



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Zehn Bücher über Architektur**

(Buch 9 und 10)

**Vitruvius**

**Baden-Baden, 1959**

Zehntes Buch

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-80031](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-80031)

## ZEHNTES BUCH.

ZEHNTES BUCH.

---



## VORREDE.

1. Nach der Ueberlieferung hat sich in der weltbekannten<sup>1</sup> und mächtigen griechischen Stadt Ephesos ein altes von den Voreltern stammendes Gesetz mit einer strengen, doch nicht unbilligen Forderung eingebürgert. Denn dort ist ein Architekt, sobald er ein öffentliches Gebäude zur Ausführung<sup>2</sup> übernimmt, im voraus verpflichtet die Summe des voraussichtlichen Kostenaufwandes desselben zu bestimmen, und verbleiben, nach Uebergabe des Kostenanschlages<sup>3</sup>, aestimatio, an den Magistrat, seine Güter so lange der städtischen Behörde als Pfand<sup>4</sup>, bis er die Bauschöpfung zu Ende geführt hat. Stimmt nach ihrer Vollendung der Kostenbetrag<sup>5</sup>, impensa, mit der abgeredeten Summe überein, so wird der Baukünstler durch öffentliche Urkunden<sup>6</sup>, decretis, und sonstige Auszeichnungen belohnt. Selbst wenn der Kostenpunkt den Voranschlag um nicht mehr als  $\frac{1}{4}$  Teil überschreitet, so wird diese Summe aus der städtischen Kasse gedeckt und der Unternehmer mit keiner Strafe belegt; hat derselbe jedoch mehr als jenes Vierteil bei der Arbeit verbraucht<sup>7</sup>, so entnimmt man das zur Vollendung des Werkes noch nötige Geld aus seinem Vermögen.

2. O, hätte doch der Wille der unsterblichen Götter es gefügt, daß jenes Gesetz auch unter dem römischen Volk und zwar nicht allein in betreff der staatlichen, sondern auch der bürgerlichen Gebäude Geltung

<sup>1</sup> nobilis, weltbekannt.

<sup>2</sup> curare opus, die Ausführung der Zeichnung und technische Leitung eines Werkes durchführen.

<sup>3</sup> aestimatio, Kostenvoranschlag.

<sup>4</sup> obligare, verpfänden.

<sup>5</sup> impensa, Kostenbetrag.

<sup>6</sup> decretum, öffentliche Urkunde.

<sup>7</sup> consumere, verwenden.



besäße. Denn in diesem Falle könnten die im Baufache ungeschulten Leute<sup>1</sup> nicht ungestraft ihr Wesen treiben<sup>2</sup>, vielmehr würden einzig die mit höchster Gründlichkeit und Fachkenntnis Ausgestatteten<sup>3</sup> ohne Zweifel die Baukunst ausüben<sup>4</sup>, noch würden den Bauherren zur Ausgabe so unbegrenzte Kosten auferlegt, daß sie ihr Besitztum zu verlassen sich gezwungen sehen, während die Baumeister selbst aus Furcht vor der Strafe sich benötigt sähen den richtigen Kostenpunkt durch genaue Berechnung festzustellen, damit die Bauherren für die vorausbedungene Summe oder doch nur wenig Zuschuß ihre Gebäude zu beenden<sup>5</sup> imstande wären.

Die Leute nämlich, welche 400,000 Sesterzen<sup>6</sup> für eine Bauschöpfung flüssig zu machen<sup>7</sup> in der Lage sind, werden, wenn sie auch noch 100,000 zulegen müssen, dann immer noch in Erwartung ihrer schönen Durchführung Freude empfinden, diejenigen hingegen, welche mit einer Nachzahlung des halben Baupreises oder einer sogar noch höheren Summe belastet<sup>8</sup> werden, sind genötigt, nachdem sie die Aussicht auf Erfolg aufgegeben und ihre bezahlte Summe als verloren betrachten, mit zerrütteten Vermögensverhältnissen, der Lebenslust beraubt, ihr Bauunternehmen aufzugeben.

3. Dieses mangelhafte Verhältnis betrifft jedoch nicht allein die Hochbauten, sondern nicht minder die für die Festspiele<sup>9</sup> bestimmten provisorischen Bauwerke, welche von seiten des Magistrates zur Abhaltung von Gladiatorenkämpfen<sup>10</sup> wie theatralischen Vorstellungen auf dem Forum angeordnet werden, zu deren Durchführung weder eine Aufschiebung noch längere Ueberlegung<sup>11</sup> zugestanden wird, da der Drang der Verhältnisse zur Vollendung der Arbeit in der vorgeschriebenen Zeit zwingt, wie dies bei Herrichtung der Sitzbänke für die Schauspiele, der Aufzugapparate zur Ueberspannung des Zuschauerraumes mit Segel-

<sup>1</sup> imperitus, ungebildet, ungeschult.

<sup>2</sup> grassari, Unwesen treiben.

<sup>3</sup> summa subtilitate doctrinarum prudentes, mit gründlicher Fachkenntnis begabt.

<sup>4</sup> architecturam profiteri, die Baukunst betreiben.

<sup>5</sup> expedire, zu Ende führen, ex bonis, mit seinem Vermögen.

<sup>6</sup> quadringenta (sestertiorum). Bei hohen Summen wurden die Stellen unter 1000 weggelassen. Da die Zahl 400 für eine Bausumme hier zu gering wäre. so ist quadringenta milia, 400 000 Sesterzen zu lesen, das nach Berechnung von Stubsch ca. 87 000 Mark betrug.

<sup>7</sup> parare, bar auszuzahlen.

<sup>8</sup> onerare, belasten

<sup>9</sup> munera, öffentliche Festspiele.

<sup>10</sup> ludi gladiatorum, Gladiatorenkämpfe.

<sup>11</sup> expectatio, Bedenkzeit.



tüchern<sup>1</sup> und allen jenen Gegenständen der Fall ist, welche dem Herkommen nach bei Theatervorstellungen, neben den maschinellen Einrichtungen dem Volke einen günstigen Anblick der Aufführung<sup>2</sup> gewähren. Zur Herstellung der letzt benannten Dinge muß aber die durch fleißiges Studium<sup>3</sup> eines strebsamen wie hochbegabten Geistes erworbene Erfahrung vorausgesetzt werden, da keines jener Gegenstände ohne Kenntnis des Maschinenbaues verbunden mit vielseitigem Wissen und einem phantasiebegabten Verstande durchgeführt zu werden vermag.

