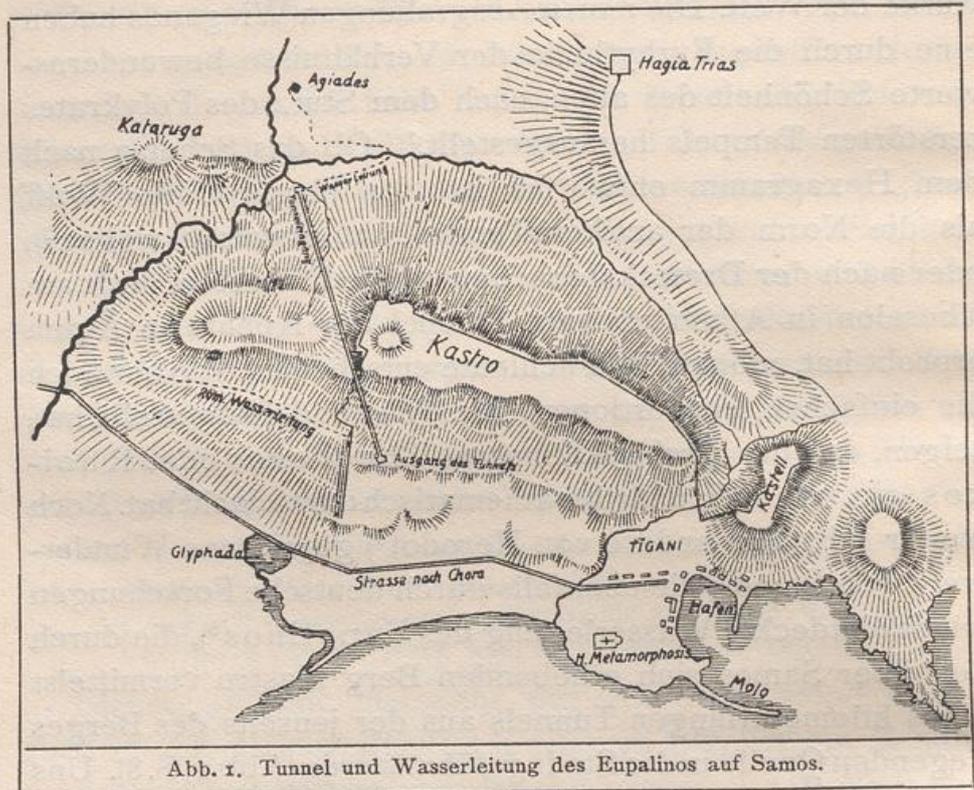
2) O. Wolff, *Tempelmaße*, Wien 1912.

3) R. Reinhardt, *Die Gesetzmäßigkeit der gr. Baukunst I. Der Theseustempel in Athen*, Stuttg. 1903. Vgl. J. Durm, *Z. d. Verb. D. Architekten und Ing.-Vereine*, 1912 Nr. 22 S. 190 ff.; Nr. 23 S. 200 ff.

4) III 60.

5) Fabricius, *Athen. Mitt.* IX (1884) S. 165 ff.

die Richtungslinie des Tunnels geometrisch festgestellt werden konnte. Auch heute noch ist ein solches Nivellement keine ganz einfache Aufgabe der Ingenieurkunst. Glücklicherweise hat uns Heron¹⁾ in seiner Dioptra eine schematische Bearbeitung dieses Nivellements gegeben, das durch



eine Reihe von rechtwinkligen Koordinaten und Dreiecks-konstruktionen festgelegt wird (Abb. 2). Er schließt mit den siegesgewissen Worten: „Wird der Tunnel auf diese Weise hergestellt, so werden sich die Arbeiter (von beiden Seiten) treffen.“

1) Heron, Dioptr. 15. (III 238 ed. H. Schoene) ὄρος διορύξει ἐπ' εὐθείας τῶν στομάτων τοῦ ὀρύγματος ἐν τῷ ὄρει δοθέντων. Erläutert von W. Schmidt in der *Bibl. math.* III. Folg. IV (1903) S. 7 ff. Das Schema ist der samischen Geländeform so ähnlich, daß man denken könnte, der Verf. habe gerade dieses Weltwunder vor Augen gehabt.

Dies ist auch in Samos geschehen, wenn auch nicht ganz genau, wie das auch heute noch trotz der Verfeinerung der Instrumente und Methoden vorkommt. Jedenfalls gestattet diese Leistung des Eupalinos einen Schluß auf den hohen Stand der technisch-mathematischen Bildung jener Zeit und auf die Einsicht des Polykrates, der die großen Mittel zur Durchführung des Projekts gewiß nicht bewilligt hätte¹⁾, wenn die leitenden Kreise in Samos damals um die Mitte des 6. Jahrh. nicht von der Möglichkeit eines solchen Werkes überzeugt gewesen wären. Daraus

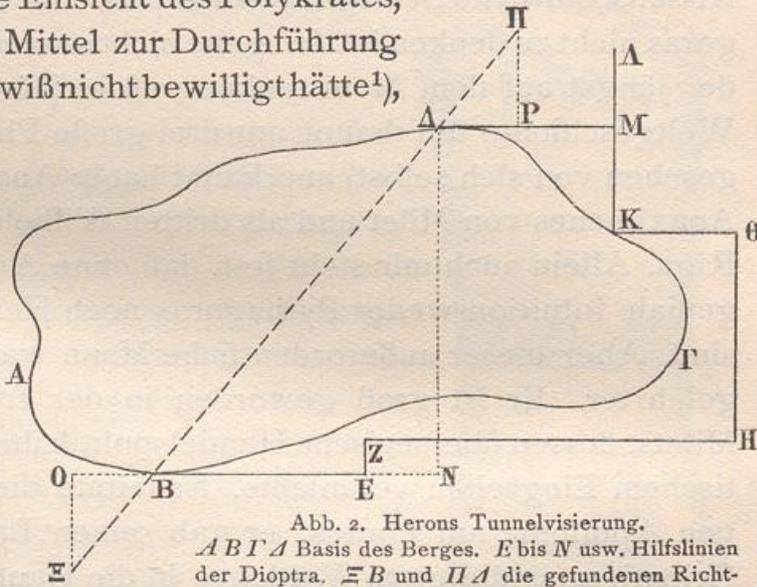


Abb. 2. Herons Tunnelvisierung.
ABΓΔ Basis des Berges. *E* bis *N* usw. Hilfslinien der Dioptra. *EB* und *HA* die gefundenen Richtlinien, die die Tunnellinie *BA* ergeben.

darf man schließen, daß die Kultur von Samos, in der Pythagoras aufwuchs, die wissenschaftliche Grundlage lieferte, die dem Eupalinos, der aus dem durch die Wasserleitung des Theagenes berühmten Megara stammte, gestattete, seine Wasser-

1) Auf die Kostspieligkeit der Arbeit macht mit Recht Prof. Merriam aufmerksam. Er sagt (*The School of Mines Quarterly* IV, N. York 1885, 275): *It is only within a few years that a Tunnel of this magnitude and extent would not have been considered an engineering work of more than ordinary magnitude, not only in its engineering aspects, but as a financial enterprise. . . . The methods of excavation in rock must have been slow and tedious when this Tunnel was made, compared with the rapid work of Gunpowder and Dynamite at the present day, and it would be especially interesting to know all the tunnelling processes employed by the ancients, among these not the least in interest would be the ventilation of the Tunnel during the process of the work without ventilating shafts.*

leitung mitten durch den Berg zu legen. Denn daß Megara selbst, das damals längst in seiner Blüte geknickt war, diese hohe geodätische Leistung hätte hervorbringen können, ist sehr unwahrscheinlich. Freilich weder das Festland noch Samos, sondern Milet ist der eigentliche Ausgangspunkt für die wissenschaftliche Bewegung geworden, ohne die auch Pythagoras nicht zu denken ist. Ich gehe nicht so weit wie Haeckel, der jüngst auf dem Monistenkongreß in Düsseldorf in der Weltgeschichte überhaupt nur drei große Philosophen (abgesehen von sich selbst) anerkannt hat¹⁾: Anaximander und Anaximenes von Milet und als dritten Wilhelm Ostwald von Riga. Allein auch mir steht fest, daß ohne Anaximanders geniale Intuition weder Pythagoras noch Heraklit denkbar sind. Aber dieser außerordentliche Mann war kein Stubengelehrter. Er ist groß geworden in der frischen Seeluft Milets, dessen überseeische Handelspolitik ihn auch zu praktischem Eingreifen veranlaßte. Er leitete die Kolonisation von Apollonia am Pontos, er gab seinen Landsleuten zur Orientierung die erste Weltkarte in die Hand, die dann erweitert durch Hekataios lange Zeit maßgebend blieb, er entwarf ihnen auch eine Himmelskarte zur Orientierung der Schiffer bei Nacht. Nach solchen unmittelbar der Praxis dienenden Leistungen versteht man, warum die Milesier ihrem Mitbürger eine Ehrenstatue errichteten (Abb. 3), deren Überreste bei den deutschen Ausgrabungen sich gefunden und im Berliner Museum nunmehr ihren Ehrenplatz erhalten haben.²⁾

Allein in diesen praktischen Betätigungen setzt Anaximander nur das Werk des Thales fort. Weit über ihn hinaus schritt er durch seine philosophischen und astronomischen Spekulationen. Nicht ein sinnlich wahrnehmbarer

1) Bericht der *Tägl. Rundschau* 12. Sept. 1913.

2) Die Zeugnisse über Anaximandros stehen *Vors.* I³ 14—21.