4. Da diese Verhältnisse einmal durch die Erfahrung so bestimmt und eingebürgert sind, erscheint es angemessen, daß man mit Bedacht<sup>4</sup> und äußerster Genauigkeit vor dem Beginne der Arbeit die nötigen Vorsichtsmaßregeln zu ihrer Durchführung ergreife. Da fernerhin weder eine gesetzliche Vorschrift noch der herkömmliche Gebrauch solches erzwingen kann, und doch jährlich sowohl die Praetoren, wie die Aedilen zur Abhaltung öffentlicher Lustbarkeiten provisorische Bauwerke herzustellen genötigt sind, so halte ich, der in den vorhergegangenen Büchern die Anlage der Gebäude im allgemeinen behandelt habe, o Imperator, für zweckentsprechend, in diesem Buche, das den Abschluß des gesamten Werkes bilden soll, die Grundlagen der Mechanik mit den entsprechenden technischen Vorschriften ausgestattet, darzulegen.

---

<sup>1</sup> *inductio velorum*, Aufzugapparat für die Segeltücher, die zur Abhaltung der Sonne über die *cavea*, bei nicht allzugroßen Theatern, gespannt wurden und eine überaus künstliche Arbeit erforderten.

<sup>2</sup> *spectatio*, Anblick der Aufführung, Theatervorstellung.

<sup>3</sup> *prudencia*, Erfahrung, welche einzig durch Studium, *cogitatu doctissimi ingenii*, einer strebsamen wie hochbegabten Geistesanlage gewonnen wird.

<sup>4</sup> *vigor solers*, phantasiereicher Verstand.

<sup>5</sup> *caute*, vorsichtig. Zum leichteren Verständnisse der technisch-maschinellen Dinge haben wir künftig alle charakteristischen lateinischen Worte in den Text mit eingefügt.







## KAPITEL I.

### ÜBER DAS WESEN DER MECHANIK.

1. Eine Maschine<sup>1</sup>, *machina*, bildet eine zusammengefügte Verbindung von Holzstruktur, welche zur Bewegung von Lasten die vorzüglichsten Dienste leistet. Dieselbe wird auf künstlichem Wege durch kreisförmige Umdrehung in Betrieb gesetzt, das die Griechen mit Kreisumdrehung<sup>2</sup>, *Kyklike Kinesis*, bezeichnen. Unter den letzteren ist zunächst die Aufsteigemaschine<sup>3</sup>, *machina scansoria*, die auf Griechisch, Akrobatike, die Stufenwerke, heißt, hervorzuheben, als weitere sind die Luftdruckmaschine, *spiritalis*<sup>4</sup>, die in Griechenland, Pneumatike, Windmaschinen benannt sind, und an dritter Stelle die Hebemaschine<sup>5</sup>, *tractoria*, anzuführen, welche die Griechen mit Hebewerke, *Barulkon*, zu bezeichnen pflegen. Die zum Emporsteigen bestimmten Maschinen, *scansoriae*, werden aber in der Form hergestellt, daß man auf ihren vertikal aufgerichteten, durch Querriegel, *transversaria*, verbundenen Ständern, *tigna*, ohne Gefahr bis zum obersten Teile des Baugerüsts<sup>6</sup>, *apparatus*, zu steigen imstande sei, wie im Gegensatze eine Luftdruckmaschine, *spiritalis*, in der Weise gebildet ist, daß sie, nachdem man die Luft durch das Druckwerk in ihr Gehäuse eingepreßt hat, in Tätigkeit

<sup>1</sup> *machina*, μηχανή, μηχανήμα, künstliche Vorrichtung, Maschine.

<sup>2</sup> *circulorum rotundatio*, κυκλική κίνησις, Kreisbewegung, Umdrehung in Kreisform.

<sup>3</sup> *genus scansorium*, ἀκροβατικόν, Steigmaschine, Stufenwerk.

<sup>4</sup> *genus spiritale*, πνευματικόν (von πνεῦμα, Luft, Wind), durch Luftdruck, -hauch betriebenes Instrument (Trompete).

<sup>5</sup> *genus tractorium*, βαροῦλκον (von βαρὺς, Last, ἔλκω, ziehen, schleppen), Hebemaschinen (Hebewinde des Archimedes) in weiterem Sinne.

<sup>6</sup> *apparatus*, das zur Aufführung eines Werkes nötige Baugerüst, Rüstwerk.



versetzt wird und musikalische<sup>1</sup>, organikos, Klänge sowie Töne, plagae et voces, auslöst. Das System des Hebewerkes, tractorium, beruht hingegen darauf, daß man mittels diesem Lasten fortbewegen oder in die Höhe zu heben und an eine weitere Stelle hinzusetzen vermag.

2. Bei Anfertigung der Baugerüste, scansoria, bildet weniger die Kunstfertigkeit als die Kühnheit das Rühmenswerte, da diese doch einzig durch die mechanische Verbindung der Verklammerungen<sup>2</sup> der Querriegel sowie Verschraubung des Balkenwerkes und Stärkung der Struktur durch Gegenstützen ihren festen Bestand erreichen. Ein Instrument hingegen, das von dem Einfluß des Lufthauches<sup>3</sup>, potestate spiritus, betrieben wird, vermag allein durch seine feine kunsttechnische Durchbildung die gewünschte musikalische Wirkung hervorzubringen. Hiergegen bieten die Hebemaschinen, tractoria, die größten wie praktisch hervorragendsten Vorteile für den baugewerblichen Betrieb dar, da sie bei kluger Verwendung die höchste Kraftwirkung, virtutes, entfalten.

3. Unter diesen Gebilden werden die einen als mechanische Hilfsmittel<sup>4</sup>, mechanikos, die andern als gewerblich technisches Geräte<sup>5</sup>, organikos, verwendet. Der Begriff von Maschine, machina, und Werkzeug, organum, dürfte sich aber darin prinzipiell unterscheiden, daß eine Maschine zu ihrem Betriebe die Beihülfe mehrerer Leute oder doch einen bedeutenderen Kraftaufwand erfordert, wie solches u. a. bei den Balisten und der Kelterpresse der Fall ist. Die Instrumente, organa, erfüllen dagegen bei verständiger Handhabung mittels einer einzigen Arbeitskraft ihren verlangten Zweck, wie dies bei der Umdrehung der Skorpionen und Anisokyklen<sup>6</sup> zu ersehen ist. Die Werkzeuge sind somit gleich den

<sup>1</sup> ὀργανικῶς, durch Instrumente, ὄργανα, erzeugte Töne, nach Aristoteles durch musikalische Saiteninstrumente hervorgebrachte Klänge.

<sup>2</sup> catenatio, Verklammerung, transversarium, Querriegel, plexa colligatio, verschraubtes Balkenwerk, futura erismatorium, Verstärkung der Struktur mittels Neben-, Gegenstützen (Andreaskreuz). Die antiken Baugerüste bestanden hiernach aus einem selbständigen stabilen provisorischen Holzbau, zu dessen Plateau man auf feststehenden, mit der übrigen Struktur horizontal durchgehend verbundenen schiefen Aufgängen oder Leitern (ähnlich den heutigen Monumentalgerüsten) emporstieg. Der Kern des Scansoriums diente somit zum Hinauftragen wie -fahren des Baumaterials über künstlich hergerichteten flachem Stiegenwerke, während der Transport der schweren Lasten, insbesondere der Hausteinblöcke (Säulen, Architrave) mit Hilfe von besonderem Hebwerk, tractoria, vorgenommen wurde.