Urstoff liegt dem Universum zugrunde, sondern das in ewiger Bewegung, in wechselnder Ausgestaltung und Rückbildung befindliche Unendliche. Unsere Erde und der sie umgebende Kosmos ist nur ein vorübergehender Spezialfall der Emanation des Unendlichen. Vor uns, nach uns, neben uns werden unzählige Welten aus dem "Απειρον" ausgeschieden. Aber so sehr diese Aussonderungen mit dem Stempel der Vernichtung, wie alles Irdische, versehen sind, sie tragen doch die Spuren des höheren, ewigen Ursprungs in sich in ihrer Wohlordnung. Der Hellene definiert die Schönheit als das richtige Verhältnis der Proportionen. So faßt Anaximander die regelmäßige Bewegung der Gestirne, deren kreisförmige Bahnen er zuerst aus seinen astronomischen Beobachtungen erschlossen hatte, als eine Harmonie der Sphären auf, die er durch die symmetrisch geordneten Abstände dieser Gestirnbahnen verdeutlichte. Dabei spielten die uralte heilige Dreizahl und ihre Vielfachen eine geheimnisvolle Rolle. Die Erde selbst ist für Anaximander noch eine flache Walze im Zentrum der Bewegung. Ihre Höhe steht zur Breite in dem Verhältnis von 1:3. Drei Gestirnsphären umkreisen sie: der Sternkreis, der Mondkreis und der Sonnenkreis, deren Abstände, wie es scheint, auf 9, 18 und 27 Erddurchmesser angenommen wurden. So kindlich diese Zahlen einer fortgeschritteneren Wissenschaft erscheinen müssen, der Grundgedanke einer in Zahlen ausdrückbaren Harmonie unseres Weltsystems

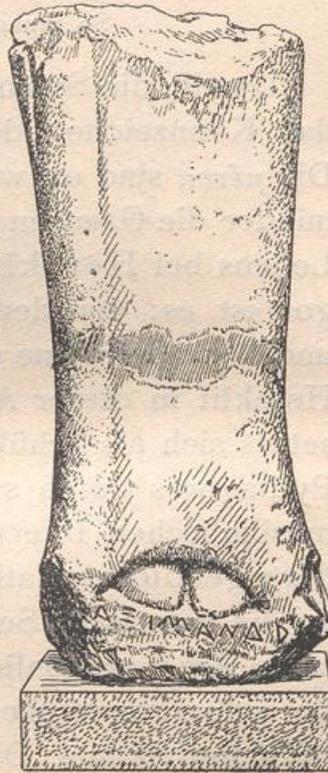


Abb. 3. Erhaltener Unterteil der Anaximandros in Milet errichteten Ehrenbildsäule. (6. Jahrhundert.)

war richtig. Wer Anaximanders Sphärentheorie betrachtet, wird an die Worte Schillers erinnert, mit denen er das Erwachen der hellenischen Wissenschaft in den „Künstlern“ feiert:

In selbstgefäll'ger, jugendlicher Freude
Leiht er den Sphären seine Harmonie,
Und preiset er das Weltgebäude,
So prangt es durch die Symmetrie.¹⁾

Gewiß, die Symmetrie ist es, die Platon wiederholt als das Kennzeichen der Schönheit und Wahrheit angibt.²⁾ Die *μέτρα* sind es, welche die Bahnen der Sonne und nicht minder die Grenzen des menschlichen und des kosmischen Lebens bei Heraklit bestimmen. Die Proportion, der Logos ist es, der dem pendelnden Wechsel von Entstehen und Vergehen seine unüberschreitbaren Grenzen setzt. Wie Heraklit in dieser Anerkennung des mathematischen Gesetzes sich als Schüler Anaximanders ausweist, so hat sich Pythagoras durch seine exakten Beobachtungen z. B. der musikalischen Intervalle und durch seine Fortschritte in der eigentlichen Mathematik und Himmelskunde noch enger an die milesische Schule angeschlossen. Leider ist das einzelne seiner persönlichen Tätigkeit schwer abzutrennen von der außerordentlichen Rührigkeit der durch ihn gegründeten italischen Schule. Durch die Erfolge dieser Schule hat sich im 5. Jahrh. die Meinung in weite Kreise verbreitet, das ganze physische und geistige Leben des Menschen lasse sich wie ein Rechenexempel mit Zahlen begreifen. Das Rechnen, die *ratio*, ergreift die Menschheit, und der Kampf mit dem Irrationellen wird auf der ganzen Linie aufgenommen. Die hervorragendsten Köpfe zermartern sich an

1) S. meinen Aufsatz *Über Anaximanders Kosmos* im *Archiv f. Gesch. d. Philos.* X (1897) S. 228—237.

2) *Phileb.* 64 E. S. Trendelenburg, *Kleine Schr.* II 316 ff.; Kalkmann, 53. Winckelmannsprog., Berl. 1893 S. 4 ff.

der Quadratur des Zirkels, alles soll mit Richtsheit und Lineal geordnet, alles mit der Zahl gemeistert werden. Der Paroxysmus des Rationalismus erfaßte vor allem die Technik. Ich begnüge mich, an zwei Beispiele aus der zweiten Hälfte des Jahrhunderts der Aufklärung zu erinnern: an Hippodamos von Milet und Polykleitos von Argos.

Hippodamos, der Landsmann Anaximanders, hat sich zwar auch der altionischen Naturwissenschaft gewidmet¹⁾, bekannt geworden aber ist er als Architekt im großen Stile. Perikles, der ja die modernen Rationalisten liebte, ließ durch ihn einen neuen Plan des Piräeus entwerfen. Rechtwinklig sich kreuzende Straßen, nach den Himmelsrichtungen orientiert, sollen zugleich der mathematischen Regelmäßigkeit wie der Hygiene dienen. So sind von ihm auch Thurioi und Rhodos neu angelegt worden. Sein System hat auch noch im folgenden Jahrhundert bei allen Neuanlagen den Sieg davongetragen. Alexandria und vor allem das von uns ausgegrabene Priene, dessen Plan (Tafel II) im 4. Jahrh. entworfen und mit unerhörter Willkür der widerstrebenden Natur aufgezwungen ist, künden den nachwirkenden Einfluß des Hippodamos, dessen italische Gründung wohl nicht ohne Einfluß auf das langweilige Bauschema gewesen ist, wie es der römische Lagerplan und Pompeji aufweist.²⁾

1) Hesych. s. v. Ἰπποδάμου νέμησις nennt ihn μετεωρολόγος. S. Vors. I³ 293 c. 27.

2) Wilamowitz, *Staat u. Gesellsch. d. Griech.* (Kultur d. Gegenw. II, IV 1) S. 121. Daß die Technik der Agrimensoren ursprünglich griechisch ist, scheint das Hauptinstrument, die *groma* oder *gruma* zu beweisen, dessen Ableitung von γνόμα (besser von γνώμονα) durch das Etruskische jetzt befriedigend aufgeklärt ist. W. Schulze, *Berl. S.-Ber.* 1905 S. 709. Thulin, *Pauly-W. R.-Enc.* VI 728, 7. Die Darlegung von O. Müller, *Etrusker*² II 154 erhält in allem Wesentlichen ihre Bestätigung. Fraglich bleibt nur, ob diese griechische Mathematik in Italien auf Hippodamos selbst oder seine Vordemänner (ev. durch Pythagoras vermittelt) zurückgeht. Vgl. Beloch, *Campanien*² 67. 230. 345 Taf. II. VIII. Die etruskische Festung Marzabotto (Brizio, *Monum. ant.* I 429 ff. 278 Taf. I. V) ist nicht älter als 500.

Freilich fehlte es dem Baumeister nicht an Widerspruch. Aristophanes hat ihn in den „Vögeln“ unter der Maske des mit dem Lineal bewaffneten Meton, „den Hellas und Kolonos kennt“, verspottet.¹⁾ Aber der Ehrgeiz des Hippodamos reicht weiter. Er entwarf nicht nur Stadtpläne, sondern auch Staatsverfassungen, in denen wieder die übliche Dreizahl eine beherrschende Stellung einnimmt. Drei Stände: Bauern, Handwerker, Krieger; dreierlei Grundbesitz: Staatsland, Tempelland, Privatland; dreierlei Klageformen: Injurienklage, Schadenklage, Mordklage; dreierlei Abstimmung der Richter: Verurteilung, Freispruch, keins von beiden mit Motivierung. Natürlich ist diese dreieckige Verfassung Papier geblieben.²⁾

Eine noch verhängnisvollere Rolle spielte der Mißbrauch der mathematischen Wissenschaft damals in der Plastik. Diese feinste Blüte der hellenischen Kunst ist auch von dem Meltau des arithmetischen Rationalismus befallen worden. Auch der bildende Künstler sollte jetzt wissenschaftlich arbeiten. Der dies verlangte, war einer der hervorragendsten Meister, der Argiver Polyklet, dessen Werke auch jetzt noch das Auge des Kunstfreundes entzücken. Aber wie Leonardo, Dürer und manche neuere Meister verfiel er ins Grübeln. Und als das Ergebnis seines Nachdenkens veröffentlichte er ein Buch in dem krausen Stile, den die Künstler lieben. Es trug den ominösen Namen *Κανών*, Lineal³⁾! Die Einzelheiten dieser Kunstlehre sind nicht mehr kenntlich.⁴⁾ Nur sieht man, daß

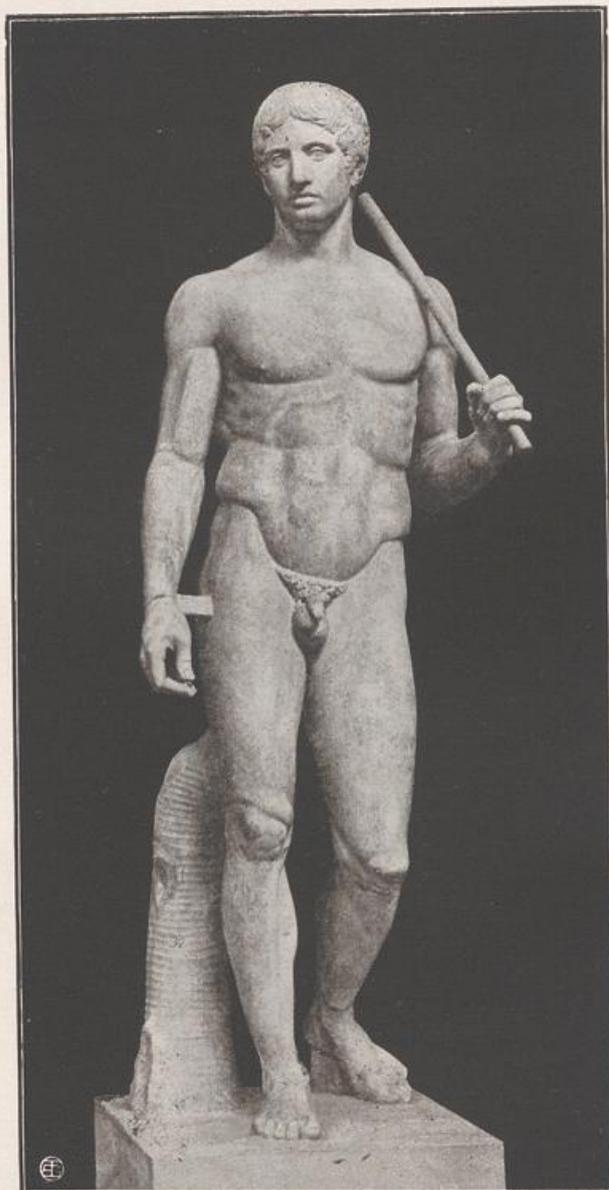
1) Arist. Vög. 992.

2) Ein letzter Ausläufer dieser Pythagoreischen Staatsmathematik sind Platons Gesetze. S. Zeller, *Ph. d. Gr.* IIa 956f.

3) *Vors.* I⁸ 294 c. 28 verzeichnet die geringen Bruchstücke dieser Schrift.

4) Trotz der mühsamen Messungen A. Kalkmanns im 53. Winckelmannsprog. (*Die Proportionen des Gesichts in der gr. Kunst*). Vgl. auch Kalkmanns *Nachgelassenes Werk* herausgeg. v. N. Voß S. 5. Wenn nach Diodoros

Tafel III.



Polyklets Kanon. Der Doryphoros. Neapel.
Nach Brunn, Denkmäler.
Verlag F. Bruckmann, A.-G., München.

Diels: Antike Technik

auch hier in den normalen Proportionen des Gesichtes und des übrigen Körpers die heilige Dreizahl und daneben die Dekas bevorzugt wird. Glücklicherweise hat sich der Künstler in seinem Doryphoros (Tafel III), den er als Beispiel seiner Theorie aufstellte, nicht streng an sein System gehalten, und die Kunst des 4. Jahrh. hat sich in bewußten Gegensatz zu dieser Pseudowissenschaft gesetzt. Lysippos verlangte eine moderne Symmetrie, die nicht die Wirklichkeit, sondern den Schein der Wirklichkeit zu berücksichtigen habe.¹⁾

Aber die Symmetrie des Polykletischen Kanons, die für die Darstellung des Menschen so wenig paßte, hat sich dauernd in einer anderen Technik bewährt, wo sie in der Tat angebracht war, in dem Bau der antiken Geschütze. Der Mechaniker Philon²⁾, der älteste uns erhaltene Artillerieschriftsteller, beginnt seine Anweisung mit dem etwas dunkeln Leitsatz des Polykletischen Kanons: τὸ εὖ παρὰ μικρὸν διὰ πολλῶν ἀριθμῶν γίνεται, d. h. „Die Schönheit des Werks ergibt sich um ein kleines aus vielen Zahlen“. Viele voneinander abhängige Zahlenverhältnisse, will er sagen, bedingen die wichtige Proportion eines Werkes. Durch ein geringes Versehen (παρὰ μικρόν) kann es geschehen, daß

I 98, 5 ff. die Priorität des Polykletischen Kanongedankens, wie sovieles andere Hellenische, auf Ägypten zurückgeführt wird, indem die samischen Künstler Telekles und Theodoros, die Söhne des Rhoikos, in Ägypten das Gleichmaß der Statuen dort gelernt hätten, und wenn das ägyptische Modulmaß dort genau angegeben wird, so wissen wir jetzt, daß dies alles Flunkerei des Hekataios von Abdera ist, der die ganze hellenische Kultur auf Ägypten zurückzuführen sucht. Nicht klar ist mir der Zusammenhang des byzantinischen Kanons (9 Kopflängen, Dreiteilung des Gesichts außer dem Haare: Stirn, Nase, Kinn) in der Ἐρμηνεία τῆς ζωγραφικῆς. S. G. Schäfer, *Das Handbuch d. Malerei vom Berge Athos* (Trier 1855) S. 82.

1) Plin. XXXIV 65 *symmetria, quam diligentissime custodit nova intactaque ratione quadratas veterum staturas permutando, volgoque dicebat ab illis factos quales essent homines, a se quales viderentur esse.*

2) Mech. Synt. IV S. 50, 6 Thevenot.

die Vollendung ($\tau\acute{o} \epsilon\bar{\nu}$) nicht erreicht wird. Ein kleiner Fehler im Anfang zerstört beim Fortschreiten der Arbeit das Ganze. Die Proportion setzt also ein Grundmaß voraus, das in richtig abgestuften Vervielfachungen das ganze Bildwerk symmetrisch gestaltet. So ist's auch, fährt Philon fort, mit den Geschützen. Ein kleiner Fehler am Anfang rächt sich durch Fehlerhaftigkeit des ganzen Werkes.

Das Einheitsmaß, das die antiken Ingenieure beim Bau von Wurfmaschinen zugrunde legen, besteht in dem Kaliber, d. h. in dem Durchmesser des Lochs, in dem die elastischen Spannerven laufen, durch welche das Geschütz gespannt und entspannt, d. h. abgeschossen wird. Die Größe des ganzen Geschützes und die Spannkraft der Stränge muß also dem Gewicht der Steinkugel oder des Pfeils, die man abschießen will, entsprechend gebaut werden. Die alexandrinischen Ingenieure hatten nach Philon als beste Formel für die Feststellung der Kalibergröße gefunden:

$$\delta = 1,1 \sqrt[3]{100\mu},$$

d. h. der Durchmesser des Spannloches muß so viel Daktylen (δ) betragen, als die Kubikwurzel aus der mit 100 multiplizierten Anzahl attischer Minen (μ) beträgt, welche die Steinkugel wiegt, wozu dann noch der zehnte Teil dieses Betrages hinzuzurechnen ist. Auf diese Maßeinheit werden dann alle Teile der Wurfmaschine zurückgeführt.

Philon sieht von der Höhe der alexandrinischen Technik, die in der Erfindung des Polybolon, der antiken Mitrailleuse, durch Dionysios von Alexandria¹⁾ allerdings ein Wunderwerk der Präzisionsmechanik geschaffen hat, etwas geringschätzig auf die alten Ingenieure herab. Allein es ist wohl nicht zweifelhaft, daß das mathematische Prinzip der Konstruktion auf die alten Meister der Artillerie zurückgeht,

1) S. über diesen und das Kapitel der antiken Geschütze den 5. Vortrag.

die um das Jahr 400 dem älteren Dionysios die erste kriegstüchtige Artillerie bauten und die dadurch mit zu den großen Erfolgen des genialen Fürsten beitrugen. Seiner wissenschaftlich-technischen Einsicht und seiner rücksichtslosen Tatkraft haben wir es zu verdanken, daß Sizilien und Italien damals nicht karthagisch wurden. Philistos¹⁾ hat als Augenzeuge in seinem Geschichtswerk eine lebhaft Schilderung dieser artilleristischen Tätigkeit des Dionys gegeben, und Diodor²⁾ hat uns diesen, vermutlich durch Timaios vermittelten, Bericht erhalten. Man ersieht daraus die fieberhafte Anspannung aller verfügbaren geistigen und finanziellen Kräfte, um Heer und Flotte auf den höchsten Stand zu bringen. Statt der Trieren ließ er zwei neue Typen, Tetreren und Penteren bauen, vor allem aber veranlaßte er die Ingenieure, die er von allen Seiten berief und glänzend honorierte, neue Geschütze zu konstruieren, bei denen das Prinzip des alten Handbogens zu riesigen Maschinen ausgestaltet wurde.³⁾ Bei der Belagerung von Motye an der Westküste Siziliens (397 v. Chr.) spielten zum ersten Male auf den Strandbatterien die neugebauten Geschütze, welche die angreifende gewaltige Flotte des Himilko völlig zurückschlugen.

Aus welchen Kreisen stammen nun wohl die Mechaniker, welche diese neue furchtbare Waffe schufen? Sizilien selbst und vor allem Syrakus stand bereits gegen Ende des 5. Jahrh. —

1) Fr. 34 (F. H. G. I 188). 2) Diodor XIV 41 ff.