<sup>3</sup> potestas spiritus, Einfluß, Macht des Lufthauches, ist ebenso auf musikalische Instrumente wie stärkere pneumatische Werke zu beziehen.

<sup>4</sup> μηχανικῶς, auf technischem Wege erzeugte Hilfsmittel (auch mechanischem Wege).

<sup>5</sup> ὀργανικῶς, durch Instrumente hervorgebrachte Leistung.

<sup>6</sup> anisokyklen, ἀνισόκυκλα, Maschine aus ungleichen Kreisen zusammengestellt, eine Art Wurfmaschine, welche durch kombiniertes Räderwerk mit Sprungfedern getrieben wurde.



Maschinen für jeden geschäftlichen Betrieb unentbehrlich, da man ohne ihre Beihülfe keine feinere Leistung zu vollführen imstande ist.

4. Jeder maschinelle Betrieb<sup>1</sup>, *machinatio*, ist nach dem Naturgesetze geschaffen und findet in der Kreisbewegung der Welt seinen Lehrer<sup>2</sup> und Vorbild. Man beobachtete und untersuchte zunächst den weltgesetzlich zusammen verbundenen Kreislauf der Sonne und des Mondes nebst dem der weiteren fünf Planeten<sup>3</sup>, ohne deren, einer Maschine ähnlich, erfolgende regelmäßige Umdrehung wir bei Tage<sup>4</sup> des Lichtes entbehrten und die Früchte der Erde keine Reife erlangen könnten. Nachdem aber unsere Voreltern diese Verhältnisse erforscht hatten, wählten sie jene Vorgänge der Natur zum Vorbilde ihrer technischen Tätigkeit und, bei ihrer Nachahmung einen Einblick in das Wesen der göttlichen Naturgesetze gewinnend, erfanden sie die für das Leben so vorteilbringenden Vorrichtungen. Um diese mit weniger Schwierigkeit anzufertigen, stellten sie die einen mit Beihülfe von Maschinen und deren Drehwerken, *versatio-nibus*, die anderen mittels Handwerkzeugen, *organis*, her, und trugen Sorge, daß die zum Nutzen des Gewerbes geschaffenen Dinge durch wissenschaftlichen Eifer wie Kunstsinn gefördert und allmählich durch Belehrung weiter verbreitet würden.

5. Fassen wir zunächst eine durch die Not bedungene Erfindung, wie die der Kleidung<sup>5</sup>, ins Auge, so nehmen wir wahr, daß bei der maschinellen Handhabung des Webstuhles<sup>6</sup> durch Verknüpfung<sup>7</sup> der Fäden mit der Spindel zum Gewebe nicht allein eine für den Körper passende Umhüllung geschaffen wird, sondern diese letzteren zugleich eine schickliche Zierde gewährt. Ueberdies stände uns keine reichlichere Fülle von Nahrungsmitteln zu Gebote, hätte man nicht das Joch sowie den Pflug<sup>8</sup> für die Rinder und andere Zugtiere ergründet, und wären nicht die zum Keltern nötigen Vorrichtungen mit ihren Winden<sup>9</sup>, Presse und

---

<sup>1</sup> *machinatio*, maschineller Betrieb.

<sup>2</sup> *praecepatrix*, Lehrmeisterin.

<sup>3</sup> *quinque stellae*, fünf Planeten. Von den Chaldäern war die Annahme der siebenfachen Planetenzahl mit Einschluß von Sonne und Mond in Hellas eingeführt. Ptolemäus und Theon schieden zuerst letztere aus ihrer Zahl aus und soll Eudoxus (400 v. Chr.) von Aegypten die Lehre von den fünf Planeten nach Griechenland gebracht haben. Rode X, 243.

<sup>4</sup> *interdiu*, bei Tage.

<sup>5</sup> *vestitus*, Kleidung.

<sup>6</sup> *administratio telarum*, Handhabung, Betrieb des Webstuhles.

<sup>7</sup> *connexus staminis ad subtegmen*, Verknüpfung der Fäden durch Spindel zum Gewebe.

<sup>8</sup> *aratrum*, Pflug.

<sup>9</sup> *sucula*, Winde der Weinpresse.



Hebebäume vorhanden, so könnten wir weder das glänzende Oel noch die Frucht der Weinrebe<sup>1</sup> zur Freude des Lebens genießen; auch gäbe es keine Weiterbeförderung<sup>2</sup> aller der betreffenden Gegenstände, wenn man nicht mit der Anfertigung, machinatio, von Frachtfuhrwerken<sup>3</sup>, sowie vierrädrigen Lastwagen zu Lande und Fahrzeugen zu Wasser vertraut wäre.

6. Die Abwägung, examinatio, der Materialien mittels der Schnellwage<sup>4</sup> nebst jener mit Gewichtsteinen<sup>5</sup> sichert in rechtlicher Weise den geschäftlichen Verkehr vor unbilligen Ueberforderungen<sup>6</sup>. Nicht minder sind hierher die unzähligen geschäftlichen Hilfsmittel zu rechnen, welche, da wir uns ihrer täglich bedienen, im einzelnen nicht näher zu erörtern sind, zu denen u. a. die Räder<sup>7</sup>, Blasbälge der Schmiede, die vierrädrigen Reisewagen, die Drehbänke, die zweirädrigen Wägelchen und alle die übrigen Gegenstände gehören, deren überall eingebürgerte Benutzung dem gesellschaftlichen Leben allbekannten Nutzen gewährt. Aus dieser Ursache wollen wir mit der nötigen Erklärung jener maschinellen Objekte beginnen, deren Verwendung im Alltagsleben weniger im Gebrauche ist.

---

<sup>1</sup> fructus vineus, Weinfrucht, Traube.

<sup>2</sup> portatio, Beförderung, Zu- und Ausfuhr.

<sup>3</sup> plastrum, Frachtwagen zur Beförderung von Materialien, sarracum, ἀπήνη, Lastwagen.

<sup>4</sup> trutina, τροπάνη, Wage mit Hebelvorrichtung, Schnellwage.

<sup>5</sup> libra, λίτρα, Wage mit Gewichtsteinen.

<sup>6</sup> iniquitas, Uebervorteilung, Betrug.

<sup>7</sup> rota, Wagenrad, follis, Blasbalg, rheda, ἀρμάμαξα, gedeckter Reisewagen, tornum, τροχός, Drehscheibe, -bank, cisium, ἀμαξίς, kleines zweirädriges Wägelchen.