3) Diod. a. a. O. § 42 *καὶ γὰρ τὸ καταπελτικὸν ἐρέθη κατὰ τοῦτον τὸν καιρὸν ἐν Συρακούσαις ὡς ἂν τῶν κρατίστων τεχνιτῶν πανταχόθεν εἰς ἓνα τόπον συνηγμένων*. Ephoros erwähnt zwar bei Plut. Per. 27 neue „Maschinen“, die der Klazomenier Artemon dem Perikles bei seiner Belagerung von Samos geliefert habe. Allein Diodor XII 28, 3 führt bei dieser Gelegenheit nur Widder an, die als karthagische Erfindung galten und längst im Gebrauch waren, und Schutzdächer (*κροῖδες καὶ χελώνας*). Die Neuerungen des Artemon mögen sich also auf das letztere beziehen. Vgl. Plin. VII 201.

das zeigen die wunderbaren Münzen des Euainetos und Genossen, die mit Selbstgefühl ihren Namen neben das Götterbild setzen — auf einer hohen Stufe künstlerischer und technischer Vollendung. Allein bei diesen neuen artilleristischen Aufgaben handelte es sich noch um etwas anderes. Es war, wie wir sahen, zur Konstruktion dieser Maschinen eine tüchtige mathematische Vorbildung erforderlich, die sich mit technischer Durchbildung vereinigen mußte. So denken wir an die pythagoreische Sekte¹⁾, vor allem an den berühmten, auch mit Dionys selbst in Verbindung getretenen Zeitgenossen Archytas aus Tarent. Er war aus der Schule der Pythagoreer hervorgegangen und vereinigte epochemachende mathematische Forschung mit erfolgreichster praktischer Tätigkeit zum Wohle seiner Vaterstadt. Siebenmal trat er als Stratege an die Spitze des Staates, und niemals erlitt er, wie Aristoxenos²⁾ bezeugt, eine Niederlage. Er war der erste Mathematiker, der speziell die Mechanik wissenschaftlich ausbaute³⁾ und der auch praktisch sich mit mechanischen Problemen beschäftigte. Es wird erzählt⁴⁾, daß er als großer Kinderfreund eine Klapper erfunden und eine fliegende Taube konstruiert habe, die durch einen verborgenen pneumatischen Mechanismus die Flügel regen und emporflattern konnte. Es ist selbstverständlich, daß ein solches mathematisch-technisches Genie als Stratege sein Talent auch in den Dienst des Vaterlandes stellte. Doch ist uns darüber leider nur eine allgemein gehaltene Nachricht überliefert.⁵⁾ Allein die Heimat des Archytas und seine Zugehörigkeit zum pythagoreischen Bunde erinnert an einen

1) Diodor nennt XIV 41, 3 unter den von allen Seiten berufenen Ingenieuren auch *τοὺς ἐξ Ἰταλίας*.

2) Diog. VIII 82 (*Vors.* 35 A 1; I³ 322, 21).

3) Diog. a. a. O. S. 83 (*Vors.* I 322, 23).

4) Aristot. Pol. Θ 8. Gell. X 12, 8 (*Vors.* 35 A 10. 11; I³ 325, 18 ff.).

5) Vitruv. VII Praef. 14 u. S. 21 Anm. 1.

andern Mechaniker Zopyros, der durch eine neue Konstruktion des sogenannten Gastraphetes, die mit seinem Namen verbunden wird, in eine nähere Beziehung zu den Neuerungen des Dionys gesetzt werden muß.

Seit Urzeiten war in Griechenland der Bogen bekannt, und die Bogenschützen spielen in allen Kämpfen eine Rolle, wenn sie auch nicht als die rühmlichste Waffe galten. Beim Bogen verbindet sich die Elastizität des Bogenarmes mit der Tiersehne, um den aufgelegten Pfeil abzuschließen. Aber je stärker Bogen und Sehne werden, um so schwieriger wird für die menschliche Hand die Spannung.¹⁾ So kam man auf die Erfindung der Armbrust, welche gleichsam zwischen Bogen und Katapulte die Mitte hält. Aber man blieb dabei nicht stehen, sondern konstruierte ein armbrustähnliches Gewehr unter dem Namen *γαστραφέτης* (wörtl. Bauchabschießer), das die Kraft des ganzen Körpers zur Spannung benutzte und ein ruhiges Zielen und Abdrücken gestattete. Sie werden am nächsten Freitag in der Saalburg ein Modell dieser Waffe, wie es Heron beschrieben und Generalmajor Dr. Schramm rekonstruiert hat, sehen und sich überzeugen können, daß der Schritt von diesem Bauchgewehr zu den verschiedenen Arten von Wurfmaschinen, die Sie dort auch sehen werden, nur ein kleiner ist. Auch Heron, der in der Einleitung seiner Lehre vom Geschützbau die Entwicklung vom Handbogen zu der großen Artillerie verfolgt, gibt dem Gastraphetes diese Mittelstellung. Nun überliefert uns der alexandrinische Kriegsschriftsteller Biton²⁾ zwei etwas komplizierte Modelle dieses Gewehrs, die Pfeile von 6—7 Fuß abzuschließen gestatteten und mit einem Haspel gespannt wurden, wobei freilich der Name *γαστρα-*

1) Vgl. Heron, *Belopoiika* 5 (Poliorcet. S. 75, 8 Wescher); Köchly u. Rüstow, *Kriegsschriftsst.* I 205 ff.

2) Poliorc. S. 61 ff. Wescher.

φέτης seinen ursprünglichen Sinn eingebüßt hat. Das größere Modell wird als Gebirgsgeschütz (*ὄρεινοβάτης γαστραφέτης*) bezeichnet.¹⁾ Die maschinellen Verbesserungen dieser Handwaffe werden von Biton dem Tarentiner Zopyros zugeschrieben, der sowohl für Milet wie für Cumä gearbeitet habe. Wenn nun in dem Pythagoreerkatalog des Iamblichos²⁾, der auf Aristoxenos zurückgeht, ein Zopyros aus Tarent erscheint, der spätestens um die Mitte des 4. Jahrh. gelebt haben muß, darf man nicht diesen Landsmann und Bundesbruder des Archytas mit dem Mechaniker des Gastraphetes identifizieren? Sollte nicht seine Verbesserung der Handwaffe mit der großartigen, durch Dionys ins Leben gerufenen artilleristischen Tätigkeit dieser Zeit zusammenhängen? Endlich: wird nicht durch solche Zusammenhänge mit der mathematisch-Pythagoreischen Schule das früher berührte, bei Philon, Vitruv, Heron festgehaltene wissenschaftliche Fundament der antiken Geschütztechnik auf das einfachste erklärt?

Die Pythagoreische Anschauung von der Allmacht und Herrlichkeit der Zahl und von ihrer fundamentalen Wichtigkeit für die exakte Wissenschaft hat damals niemand eindringlicher gepredigt als Philolaos, der erste Pythagoreer der strengen Schule, von dem es Lehrbücher gab. „Die Natur der Zahl“, heißt es Fr. 11, „ist kenntnispendend, führend und lehrend für jeglichen in jeglichem Dinge, das ihm zweifelhaft oder unbekannt ist.“³⁾ Auch dieser Pythagoreer, den wir nur als einen fast mystischen Theoretiker kennen, muß seine mathematischen Kenntnisse praktisch-

1) A. a. O. S. 64. Die Erscheinung, daß alte Namen sinnlos fortgeführt werden, wiederholt sich beim Euthytonon und Palintonon, die nur Sinn haben für den gewöhnlichen und skythischen Bogen, nicht für die Katapulte.

2) Vit. Pyth. 267 (Vors. I^s 344, 31).

3) Vors. 32 B 11 (I^s 313, 10).

technisch verwertet haben. Denn man nennt ihn an der Spitze der großen Meister, die Theorie und Praxis ähnlich wie Archimedes zu verbinden gewußt hätten.¹⁾

Am deutlichsten schien den Anhängern des Pythagoras die Macht der Zahl sich in der Welt der Töne zu offenbaren. In einer Zeit, wo die althellenische Musik bereits im Absterben begriffen war, hat Philolaos die Entdeckungen des Pythagoras und seiner Schüler über die physikalisch-mathematische Grundlage des Tonsystems niedergeschrieben. Die Harmonie der Intervalle wurde ihnen zum unmittelbarsten Zeugnis der unsichtbaren kosmischen Harmonie und Symmetrie. Ein unzweifelhaft echtes Fragment des Archytas leitet aus den drei Proportionen der Musik, der arithmetischen, geometrischen und harmonischen, die gesamte mathematische Proportionslehre ab, die das Fundament der voreuklidischen Geometrie ist.²⁾

Diese Harmonielehre zeigt sich nun auch bei dem ersten Arzte, von dem es Bücher gab, bei Alkmaion von Kroton, der schon durch seine Heimat mit der ältesten Schule des Pythagoras zusammenhängt, und der sein Buch drei Schülern des Meisters gewidmet hat. Seine Lehre gipfelt in dem Satze, daß Gesundheit die Symmetrie der bedingenden Qualitäten Warm, Kalt, Trocken, Feucht, Süß, Bitter usw. sei und daß Krankheit mithin die Störung dieser Harmonie bedeute.³⁾ Der tollste Versuch, die somatische Na-

1) Vitruv I 1, 17. Theophylact. ep. 75 (Migne P. G. 126 col. 493 A B) *πῶς δ' ἂν στρατιωτικὴν καὶ γεωμετρικὴν εἰς τὰ αὐτὸ συνήγαγε καὶ συνῆψε τὰ μακροῖς θριγγλοῖς ἑκαταὶ διεργόμενα μετ' Ἀρχύταν, μετὰ Φιλόλαον, μετὰ τὸν Ἄλλιον Ἀδριανόν, μετὰ τὸν ἑκπτωτον ἡμῶν Ἰουλιανόν.*

2) Nach Vitruv I 1, 8 hat man sogar von dem Artillerieoffizier, der die gleichmäßige Bespannung der Katapulte mit den Spannerven zu überwachen hatte, musikalische Bildung verlangt, damit er durch den Ton, den die gespannten Stränge rechts und links beim Anschlagen von sich geben, die Gleichmäßigkeit der Spannung feststellen und abstimmen könne.

3) Aët. Plac. V 30, 1 (Vors. 14 B 4; I^s 136).

tur des Menschen mit der Siebenzahl zu begreifen und zu bemeistern, liegt in der Hippokratischen Schrift „De hebdomadibus“ vor¹⁾, die lebhaft in ihrer mathematischen Tendenz an die Fließsche Theorie²⁾ vom „Ablauf des Lebens“ nach dem Rhythmus von 28 und 23 erinnert, die auf den mechanischen Rationalismus moderner Mediziner einen so starken Eindruck gemacht hat. Wenn also die Medizin des 5. Jahrh. nach Pythagoreischem Vorbild die Hebdomaden-theorie bis ins Abenteuerliche verfolgte, wenn Empedokles und die von ihm abhängige sizilische Ärzteschule die Pythagoreische Tetraktys in der Humoralpathologie zu jahrtausendjähriger Herrschaft brachte, so sieht man auch hier wieder, wie der mathematische Rationalismus von den Pythagoreern aus sich allmählich der ganzen Technik bemächtigt.

Denn nach antiker Auffassung ist auch die Medizin eine τέχνη und der Arzt ein δημιουργός.³⁾ Aus dieser Auffassung erklärt sich auch die ungewöhnliche Ausdehnung, welche selbst die Hippokratischen ιητροεῖα den zum Teil recht künstlichen chirurgischen Maschinen bei der Einrenkung von Gliedern eingeräumt haben.⁴⁾

Auf der anderen Seite aber hat sich diese Technik seit dem Anfang des 5. Jahrh. eng mit den Fortschritten der Wissenschaft und Philosophie verschwistert. Das Hippokratische Corpus ist mit den mannigfachsten Versuchen

1) Roscher, *Abh. der Sächs. Ges. d. W.* 28 n. 5 (Leipzig 1911) und ders., *Die hippokr. Schrift von der Siebenzahl*, Paderborn 1913.

2) Wilh. Fließ, *Der Ablauf des Lebens. Grundlegung zur exakten Biologie.* Leipzig 1906.

3) Hipp. De prisc. medic. I (S. 1, 17 Kühlew.) ὅπερ καὶ τῶν ἄλλων τεχνῶν πασέων οἱ δημιουργοὶ πολλὸν ἀλλήλων διαφέρουσιν κατὰ χεῖρα καὶ κατὰ γνώμην, οὕτω δὲ καὶ ἐπὶ ἰητρικῆς.

4) Vgl. die im 2. Bande der Kühleweinschen Hippokratesausgabe abgedruckten Texte; Faust, *De machinamentis ab antiquis medicis ad repositionem articularum luxatorum adhibitis*, Greifsw. Diss. 1912.

angefüllt, ältere und neuere Systeme medizinisch auszunutzen. Pythagoras, Empedokles, Anaxagoras, Diogenes von Apollonia, selbst die Eleaten werden herangezogen, um phantastische Systeme dieser Ärzte zu stützen oder zu widerlegen. Es fehlt freilich auch nicht an nüchternen Köpfen,

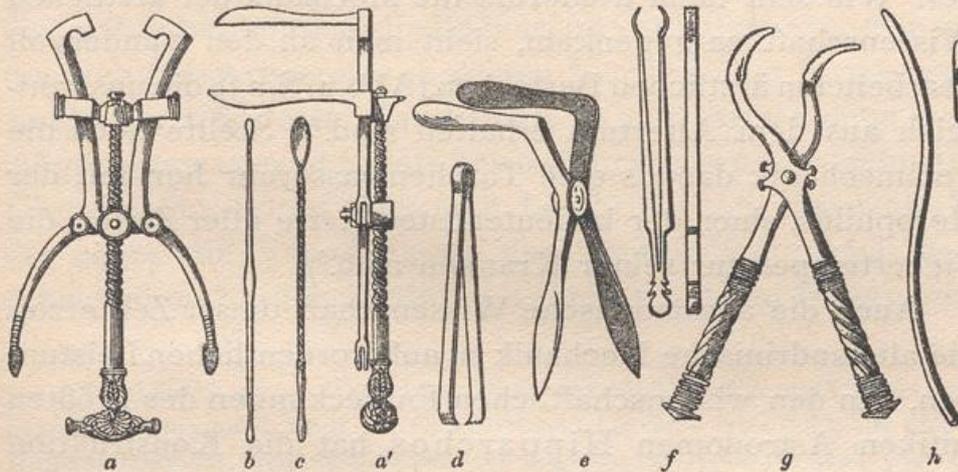


Abb. 4. Chirurgische Instrumente aus Pompeji.

Aus: Overbeck, Pompeji. 3. Aufl. Leipzig, W. Engelmann 1875. S. 413.

a (a') speculum matricis. *b* Sonde. *c* Löffelchen. *d* Pinzette. *e* speculum ani. Zwischen *e* und *f* feine Pinzette. *g* gebogene Zange zur Entfernung von Knochensplintern. *h* Katheter.

die wie der ehrliche Verfasser von „De prisca medicina“ die „neumodische Medizin“ auf das heftigste bekämpfen.¹⁾ Doch würde es in diesem Zusammenhange zu weit führen, diese Verbindung der ärztlichen Technik mit der Philosophie, die in Galen den engsten Bund schloß, durch alle Jahrhunderte zu verfolgen. Ich will hier nur eins erwähnen. Der Peripatetiker Straton, der Aristoteles und Demokrit, Athen und Alexandria miteinander verbindet, ist auch derjenige Philosoph, der durch seine modern anmutende Experimentalphysik in gleicher Weise die Ärzte und die Me-

1) Hipp. De pr. med. I (S. 2, 1 Kühlew.) διὸ οὐκ ἤξιον αὐτὴν ἔγωγε καινῆς ὑποθέσεως δεῖσθαι, ὥσπερ τὰ ἀφανέα τε καὶ ἀπορεόμενα . . . οἶον περὶ τῶν μετεώρων ἢ τῶν ὑπὸ γῆν.

chaniker seiner Zeit angeregt hat.¹⁾ Der große Arzt Erasistratos baut seine Physiologie auf Stratons *horror vacui* auf, und die Mechaniker Ktesibios, Philon und später Heron stellten ihre mechanischen Kunstwerke nach den Grundsätzen der modernen peripatetischen Experimentalphysik her. Wie sehr dann wiederum die Mechanik der ärztlichen Wissenschaft entgegenkam, sieht man an den wundervoll gearbeiteten ärztlichen Bestecken (Abb. 4, S. 23), die uns zahlreich aus dem Altertum erhalten sind.²⁾ Stellte doch die Feinmechanik damals eine Taschenwasseruhr her, mit der Herophilos, einer der bedeutendsten Ärzte aller Zeiten, die Fiebertemperatur seiner Kranken maß.³⁾

Auch die astronomische Wissenschaft dieser Zeit erzog die alexandrinische Mechanik zu außerordentlichen Leistungen. An den wissenschaftlichen Entdeckungen des größten antiken Astronomen Hipparchos hat die Konstruktion des Astrolabs, das die Sternbeobachtung so sehr erleichterte, einen großen Anteil.⁴⁾ Auch die Zeitmessung wurde durch die erstaunlich hohe Stufe der damaligen Technik

1) S. meine Abh. *Über das phys. System des Straton*, Berl. Sitz.-Ber. 1893 S. 101 ff.

2) Milne, *Surgical Instruments in Greek and Roman Times*, Aberdeen 1907. v. Töply, *Antike Zahnzangen und chirurgische Hebel*, *Fahresh. d. öst. arch. Inst.* XV (1912) Beibl. 135 ff.

3) Marcell. De pulsibus c. 11, ed. H. Schoene (Basler Festschr. 1907) S. 463. Max Schmidt, *Kulturhist. Beitr.* II (Leipzig 1912) S. 45. 101. Am Schluß Z. 265 ergänze ich *ἐκπλήρωσιν* <τοῦ χρόνου> und 266 *πυκνότερον* <ἢ βραδύτερον>.

4) Unter den aus dem Meeresboden bei Antikythera gewonnenen Altertümern, die einen Hauptreiz des Nationalmuseums in Athen ausmachen, interessiert ein kleines bronzenes, in einem Holzkasten befindliches Instrument, das Rediadis bei Svoronos, *Das Athener Nationalmuseum* (Athen 1903) Taf. X, für ein Astrolab hält. Das ist nicht sicher, da die erhaltenen stark oxydierten Teile und ihre Inschriften sehr zerstört sind. Aber am Originale (nicht an den a. a. O. gegebenen Abbildungen) kann man die mit der Feinarbeit unserer Chronometer rivalisierende Technik des Räderwerks wohl bewundern.

wesentlich verfeinert und verbessert. Die rohe Weise, die Tagesstunden nach der Schattenlänge zu messen, macht schon im 5. Jahrh. der Wassermessung mit der Klepsydra Platz. Im 4. baut man damit bereits Weckeruhren, wie nach Aristoxenos Platon eine solche Nachtuhr (*νυκτερινὸν ὥρολόγιον*) mit Pneumatik konstruiert haben soll.¹⁾ Seit dieser Zeit beginnt ὥρα die Bedeutung „Stunde“ anzunehmen, die sich bei Aristoteles in seinen Homerischen Problemen wohl zuerst findet.²⁾ Seitdem ist es den Astronomen erst möglich gewesen, genauere Zeitbestimmungen aufzunehmen. Die von den Alten mehrfach beschriebenen Uhrwerke³⁾, die sogar die Verschiebung der Stundenlänge nach den Jahreszeiten berücksichtigten, zeigen wohl den Höhepunkt