## KAPITEL II.

### ÜBER DIE HEBEMASCHINEN.

1. Zum Beginn wollen wir über jene maschinellen Gegenstände handeln, welche man bei Errichtung der geweihten Tempel sowie der staatlichen Monumentalwerke nicht entbehren kann und folgender Weise angefertigt werden. Man schafft drei der Größe der (zu hebenden) Last entsprechende Rüstbäume<sup>1</sup>, tigna, zur Stelle, welche (vgl. Taf. 64 Fig. I, II) man am Haupte mit Bolzen<sup>2</sup>, fibulae, zusammenheftet und unten auseinandergespreizt<sup>3</sup>, divaricata, aufstellt, während sie von der Spitze aus durch fest umwundene Seile<sup>4</sup>, funes, die rings nach den Seiten hin fest (vom Boden aus) gespannt<sup>5</sup> sind, circa dispositis, aufrecht erhalten werden. Hierauf befestige man am oberen Ende der Rüstbäume den Kloben eines Flaschenzuges<sup>6</sup>, trochlea, welcher von vielen auch Rechamus benannt wird. In die Schere dieses Klobens werden dann zwei runde, um ihre Achse, axiculus, sich drehende Rollen<sup>7</sup>, orbiculi, (untereinander) eingesetzt, und wird dann über die oberste ein Zugseil<sup>8</sup>, funis ductarius, geschlungen, das man herabläßt und um die Rolle des unteren Kloben windet, hierauf wird es zur unteren Rolle des oberen Zuges emporgeführt und (nach Umschlingung seiner Scheibe) abermals zum unteren Kloben, trochlea inferior, herabgelassen, woselbst man dasselbe an dessen eiserner Haken-

<sup>1</sup> tignum, Stand-, Rüstbaum.

<sup>2</sup> fibula, Bolzen, Klammer.

<sup>3</sup> divaricatus, auseinandergespreizt.

<sup>4</sup> funis, στροφεῖον, κάλως, Seil, Strick, Tau, collocatus, rings umwunden.

<sup>5</sup> circa disponere, ringsum anspannen.

<sup>6</sup> trochlea, τροχάλια, Flaschenzug, rechamus, Kloben des Flaschenzuges.

<sup>7</sup> orbiculus, Rolle, drehbare Scheibe.

<sup>8</sup> funis ductarius, Zugseil.



krümmung<sup>1</sup>, foramen, festknüpft, während das andere Ende des Seiles mitten zwischen die Ständer der Aufzugmaschine herabgezogen wird. (Taf. 64, Fig. I—III.)

2. An der Rückseite der vierkantig<sup>2</sup>, in quadris, behauenen Pfosten heftet man unten an ihrer ausgespreizten Stelle Zapfenlager, chelonia, in konischer Form<sup>3</sup>, chelonia, an, in welche man die Zapfen einer Winde<sup>4</sup>, capita suculae, so einläßt, daß deren Welle<sup>5</sup>, axis, sich leicht zu drehen vermag. Zunächst den Enden dieser Winde sei je ein Loch, foramen, dergestalt durchgebohrt, daß man Hebel<sup>6</sup>, vectes, in letztere durchzustecken im stande ist. Ferner befestige man an den Kloben des unteren Flaschenzuges, rechamen, eine eiserne Schere<sup>7</sup>, forfex ferreus, deren untere Kneipen<sup>8</sup>, dentes, in die mit Einkerbungen eigens versehenen Hausteineblöcke<sup>9</sup>, saxa forata, (beim Aufziehen) fest eingreifen. Hat man dann das Ende des Seiles an dem Haspel der Winde angebunden und wird letztere durch die Hebel in Bewegung gesetzt, so spannt sich infolge der Drehung das um die Welle geschlungene Seil an, hebt auf diesem Wege die Lasten in die Höhe und fördert sie an eine am Baue vorgesehene, für die letzteren bestimmte Stelle.

3. Dieses System des Hebewerkes, das über drei (zwei obere und eine untere) Scheiben abgerollt wird, ist Tripastos<sup>10</sup>, dreizügig, benannt. Sobald jedoch an dem unteren Flaschenzugwerk (übereinander) zwei Scheiben, an dem oberen Teile drei laufen, so wird ein solches mit Pentapastos<sup>11</sup>, fünfzügig bezeichnet (Taf. 64, Fig. III). Sollen aber Hebe-

<sup>1</sup> foramen, Ring, Haken zum Einknüpfen der Tragseile, Bohrloch.

<sup>2</sup> quadrus, vierkantig, -eckig.

<sup>3</sup> chelonium, Zapfenlager, in das die Enden der Winde, Haspel einmünden.

<sup>4</sup> caput suculae, Zapfen, Ende einer Winde.

<sup>5</sup> axis, Welle.

<sup>6</sup> vectis, Hebel.

<sup>7</sup> forfex ferreus, eiserne Schere zum Aufzug der Hausteine.

<sup>8</sup> dentes, die äußeren einwärts gebogenen Spitzen, Zähne der letzteren.

<sup>9</sup> saxum foratum, mit Einkerbung zum Eingreifen der dentes versehenen Hausteine. Taf. 64, Fig. I. i. k.

<sup>10</sup> tripastos, dreizügig, auf drei Rollen untereinander laufend.

<sup>11</sup> pentapastos, fünfzügig, auf fünf Rollen laufend. Nach der Beschreibung des Vitruv bestand der gewöhnliche Kloben aus einfachen Rollen übereinander. Der dreizügige war hierbei aus einer oberen Flasche mit zwei und einer unteren Flasche mit einer Rolle gebildet, während der fünfzügige im oberen Kloben drei, im unteren zwei Scheiben zur Aufnahme der Zugseile zeigte. Taf. 64, Fig. II. III.

Das angegebene System der Aufzugmaschine bestand sonach aus drei durch Seile oben zusammengeknüpften und weitem mit dem Boden an Pflöcken verspannten Ständern, in deren Mitte der Flaschenzug aufgehängt war. Dieser hatte am oberen Kloben zwei, unten eine Rolle, über welche die Stricke zu einer unten zwischen zwei der Ständer befindlichen Haspel herabgeführt und befestigt wurden,



maschinen zur Bewältigung bedeutenderer Lasten hergerichtet werden, so muß man das Rüstholz in größerer Länge und stärkerem Maße durchführen, in gleichem Verhältnisse oben mit festerer Verklammerung versehen und unten dem Haspel einen breiteren Durchmesser geben. Ist dies nach dem Größenverhältnis ausgeführt, so legt man zunächst die vordern Zugseile<sup>1</sup>, *antarii funes*, schlaff hin, wogegen man die übrigen Haltseile<sup>2</sup>, *retinacula*, lose<sup>3</sup>, *longe*, um den Oberteil, *scapula*, der Aufzugmaschine windet, und grabe, falls kein Gegenstand zu deren Befestigung in der Nähe sich befindet, schräg gestellte Pfosten<sup>4</sup>, *pali resupinati*, in den Boden ein, die man durch Einstampfen rings einrammt, so daß man die Enden der Tause an diese zu befestigen vermag.

4. Hierauf wird mittelst eines starken Schifftaues, *rudens*<sup>5</sup>, eine Flasche oben an dem Hebebock angeknüpft und von dieser aus ein Seil nach einem am Boden befindlichen Plock und einem an diesem festangebundenen

so daß nach Umdrehung der Hebel die Leitseile angespannt und die am unteren Kloben befestigte Last allmählich emporgehoben wurde. Taf. 64, Fig. I.