1) Athen. S. 174 c. Der unmittelbar vor der Erwähnung Platons genannte Aristoxenos scheint der Gewährsmann für diese Nachricht, die nichts Unglaubliches hat, wenn man an ähnliche *πάρεργα* des Archytas denkt (s. S. 18 Anm. 4). Über das Technische s. Max Schmidt, *Kulturhistor. Beitr.* II 38, 98, der freilich die Pneumatik des Apparates nicht erklärt (*ἐμπνευστὸν ἄν ἴσως ἐηθείη διὰ τὸ ἐμπνεῖσθαι τὸ ὄργανον ὑπὸ τοῦ ὕδατος*). Das pneumatische Prinzip, das an die Taube des Archytas erinnert, wird durch die Vergleichung des Ath. mit der Wasserorgel sichergestellt. Vgl. Heron, *Pneum.* 42 (I 192 ff. W. Schmidt). Eine militärische Wächteruhr beschreibt Aeneas Tacticus 22, 24 (S. 55, 977 R. Schöne); s. Bilfinger, *Zeitmesser der ant. Völker* (Stuttg. Progr. 1866) S. 8, der auch über die Weckeruhr des Platon daselbst handelt S. 9 f. „Plato maß sich den Schlaf wie die Behörde den prozessierenden Parteien die Zeit durch ein bestimmtes Wasserquantum zu und gab dem Gefäß eine Vorrichtung, wonach mit dem Ablauf des Wassers ein Ton erzeugt wurde, der ihn aus dem Schlafe erweckte und ihm die Möglichkeit gewährte, zu seinen nächtlichen Studien zurückzukehren.“ Diese Vorrichtung muß, wie Athenaeus sagt, nach dem Prinzip der Wasserorgel konstruiert gewesen sein *εἰκὸς τῶ ὑδραυλικῶ*. Über das Schattenmaß spricht Bilfinger a. a. O. S. 10 ff.

2) Bilfinger, *Antike Stundenzählung* (Stuttg. Progr. 1883) S. 4. „Der Gebrauch dieser Stundeneinteilung in der griechischen Literatur tritt erst seit der Zeit Alexanders auf.“ Max Schmidt, *Kulturhist. Beitr.* II 44; Aristot. *Fr.* 161 (ed. Rose S. 129, 16 ff., Lips. 1886). In der *Ἀθην. πολ.* 30, 6 heißt ὥρα allgemein „Zeit“, „Termin“.

3) S. Bilfinger, *Zeitmesser* S. 23 ff.; Max Schmidt a. a. O. und S. 105.
Diels: Antike Technik

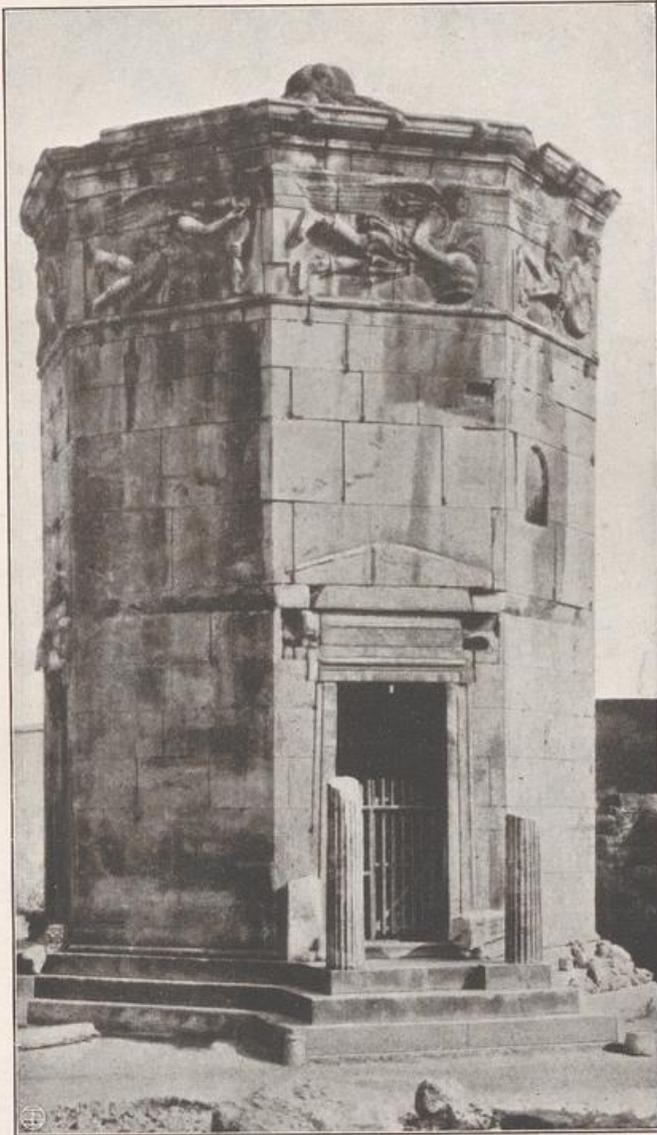
der wissenschaftlich organisierten Technik der Hellenen. In Rom stellte im Jahre 159 P. Cornelius Scipio Nasica Corculum als Zensor eine Wasseruhr auf öffentlichem Platze auf.¹⁾ Ebenso errichtete etwa ein Jahrhundert später Andronikos Kyrrestes in Athen den „Turm der Winde“ (Tafel IV), in welchem außen eine Sonnenuhr und innen eine Wasseruhr angebracht war.²⁾

Erstaunlich ist es, daß das Interesse des Altertums an den technischen Erfindungen und an der Persönlichkeit der Erfinder außerhalb der Fachwissenschaft recht gering ist. Der Glanz, der in der Renaissance und Neuzeit in immer steigendem Maße die Techniker umstrahlt, fehlt der Antike fast ganz, wenn man von der Medizin und Militärtechnik absieht. Und selbst auf diesen Gebieten ist es geschehen, daß große Namen spurlos verschwunden sind, wie es dem früher erwähnten Erbauer der Brücke des Xerxes begegnet ist, dessen Namen nur ein zufällig erhaltener Papyrusfetzen uns kürzlich enthüllte. Die darauf stehende Schrift enthält u. a. eine Tabelle der wissenschaftlichsten Dinge in kürzester Form aus guter alexandrinischer Zeit. Diese *Laterculi Alexandrini*, wie ich sie getauft habe³⁾, verzeichnen die berühmtesten Maler, Bildhauer, Architekten, und vor dem Kapitel über die sieben Weltwunder eine Heptas berühmter Mechaniker (Tafel V). Von diesen sieben im 2. vor-

1) Varro bei Plin. N. h. VII 215 und Censor. D. d. n. 23, 7.

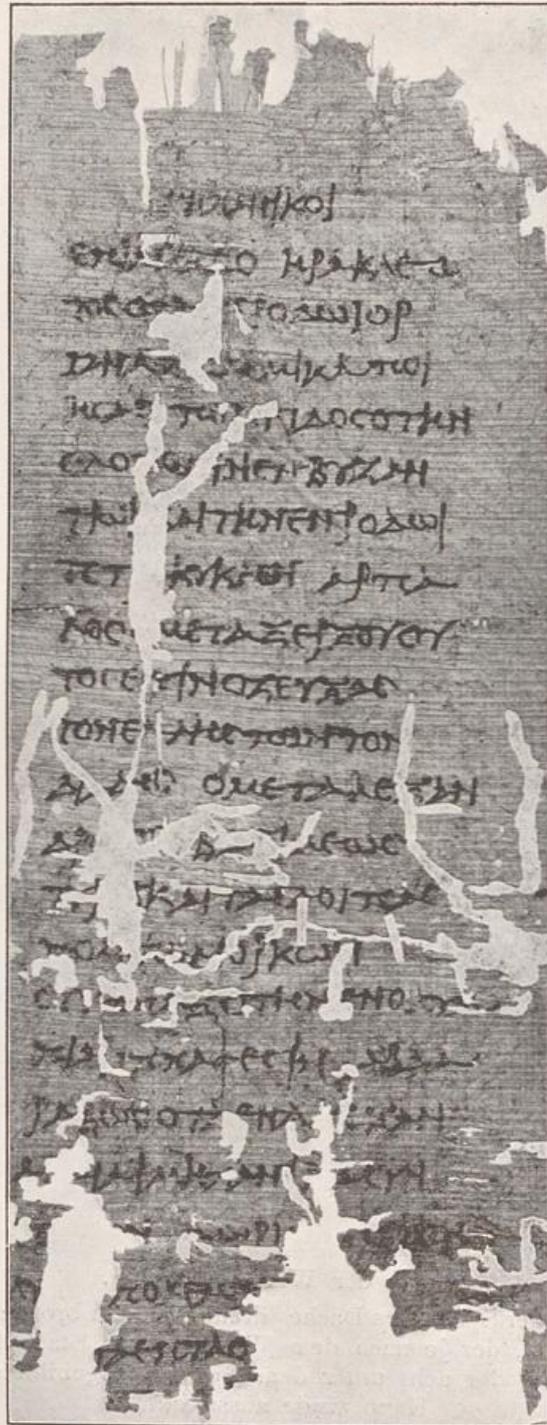
2) Varro, De r. r. III 17; Vitruv. I 6, 4 ff.