Nach Vitruvs Erläuterungen beruhten überhaupt die so viel bestaunten antiken Hebewerke, welche die Versetzung der gewichtigsten Steinblöcke ohne Beschädigung ihrer subtilsten künstlerischen Durchbildung ermöglichten, im Wesen in der einfachen Erhöhung der Hebekraft durch Vermittlung der Reibung der um ein System von Rollwerk wie Scheiben geschlungenen Seile, wie solches bei unsern jetzigen Flaschenzügen und Winden noch gebräuchlich ist. Andererseits bildete das antike Hebewerk eine potenziert vergrößerte und verstärkte Gestalt der letzteren, bei welchen alle Elemente, so insbesondere die Ständer, Flaschen mit Rollen und Eisenteilen, wie nicht minder die Seile aus dem vorzüglichsten Materiale und nach der trefflichsten Technik gefertigt waren und dementsprechend neben ihren mächtigen Größenverhältnissen durch ihre stoffliche Vollendung (insbesondere eines eisenharten Holzes) die höchsten Kraftleistungen mit einer uns unbekannten Sicherheit vollführten. Da ein so ausgedehntes Hebewerk stets eine vorhergegangene genaue Montierung bedingte und somit im allgemeinen ein kompliziertes Rüstwerk zur Aufstellung erforderte, so gab Vitruv in der obigen Beschreibung ein einfaches mechanisches Hilfsmittel an, durch das man die größte Aufzugmaschine ohne besonderes Rüst- wie technisches Beiwerk aufzustellen imstande war. Dasselbe beruhte darauf, daß man das auf dem Boden zusammengefügte Hebewerk lose mit Stricken an die in die Erde gerammten Pflocke festband, dann oben äußerlich einen Kloben befestigte, von diesem Seile zu einem, unten an einem außen befindlichen Plock angeknüpften, Kloben herabführte und nach Umschlingung des letzteren zur oberen Rolle emporhob, dann um diese wand und endlich an der zwischen den Ständern angebrachten Haspel abermals befestigte. Nach Umdrehung der letzteren richteten die sich stets mehr anspannenden Zugseile der beiden Flaschen die Maschine naturgemäß in die Höhe, welche alsdann nach Anheftung der Stricke die nötige Stabilität empfing. Vgl. Perrault X, p. 301.

<sup>1</sup> *antarius funis*, oben befestigtes Zugseil.

<sup>2</sup> *reticulum*, Haltseil, Strick.

<sup>3</sup> *longe*, lose.

<sup>4</sup> *pali resupinatus*, schief eingerammter Pfosten.

<sup>5</sup> *rudens*, Schifftau.



illigata<sup>1</sup>, Flaschenkolben herabgeführt, dann um dessen Rolle gewunden und wiederum zur Scheibe der Flasche, die oben am Hebebock befestigt ist, heraufgezogen. Das um deren Rolle gleichfalls geschlagene Seil wird dann bis zu einem unten an der Aufzugmaschine befestigten Haspel, *sucula*, herabgelassen und an dessen Winde angeknüpft. Durch die Tätigkeit der Hebel<sup>2</sup> wird der Haspel hierauf umgedreht und hebt so ohne Gefahr (des Umstürzens) von selbst die ganze Maschinerie empor, auf welche Weise man mittels der rings richtig verteilten Taue nebst den an den unteren Pflöcken straff angespannten Halteseilen ein Hebwerk in größerem Maßstabe aufrichtet. Die zur Maschine gehörigen Flaschenzüge, sowie die zum Aufziehen bestimmten Seilen werden hierauf in der oben angeführten Manier in Tätigkeit gesetzt.

5. Sind dagegen überaus große Werkstücke mit gewaltigem Gewichte zu bewältigen, so darf man keine einfache Haspel, *sucula*, verwenden, vielmehr muß man, an Stelle des ehemals in den Schildkranz, *chelonium*, am Ständer eingepaßten Zapfen einen Wellbaum, *axis*, einsetzen, um dessen mittleren Teil sich eine umfangreiche Scheibe<sup>3</sup> (Seiltrommel), *tympanum amplum*, die manche schlechthin das Rad, *rota*, die Griechen aber *Amphireusis* oder *Peritrochion*, Kreisläufer benennen, angebracht ist. (Taf. 64, Fig. IV.)

6. An dieser Art von Hebemaschinen werden die Flaschenzüge nicht in der angegebenen, sondern in folgender Weise hergerichtet. Dieselben erhalten nämlich oben wie unten eine doppelte Reihe nebeneinander laufender Rollen<sup>4</sup>, wonach zunächst das Leitseil, *funis ductarius*, durch den oberen Eisenhaken, *foramen*, der unteren Flasche in der Art gezogen wird, daß dessen Enden nach Ausspannung des Taues die gleiche Länge erreichen; alsdann wird ihr mittlerer unmittelbar über der unteren Flasche befindlicher Teil mit Stricken, *reticula*, umschlungen und zusammengeschnürt, so daß die Taue sich weder nach rechts noch links zu verrücken vermögen.

<sup>1</sup> illigatus, festgebunden.

<sup>2</sup> vectis, Hebelstange der Walze, Haspel.

<sup>3</sup> *tympanum amplum*, umfangreiche Scheibe, *rota*, Rad, ἀμφίρεσις (aus ἀμφίρ-  
πειω, herumfließen), Kreisläufer oder περित्रόχιον (aus περί-τρέχω) Drehrad, Seil-  
trommel.

<sup>4</sup> duplex ordo orbiculorum, doppelte Reihe nebeneinander befindlicher Rollen, Scheiben des Flaschenzuges. Die bei Perrault X, 302 f. klar gedeutete Stelle ist nur faßlich, wenn man oben einen Kloben mit zwei doppelten Rollen neben- und untereinander und unten einen solchen mit einer doppelten Rolle nebeneinander annimmt, Taf. 64, Fig. IV, V, indem dann bei dieser Maschine die größere Kraftwirkung einerseits durch Vermehrung der Reibungsflächen und Hebelkraft der Wellen, andernteils die Vermittlung eines möglichst breiten, unten angebrachten Drehrades (Seiltrommel) erwirkt wurde.



Hierauf werden die Seilenden zur oberen Flasche emporgehoben und von außen in ihre unteren Rollen eingefügt, dann herabgelassen und beide um die Rollen der unteren Flasche von innen her gewunden, worauf man sie abermals zur Rechten und Linken bis zu den höchsten Rollen des oberen Flaschenzuges emporführt und um diese schlingt.

7. Sind die Taue dann von außen her um jene Scheiben gewunden, so zieht man sie zum Wellbaum herab und knüpft sie, damit sie sich nicht verrücken, zur rechten und linken Seite der Seiltrommel, *tympanum*, daselbst fest an. Ferner schlingt man um jene Trommel ein weiteres Seil, das mit einem äußeren Göpel, *ergata*, in Verbindung steht, durch dessen Umtrieb man bewirkt, daß die hierauf erfolgende Umdrehung der Trommel mit ihrer Welle die um letztere geschlungenen Zugseile gleichmäßig anspannt, und auf diesem Wege die Lasten langsam, doch gefahrlos in die Höhe befördert werden. Hat man hingegen in der Mitte oder auch nach einer der äußersten Enden des Wellbaumes hin eine Trommel mit noch größerem Umfange angebracht, so können die Leute, welche deren Rad durch Treten<sup>1</sup> innerlich in Bewegung setzen, ohne jene Winde mit weniger Umständen die gleiche Kraftwirkung erzielen.

8. Wir besitzen aber noch eine weitere höchst sinnvolle und zur raschen Arbeit geeignete Art von Hebemaschinen (vgl. Taf. 64, Fig. VI), welche jedoch einzig von sachverständigen Männern gehandhabt werden kann. Diese besteht aus einem einzelnen Ständer<sup>2</sup>, *tignum*, den man gerade aufrichtet und nach den vier Seiten hin fest durch Stricke, *retinacula*, mit dem Boden verspannt<sup>3</sup>, unter welche man zwei aufgelegte Klötze<sup>4</sup>, *chelonias*, annagelt und über dieser Unterlage einen Flaschenzug, *trochlea*, mit Seilen anbindet, der nochmals mit einem gegen zwei Fuß langen, sechs Zoll breiten und vier Zoll dicken, Brettern<sup>5</sup> *regula*, unterlegt wird. Der Flaschenzug muß hierbei je drei Rollen<sup>6</sup> neben- und je drei übereinander erhalten, so daß man drei Leitseile zugleich um die

<sup>1</sup> Die außerhalb an einem Pflocke befestigte, *ergata*, Erdwinde, Göpel, diene hierbei zur Erleichterung der Lastbeförderung, wie auch zur Vermehrung der Kraftübertragung der Seile. Dieser Göpel wurde, wenn tunlich, durch ein *maius tympanum*, großes Tretrad, ersetzt, wobei die, *calcantes homines*, in der Maschine befindlichen Leute durch ständiges Treten dessen Betrieb erzeugten.

<sup>2</sup> *tignum erectum*, ein gerade aufgerichteter Rüstbaum.

<sup>3</sup> *distendere retinaculis*, verspannen mittels Haltseilen an Pföcken. Taf. 64, Fig. VI.

<sup>4</sup> *chelonias*, Holzklötze zur Unterlage der Seile.

<sup>5</sup> *regula*, Holzbrett, das zum nötigen Abstand der Flasche vor dem Rüstbaum untergelegt wurde.

<sup>6</sup> *ternos ordines orbiculorum in latitudinem habentes*, ein Flaschenzug mit je drei neben sowie drei untereinander befindlichen Rollen. Taf. 64, Fig. III.



Rollen der oberen Flasche schlingen kann, hierauf werden deren Ende zum unteren (gleichgestalteten Kloben) herabgelassen und von innen um dessen oberste Wellen geschlungen, dann diese zur oberen Flasche heraufgehoben und von außen über ihre unteren Rollen gewunden.

9. Nachdem man die Ende wiederum herabgelassen, werden dieselben abermals von innen sämtlich über den äußern Teil der mittleren Scheiben gezogen, dann zu den Scheiben in der zweiten Reihe des obern Kloben emporgeführt, und nachdem sie um diese geschlungen zu den tiefsten Rollen (der untern Flasche) herabgesenkt, von hier nochmals zum höchsten Rollenwerk (des obern Kloben) emporgeleitet, und sobald sie um dieses gewunden, zum Fuße des Standbaumes herabgelassen. Am untern Fuße des Hebelwerkes befindet sich aber nochmals ein Kloben, den die Griechen<sup>1</sup>, Epagon, Zieher, unsere Landsleute dagegen Artemon, Leitflasche, heißen. Dieser in gleicher Gestalt mit drei Rollen versehene Flaschenzug wird am Stamme des Hebebaumes befestigt, worauf die um seine Scheiben jeweilig gewundenen Leitseile den Arbeitern zum Aufzuge der Last übergeben werden. Auf diese Weise sind drei Reihen Menschen imstande ohne nochmalige aufgestellte Winde eine schwere Last in kurzer Zeit zu bedeutender Höhe emporzuheben.

10. Dieses System von Hebwerk wird Polypastos<sup>2</sup>, das vielzügige, genannt, da seine auf der Umdrehung vieler Scheiben beruhende Maschinerie eine ebenso leichte wie schnelle Verrichtung gestattet. Die Aufstellung eines einzigen Ständers gewährt jedoch überdies den Vorteil, daß man vor dem Betriebe den Aufzug, *declinatio*, nach Belieben zur Rechten oder Linken anzulegen vermag. Sämtliche oben beschriebene Hebemaschinen sind aber nicht allein für den angeführten Gebrauch, sondern ebenso zur Verladung und Ausladung von Schiffen zu verwenden, indem man dieselben teils in senkrechter, teils schiefer Stellung auf

<sup>1</sup> ἐπάγων, Aufzieher, artemon, Winde, Leitflasche.

<sup>2</sup> polypastos, πολυπαστός, vielzügig, *declinatio*, Aufzug. Der Mechanismus dieses Aufzuges bestand sonach aus einem sehr starken wie hohen vierkantigen Rüstbaum, an dessen Spitze der obere aus drei Rollen neben- und untereinander bestehende Kloben (dem die *chelon* und *regula* als Unterlage dienten) mit Tauen befestigt war. Dieser Rüstbaum wurde durch vier an Pflöcke gebundene Stricke, *retinacula*, mit dem Boden verspannt. Desgleichen war an dessen Fußende ein gleichfalls mit drei Rollen nebeneinander ausgestatteter Kloben angebunden. Von dem oberen Kloben herab wurden drei Seile wechselseitig nebeneinander um den unteren, gleichgestalteten (die Last tragenden) Kloben geschlungen, alsdann deren Enden nach dem am Rüstbaum befestigten Kloben herabgelassen, um dessen Rollen gewunden und sobald letztere von je einer Reihe von Arbeitern angezogen wurden, richtete sich die Last leichthin empor. Fig. VI i. k.—l. m.



beweglichen Schiffskrahn<sup>1</sup>, *carchesia versatilia*, aufstellt. In ähnlicher Manier vermag man auch ohne die in den Boden gerammten Rüstbäume nach dem fraglichen Verfahren mit Beihülfe von Seilen und Flaschenzügen den Aufzug von Schiffen an das Ufer zu bewerkstelligen.