3) Abh. d. Berl. Ak. 1904. Die beistehende Abbildung gibt die betr. 8. Kolumne der Laterculi. Sie lautet in Umschrift: Μηχανικοί. Ἐπικράτης ὁ Ἡρακλεώτης ὁ ὁ τὰ ἐν Ῥόδῳ ὄργανα πολεμικὰ ποιήσας ὁ Πολύειδος ὁ τὴν ἐλέπολιν ἐν Βυζαντίῳ καὶ τὴν ἐν Ῥόδῳ τετρακκνικὸν ὁ Ἄρπαλος ὁ μετὰ Ξέρξου· οὗτός ἐστιν ὁ ζεύξας τὸν Ἑλλήσποντον. Διάδης ὁ μετ' Ἀλεξάνδρου τοῦ βασιλέως Τύρον καὶ τὰς λοιπὰς πόλεις πολιορκῶν ὁ Στόππαξ ὁ τὴν ἐν Ὀλυμπίῳ ἱππάφεισιν ὁ Ἀβδαράξωσ ὁ τὰ ἐν Ἀλεξανδρείῳ μηχανικὰ συντελῶν ὁ Δωρίων ὁ τὸν λυσιπόλεμον. Folgen τὰ ἑπτὰ θ[αύματα.



Turm der Winde in Athen.
Auf der Spitze des Daches drehte sich ein bronzenener Triton, der je nach dem Winde seinen Stab über einen der acht unter dem Gesimse abgebildeten Hauptwinde ausstreckte.

Diels: Antike Technik



Laterculi Alexandrini. Achte Kolumne.

christl. Jahrh. anerkannten Berühmtheiten der Technik sind uns vier vollständig unbekannt, und über die drei übrigen wissen wir nur ganz Oberflächliches. Unter den letzteren hebe ich Diades hervor, von dem Paulys Reallexikon in der ersten Auflage sagte: „Von Vitruv unter denen genannt, welche über Maschinen geschrieben hatten, im übrigen uns aber völlig unbekannt.“ Die neue Auflage (1905 erschienen) fügt aus den Kriegsschriftstellern hinzu, daß Diades ein Schüler des Polyeidos ist, der Philipps Belagerungsgeschütze baute, und daß er selbst an Alexanders Feldzügen teilgenommen habe. Aus den *Laterculi* nun erfahren wir erst¹⁾, daß Diades der leitende Ingenieur der denkwürdigen Belagerung von Tyros ist, über welche die Historiker seitenslang zu berichten wissen.²⁾ Die Einzelheiten des hin- und herschwankenden Kampfes werden sorgfältigst geschildert, der Name des Soldaten, der die Mauer zuerst erstiegen, wird in die Tafeln der Geschichte eingetragen. Aber von dem Ingenieur, der diese und alle übrigen Städtebelagerungen Alexanders leitete, der ein Lehrbuch seiner Kunst schrieb, in dem seine Erfindungen: die fahrbaren Belagerungstürme, neuartigen Widder, Fallbrücken und sonstigen Kriegsmaschinen beschrieben waren³⁾, wissen die Historiker nichts. Sie mißachteten eben, wie die ganze Antike, den Techniten.

1) Siehe den Text in der vorigen Anm.

2) Z. B. Arrian. *Anab.* II 16—24.

3) Vitruv. X 13, 3 *Diades scriptis suis ostendit se invenisse turres ambulatorias, quas etiam dissolutas in exercitu circumferre solebat, praeterea terebram et ascendentem machinam, qua ad murum plano pede transitus esse posset, etiam corvum demolitorem, quem nonnulli gruem appellant, non minus utebatur ariete subrotato, cuius rationes scriptas reliquit.* Folgen Maßangaben für die Türme und andere seiner Konstruktionen. Athen. *Mech.* S. 10, 10 Wescher (S. 16, 1 R. Schneider) *Διάδης μὲν οὖν αὐτὸς φησιν ἐν τῷ Μηχανικῷ αὐτοῦ συγγράμματι εὑρηκέναι τοὺς τε φορητοὺς πύργους καὶ τὸ λεγόμενον τρύπανον καὶ τὸν κόρακα καὶ τὴν ἐπιβάθραν· ἐχρᾶτο δὲ καὶ τῷ ὑποτρόχῳ κριῶ.* Folgt die Beschreibung im einzelnen. S. Schneider a. a. O. S. 57 ff.

Nur ein Name macht eine Ausnahme: Archimedes von Syrakus. Sein Leben, sein Tod, seine Hauptwerke sind jedem Schulknaben bekannt und seine Aussprüche „*Εὕρηκα*“ und „*Δός μοι πᾶ βῶ καὶ κινῶ τὰν γᾶν*“ stehen im Büchmann. Wenn Heiberg, der Biograph und Herausgeber des Archimedes, betont¹⁾, er sei der einzige Mathematiker, um den die nichtfachwissenschaftliche Literatur sich gekümmert habe, so ist das richtig. Höchstens könnte man Archytas um Horazens willen hinzufügen. Aber wenn er nun den Grund dieser außergewöhnlichen Berühmtheit in seiner Tätigkeit bei der Belagerung von Syrakus erblickt, so bedarf dies, wie das Beispiel dieses Diades lehrt, der Ergänzung. Die Syrakusaner haben sich über hundert Jahre lang um ihren berühmten Landsmann so wenig bekümmert, daß erst Cicero den dortigen *principi* sein völlig überwuchertes und vergessenes Grabmonument zeigen mußte. Das Interesse also, das die Römer und die römische Historie an ihrem hartnäckigen Widersacher nahmen, hat auch die späteren Griechen veranlaßt, des genialen Mannes zu gedenken und seine Schriften zu erhalten. Archimedes stellt die Vereinigung theoretischer und praktischer Begabung in idealster Weise dar. Sein Leben wie seine Schriften erfüllen uns auch heute noch mit Bewunderung und Sympathie!

Von seinem Vater, dem Astronomen Pheidias, in die wissenschaftliche Sternkunde eingeführt, hat er schon früh nicht nur astronomische Beobachtungen, z.B. über die Jahreslänge, gemacht, sondern auch ein kunstvolles, mit Wasser-

1) In Gercke-Nordens *Einl. in die Altertumsw.* II² 395. Derselbe Gelehrte hat eine populäre Darstellung in Archenholds *Weltall* IX (1909) S. 161 ff. veröffentlicht, auf die ich für das Folgende verweise. Ob Archimedes ein Verwandter des Königs Hieron war (Plut. Marc. 14, 7 *συγγενῆς καὶ φίλος*), ist zweifelhaft. Wenn Th. Gomperz, *Hellenica* II 302 die beiden Ausdrücke als Hofitel faßt, so traut dies Plutarch eine starke Flüchtigkeit zu. Denn der eine Titel schließt den anderen aus.

kraft betriebenes Planetarium verfertigt, das bewies, wie er seine theoretischen Kenntnisse in die mechanische Praxis umsetzen könne. Auch in anderer Weise betätigte sich sein praktischer Sinn. Die rechnerischen Bedürfnisse des Astronomen fanden ein Hindernis in der kleinen Zahlenreihe, die das griechische Ziffernsystem umfaßte. So legte er in dem „Arenarius“ eine neue Methode vor, unendliche Ziffernreihen sicher zu klassifizieren und zu bezeichnen. Auch die Erfindung der Archimedischen Schraube und der Flaschenzüge, durch die er den Stapellauf des Hieronschen Riesenschiffes bewirkte, gehören wohl noch in seine Jugendperiode. Die intensive Beschäftigung mit den mechanischen Problemen ermunterte ihn nun auch dazu, in seiner, vor sieben Jahren von Heiberg wiedergefundenen, Eratosthenes gewidmeten Schrift „Methodenlehre der mechanischen Lehrsätze“¹⁾ wichtige mathematische Aufgaben mit Hilfe der Mechanik zu lösen. Diese Methode betrachtete er allerdings nur als eine vorläufige Feststellung. Er hat in seinen späteren Schriften die exakten Beweise für die wichtigsten Sätze nachgeliefert. Aber bewundernswürdig ist doch in jener Schrift die Kühnheit, mit der er auf den Spuren des Archytas²⁾ weitergehend die Mathematik mechanisch be-

1) *Ἀρχιμήδους Περὶ τῶν μηχανικῶν θεωρημάτων πρὸς Ἐρατοσθένην ἔφοδος* gefunden und publiziert von Heiberg, Herm. XLII 243. Jetzt in Heibergs neuer Ausgabe des Archimedes (1913) II 427 mit lateinischer Übersetzung. Deutsche Übersetzung gab er (mit Zeuthen) *Bibl. Math. III. Folge VII* (1907) S. 322 ff.

2) Archytas 35 A 14 (*Vors. I*³ 326, 10). Archimedes nennt freilich als seine Vorgänger nur Demokrit und Eudoxos. Aber dieser ist Schüler des Archytas (*Diog. VIII* 86. Theorie der Schwingungen: *Theo Smyrn.* S. 61, 11 *Hiller* = Archyt. *Vors. 35 B 1, I*³ 332, 9 ff. = *Platon Tim.* S. 67 B). Andererseits sind die Beziehungen des Demokrit zur Pythagoreischen Mathematik bekannt, wenn auch im einzelnen nicht faßbar. Vgl. *Vors. II*³ 11, 34 ff. Sehr wichtig ist die auf einen Fachmann, wahrscheinlich Herakleides, den Schüler und Biographen des Archimedes, zurückgehende Darlegung bei *Plut. Marc. 14 τὴν γὰρ ἀγαπωμένην ταύτην καὶ περιβόητον ὀργανικὴν* (Kon-

handelt und den Begriff des Unendlichen, dem die antike Mechanik ängstlich aus dem Wege geht, in ganz moderner Weise handhabt. Auch seine Arbeiten über die Statik scheinen noch in diese erste Periode zu fallen.