11. Es ziemt sich wohl, daß wir an dieser Stelle zugleich die geistreiche Konstruktion des Chersiphron in Erinnerung bringen. Als nämlich dieser Meister sich anschickte die Säulenschäfte für den Tempel der Diana zu Ephesos herbeizuschaffen, hat derselbe, da er in Rücksicht auf die gewaltigen Lasten und die Weichheit der Feldwege der Ueberführung mit gewöhnlichem Fuhrwerke<sup>2</sup>, *carrus*, nicht traute und hierbei ein Einsinken<sup>3</sup> ihrer Räder befürchtete, folgenden Ausweg ersonnen: Derselbe nahm zu diesem Zwecke vier aus je  $\frac{1}{3}$  Fuß<sup>4</sup> dickem Holzwerk bestehende Diehlen<sup>5</sup>, *scapos*, welche er mit zwei der Größenausdehnung der Säulenschäfte entsprechenden Querstücken, *transversarii*, zusammen zimmerte<sup>6</sup> und verkämte, dann eiserne Zapfen<sup>7</sup>, *cnodaces*, nach Form der Schwalbenschwänze in die Stirnflächen der Säulentrommeln mit Bleiausguß einpaßte<sup>8</sup>, und festmeißelte. Hierauf ließ er zur Aufnahme jener Zapfen eiserne Ringe<sup>9</sup>, *armillas*, in die Querstücke ein, während er mittels Riemen aus Rindsleder und steineichenen Streben<sup>10</sup> die äußere Struktur des Zimmerwerkes verstärkte.

<sup>1</sup> Der Vorzug jener Hebemaschine beruhte vornehmlich darin, daß die Last ohne Versetzen des Rüstbaumes von vier Richtungen aufgezogen werden konnte und daß man auch eine kompliziert geformte Last (so Epistylbalken und Giebelstücke, die man hierbei durch besondere Taue leitete) auf bedeutsame Höhe frei emporwinden und, durch Gerüstwerk unterstützt, nach Belieben am Baue zu versetzen in der Lage war. In «declinando» muß die wechselnde Richtung der Seile, nicht Neigung des Rüstbaumes verstanden werden.

Dieses polypastos, das vielseitige, benannte Hebewerk wurde bei geneigter Stellung des Tragbaumes mit Hülfe einer besonderen unterstützenden Struktur gleicherweise in Verbindung mit dem beweglichen Untergestell eines Schiffkrahns, *carchesium versatile*, zum Ein- und Ausladen der Schiffe, *ad onerandas et exonerandas*, sowie der Fahrzeuge benutzt und diente ebenso zum Aufzuge der Schiffe, *subductio navium*, auf die Düne.

<sup>2</sup> *carrus*, Fuhrwerk, Karren.

<sup>3</sup> *devorari*, versinken.

<sup>4</sup> *trientalis*,  $\frac{1}{3}$  Fuß, gleich vier Zoll dick.

<sup>5</sup> *scapus*, Diele.

<sup>6</sup> *complectere et compingere*, zimmern und verkämmen.

<sup>7</sup> *cnodax*, *κνωδάξ*, Zapfen.

<sup>8</sup> *implumbare*, mit Blei ausgießen.

<sup>9</sup> *armilla*, Ring.

<sup>10</sup> *buculis iligneis*. Trotz der vielen Erläuterungen der Autoren, welche wie Perrault und Newton, die Worte in Stangen, Galiani und Ortiz in Sprossen übersetzten, Rode in *baculi ilignei*, eichenen Nieten, Choisy, *buculis ligneis* in *troncons de bois*, Holzstücke, abänderten, bleibt die Stelle unklar und dürfte die beste Lösung in «*buculis et iligneis*» gefunden werden, daß mittels Riemen aus Rindsleder und eichenen verstrebenenden Hölzern eine Verstärkung der Struktur der



Die in die Futterringe eingelassenen Zapfen erwiesen sich so leicht drehbar, daß die von den Zapfen und Ringen getragenen Säulenschäfte, sobald man zusammengejochte Ochsen vor dieselben gespannt hatte, ohne Aufenthalt weiterrollten. Taf. 65, Fig. II a.

12. Nachdem aber sämtliche Schäfte zur Baustelle gebracht waren, und die Herbeischaffung der Epistylbalken bevorstand, wendete Metagenes der Sohn des Chersiphron das bei dem Transporte der Säulen befolgte Verfahren (Taf. 65, Fig. II) auch bei dem ihrer Gebälkteile an. Zunächst stellte er Räder von ungefähr 12 Fuß Durchmesser her und spannte dann die Stirnseiten der Epistylstücke inmitten dieser Räder auf die nämliche Weise ein, wie man ehemals die Zapfen und Futterringe in die Trommeln der Säulen eingefügt hatte. Als hierauf das aus vierzölligem Rahmenwerk gezimmerte Gestell von Ochsen fortgezogen wurde, brachten die in den Futterringen laufenden Zapfen die künstlichen Räder in Bewegung und so gelangten die zwischen ihrem Gestelle, gleich einer Wagenachse, eingelassenen Epistylbalken, wie vordem die Säulenschäfte, ohne Verzug zum Bauplatze.

Ein Vorbild jener Struktur können die Walzen<sup>1</sup> darbieten mit welchen man die Gänge in den Ringschulen ebnet. Dennoch hätten sich alle jene Konstruktionen für unzulänglich erwiesen, wenn nicht die kurze Entfernung dem Unternehmen zu statten gekommen wäre, da der Abstand von den Steinbrüchen bis zu dem Tempel nicht mehr als 8000 Fuß beträgt und in jener Strecke sich keine Anhöhe vorfindet, vielmehr das Terrain allseitig eine horizontale Fläche bildet.

13. Als aber in der Neuzeit<sup>2</sup> der Untersatz der kolossalen Statue des Apollo in dem besprochenen Tempel vor Alter zersprungen war, und die Leute befürchteten, daß die Bildsäule herabstürzte und zertrümmert werde, gab man den Auftrag aus dem Materiale der alten Stein-

---

sonst zu lose zusammen verbundenen Holzstücke erzielt wurde, welche Form zugleich eine technisch durchführbare Lösung zuläßt. Das Holzgestell, in welches jene gewaltigen monolithen Schäfte eingelassen waren, mußte nämlich trotz aller subtilsten Verzimmerung Gefahr laufen, bei der Fortbewegung durch den unvermeidlichen wechselnden Schub der Steinmasse in seinen mittleren Nuten auseinanderzubersten, welcher Wirkung die dehnbar starken und festen, verkeilten Lederriemen am besten zu begegnen geeignet erschienen, an deren seitliche Knoten man zugleich die Zugseile der Stiere anknüpfen und so die Maschine unbehindert weiterführen konnte. Taf. 65, Fig. 1a.

<sup>1</sup> cylindrus, Walze. Diese Maschine (Taf. 65, Fig. II) konnte ohne besondere Eisenvorrichtung unmöglich durch Zugtiere befördert werden, die am tunlichsten durch die eingezeichneten Stangen, Fig. II f., bewerkstelligt wurde.