Die zweite Periode seines Schaffens war, wie es scheint, rein mathematischer Tätigkeit gewidmet, deren Resultate in dem Hauptwerk „Über Kugel und Zylinder“ zusammengefaßt sind. Nachdem er dann diese theoretischen Untersuchungen durch das Buch „Von den Konoïden und Sphäroiden“ zum Abschluß gebracht, verarbeitete er seine schon früher bei Untersuchung der verfälschten Krone Hierons gemachte Entdeckung über das spezifische Gewicht zu dem grundlegenden Werke „Über die schwimmenden Körper“. Ich erwähne kurz seine feinen Ausführungen über die Zahl π , über die kürzlich eine genauere Berechnung zutage gekommen ist, und über die Spirale, Arbeiten, die dann von Apollonios, dem Meister der Kegelschnitte, weitergeführt wurden.

Der Abend seines Lebens zeigt uns den Greis wieder als Mechaniker. Er ist zu der Liebe seiner Jugend zurückgekehrt und wirkt nun im Dienste des Vaterlands unermüdet an der Verteidigung von Syrakus. Wir sehen ihn jetzt

struktion der *ὄργανα*, d. h. Kriegsmaschinen) ἤρξαντο μὲν κινεῖν οἱ περὶ Εὐδοξον καὶ Ἀρχύταν ποικίλλοντες τῷ γλαφυρῷ (d. h. Mechanik) γεωμετρίας, καὶ λογικῆς καὶ γραμμικῆς ἀποδείξεως οὐκ εὐποροῦντα προβλήματα δι' αἰσθητῶν καὶ ὀργανικῶν παραδειγμάτων ὑπερβαίνοντες, ὡς τὸ περὶ δύο μέσας ἀνὰ λόγον πρόβλημα καὶ στοιχείον ἐπὶ πολλὰ τῶν γραφομένων ἀναγκαῖον εἰς ὀργανικὰς ἐξήγητον ἀμφοτέροι κατασκευάς, μεσογράφους τινὰς ἀπὸ καμπύλων γραμμῶν καὶ τμημάτων μεθαρμόζοντες· ἐπεὶ δὲ Πλάτων ἠγανάκτησε καὶ διετείνατο πρὸς αὐτούς, ὡς ἀπολλύντας καὶ διαφθείροντας τὸ γεωμετρίας ἀγαθόν, ἀπὸ τῶν ἀσωμάτων καὶ νοητῶν ἀποδιδρασκούσης ἐπὶ τὰ αἰσθητὰ καὶ προσχρωμένης ἀδθις αὐτῶν σώμασι πολλῆς καὶ φορτικῆς βαναυσοργίας δεομένοις, οὕτω διεκρίθη γεωμετρίας ἐκπεσοῦσα μηχανικῆ, καὶ περιορωμένη πολλὴν χρόνον ὑπὸ φιλοσοφίας μὲν τῶν στρατιωτικῶν τεχνῶν ἐγγερόναι. Vgl. Sympos. VIII 2, 1, 7 p. 718 F.

emsig tätig, gegen die Angriffe der Römer Abwehrmaßregeln zu organisieren, Wurfgeschütze zu bauen, die feindlichen Schiffe durch wuchtige Balken oder hakenförmige Krane in den Grund zu bohren oder in die Höhe zu heben und an den schroffen Klippen von Syrakus zu zerschellen. Schließlich kam es so weit, daß, sobald nur ein Strick oder eine Stange über der Stadtmauer erschien, ein panischer Schrecken die Römer ergriff und Marcellus fast zur Verzweiflung gebracht wurde. Die späten Nachrichten über die berühmten Brennspiegel, mit denen Archimedes die feindlichen Schiffe in Brand gesteckt habe, werden freilich durch die maßgebenden Quellen Polybios, Livius, Plutarch nicht bestätigt.¹⁾ Sein letztes Wort, als nach der Eroberung der römische Soldat auf ihn eindrang: „*Noli turbare circulos meos*“ ist des großen Gelehrten würdig. Cicero urteilt über ihn, er habe mehr Genie besessen, als mit der menschlichen Natur verträglich scheine²⁾, und Heiberg nennt ihn den „genialsten Mathematiker des Altertums und den größten der Neuzeit ebenbürtig“.³⁾ In der Tat, ich wüßte nur etwa Gauß, den großen Mathematiker, Astronomen, Physiker, den Entdecker der Methode der kleinsten Quadrate, den Erfinder des Heliotrops und des Nadeltelegraphs, ihm an die Seite zu stellen.

Was bei diesen großen Männern uns entgegentritt: die

1) Daß eine Wirkung, wie sie von der späteren Überlieferung erzählt wird, durch eine Kombination von Hohlspiegeln erzielt werden kann, hat Anthemios, der Erbauer der Sophienkirche und große Bewunderer des Archimedes, theoretisch (Westermann, *Paradoxogr.* 152, 20 ff.) und Buffon 1747 praktisch erwiesen. Vgl. Berthelot, *Journal des Savants* 1899 S. 253. Über die Frage, die nur die Quellenkritik, nicht die Technik angeht, s. Heiberg, *Quaest. Archimed.* Haun. S. 41; H. Thiersch *Pharos* S. 93 f. Über Fälschungen auf Archimedes' Namen s. Votr. V g. Ende.

2) De rep. I 22 *plus in illo Siculo ingenii, quam videretur natura humana ferre potuisse, iudicabam fuisse.*

3) Gercke-Norden, Einl. II² 394.

fruchtbare Vereinigung von Theorie und Praxis, das hat seine Bedeutung für die Wissenschaft überhaupt. Nur da, wo die wissenschaftliche Forschung mit dem wirklichen Leben im Bunde bleibt, werden die großen Fortschritte der Kultur gewonnen. Die Technik kann der Wissenschaft nicht entbehren, und umgekehrt wird die reine Spekulation in der Wissenschaft, wenn sie nicht immer und immer wieder von dem frischen Hauche des Lebens berührt wird, steril und stirbt ab. Vitruv, der in einer Zeit lebt, wo der wissenschaftliche Sinn bereits zu erlöschen droht, sagt am Eingang seines Werkes wie zur Warnung seiner jüngeren Fachgenossen folgendes¹⁾: „Die Baumeister, die ohne Wissenschaft nur nach mechanischer Fertigkeit strebten, haben sich durch ihre Arbeiten niemals maßgebenden Einfluß erwerben können. Umgekehrt scheinen diejenigen Architekten, die sich lediglich auf das Rechnen und die Wissenschaft verlassen haben, dem Schatten, nicht der Wirklichkeit nachgejagt zu haben. Nur die, welche Theorie und Praxis sich gründlich aneignen, haben die volle Rüstung, um das Ziel, das sie sich gesteckt, unter allgemeiner Anerkennung zu erreichen.“

Auch heute noch sind die Worte des alten Praktikers Goldes wert. Der hohe Stand unserer heutigen Kultur wird nur durch die innige Durchdringung von Wissenschaft und Technik gewährleistet. Das Ausland erkennt an, daß Deutschland seinen Aufschwung zumeist dieser gesunden Verbindung von Theorie und Praxis zu verdanken hat. Für die Schulen, die niederen sowohl wie die höheren, ergibt sich daraus die Aufgabe, in der Jugend weltoffene Anschauung und praktische Fertigkeit verbunden mit Wissen und wissenschaftlicher Einsicht zu erwecken.

Dies ist der archimedische Punkt unserer Pädagogik,

1) I 1, 2. Vgl. unten S. 59 Anm. 1.

die auch eine Kunst ist, und zwar die erste und wichtigste im Staate.¹⁾ Auch für diese Technik gilt der Satz, den der historische Überblick der antiken Verhältnisse uns gelehrt hat, daß Empirie und Theorie Hand in Hand gehen müssen. Heutzutage, wo die Technik des Unterrichtens auf einer hohen Stufe steht und der Lehrer zum Virtuosen einer rein formalistischen Kunst zu werden droht, tut es not, daran zu erinnern, daß der beständige Zusammenhang mit der Wissenschaft für ihn unerläßlich ist, wenn die Jugend für die Aufgaben unserer Zeit richtig vorgebildet werden soll.

Auch hier darf ich an ein antikes Analogon zur Warnung am Schlusse kurz erinnern, an das Beispiel der griechischen Sophistik, welche die τέχνη des höheren Unterrichts zuerst berufsmäßig ausgeübt hat. Ihr Wirken, das auf die Ergründung der Wahrheit verzichtete und fertige Schablonen den Schülern in den Kopf hämmerte, zeigt deutlich, wohin eine lediglich formale Technik den Jugendbildner führt. Wehe dem Lehrer der Jugend, der mit dem Fortschritt der Wissenschaft nicht mehr Schritt halten will und den äußerlichen Drill für eine genügende Art der Geistesbildung hält, wehe dem Erziehungskünstler, der in banausischer Selbstbeschränkung nicht jeden Tag der Wahrheit selbst näher zu kommen und die Jugend der Wahrheit näher zu führen sucht! Bei diesem unerschlafenen Wahrheitssuchen möge uns Platon, der die βάνανσος παιδεία²⁾ der sophistischen Virtuosen siegreich überwunden, als Vorbild voranleuchten! Möge wie bei ihm Praxis und Theorie, Kunst und Wissenschaft, Denken und Handeln immerdar im Einklang bleiben, und alles im Dienste der einen Göttin, der wir unser Leben weihen, der Wahrheit!

1) Vgl. Platon, Legg. I 644 AB δεῖ τὴν παιδείαν μηδαμοῦ ἀτιμάζειν, ὡς πρῶτον τῶν καλλίστων τοῖς ἀρίστοις ἀνδράσιν παραγιγνόμενον.

2) A. a. O. S. 644 A.