<sup>2</sup> nostra memoria, in der Neuzeit.



brüche ein neues Piedestal anzufertigen<sup>1</sup>, dessen Ausführung dann ein gewisser Paeonios übernahm. Die Größe jenes Untergestelles betrug aber zwölf Fuß in der Länge acht in der Breite bei einer Höhe von sechs Fuß; diesen Steinklotz schaffte Paeonius aus Ruhmsucht nicht nach Art des Metagenes zur Baustelle, vielmehr versuchte er nach dem nämlichen Systeme eine andere Vorrichtung zum Transporte herzustellen.

14. Zu diesem Zwecke ließ er Räder von nahe 15 Fuß Durchmesser anfertigen und fügte die Stirnseite des Steinblockes in deren Speichen ein, brachte dann kreisförmig um den (ungleich geformten) Stein zweizöllige<sup>2</sup> von Rad zu Rad reichende Spannbretter<sup>3</sup>, fusi, in solchem Abstand an, daß ihr jeweiliger Zwischenraum höchstens einen Fuß betrug. Hierauf wand er um jene Radsprossen ein Tau, das von zusammengejochten Stieren gezogen wurde. Nachdem es angespannt war, setzte es die Räder wohl in Bewegung, doch konnte das Gespann die Last (wegen der ungleichen Gewichtsverteilung) nicht in grader Linie<sup>4</sup> auf der Straße weiterzuführen, indem diese bald nach der einen, bald andern Richtung hin vom Wege abschwankte<sup>4</sup>, so daß man sich genötigt sah das Gefährte wieder rückwärts zu ziehen. Auf diese Art vergeudete<sup>5</sup> mit Vor- und Rückwärtsbewegung der Steinlast Paeonios sein Geld bis er zahlungsunfähig war.

15. Ich schweife jetzt ein wenig vom Gegenstand ab, indem ich zu berichten beabsichtige, wie jene benannten Steinbrüche ehemals entdeckt wurden. Es lebte nämlich einst ein Hirte, mit Namen Pixadoros, der in jenen Gegenden seine Herde weidete. In der Zeit nun, da die Bürger von Ephesos mit dem Gedanken umgingen das Heiligtum der Diana daselbst aus Marmor zu erbauen und beratschlagten, ob sie besser den aus den prokonnesischen, den herakleischen, oder den thasischen Brüchen hierzu wählen sollten, hütete Pixadoros, der in der Nähe seine Schafe ausgetrieben hatte, seine Herde und als bei jener Gelegenheit zwei Widder in Kampf gerieten, beim Zusammenstoß jedoch aneinander vorbeirannten

<sup>1</sup> locare, anbringen, befestigen.

<sup>2</sup> sextantalıs,  $\frac{1}{6}$  Fuß = 2 Zoll.

<sup>3</sup> fusus, Sprossen, hier die von einer Radscheibe zur andern reichende Diele (Spannbretter), welche, ad lineam, in gerader Richtung der Straße angemessen, angeordnet waren.

<sup>4</sup> exire, abschwanken. Während die runden Säulenschäfte sowie die quadraten Epistylbalken bei der Bewegung der Räder einen gleichmäßigen Druck beibehielten, mußte das im Querschnitt oblonge, mit sonstigen architektonischen Argumenten ausgestattete Piedestal einen seitlichen Schub und Druck ausüben, welcher notgedrungen die gewaltige Last vom Wege abschwanken ließ.

<sup>5</sup> conterere, vergeuden.



und einer derselben im Ungestüm mit den Hörnern an den Felsen stieß, da sprang aus diesem ein Steinstück von blendend weißer Farbe ab.

Wie man berichtet, soll Pixadoros seine Schafe im Gebirge zurückgelassen und eilends das Steinchen, crusta, nach Ephesos gebracht haben, woselbst man grade eifrigst über die besagte Angelegenheit verhandelte. Für diese Tat wurde der Hirt sofort mit Ehren ausgezeichnet und sein Name geändert, worauf er fürder statt Pixadoros der »gute Bote«, Euangelus<sup>1</sup>, hieß. Noch heutzutage begibt sich jeden Monat ein Mitglied des Magistrates an jenen Ort und bringt seinen Mahnen Opfer dar, und wird bei Unterlassung der betreffende mit Strafe belegt.

---

<sup>1</sup> euangelus, εὐάγγελος, der, welcher eine gute, frohe Botschaft verkündet.



### KAPITEL III.

#### DIE GRADE UND KREISLINIE ALS GRUNDELEMENTE DER MECHANISCHEN BEWEGUNG.

1. Ueber die Hebwerke, tractoriae, habe ich das mir nötig Dünkende in Kürze berichtet. Zur Erzeugung<sup>1</sup> ihrer Bewegungen wie technischen Leistungen sind aber zwei unter sich verschiedene und an sich unähnliche, doch in der Wirkung sich ergänzende<sup>2</sup> und in ihrem Wesen gleiche Elemente erforderlich, nämlich der Begriff der graden Linie<sup>3</sup>, porrectum, den die Griechen Eutheia benennen und der des Kreises, rotunditas<sup>4</sup>, den man bei den Griechen Kyklote heißt; wie man denn in Wahrheit ohne Mitwirkung der Funktion der Kreislinie keine geradlinige Kraftentfaltung noch ohne Beihülfe der geradgerichteten Linie durch Kreisdrehung für sich eine Last emporzuheben vermag. Dieses mechanische gesetzliche Verhältnis will ich zu erläutern suchen.

2. So pflegt man u. a. durch die Mitte der Rollen (als Bewegungspunkte) eines Flaschenzuges kleine Stangen<sup>5</sup>, axiculi, zu stecken und diese in

<sup>1</sup> motus et virtus machinae, die mechanische Bewegung und Kraftleistung einer Maschine.

<sup>2</sup> congruentes, im System sich ergänzende, muß füglich hier «sed» ergänzt werden.

<sup>3</sup> principium porrectae lineae, εὐθεία, die elementare Kraft der geraden Linie als Welle, Hebel.

<sup>4</sup> principium rotunditatis, κυκλωτή, die elementare Bewegung der Kreislinie, durch deren Umkreisung, Rotation, die Welle gedreht und die Hebelkraft zugleich entfaltet wird; eine treffliche Definition des Grundwesens der Mechanik, gleichwie man bis heute deren elementare Bewegungen aus den nämlichen Prinzipien ableitet, welche von Vitruv in den folgenden Definitionen an technischen Beispielen bekräftigt werden.

<sup>5</sup> axiculi in orbiculo, die kleinen Stangen, um welche die Rollen, Scheiben eines Flaschenzuges sich bewegen.



dessen Kloben einzufügen, worauf das um die Scheiben geschlungene Seil durch Anziehn in grader Richtung und jenes um den Haspel gewundene durch kreisförmige Drehung des Hebels den Aufzug der Lasten bewirkt. Gleicherweise werden auch die Enden der Zapfen der Haspel daselbst, *suculae cardines*, welche wagrecht, *porrecti*, in die Zapfenlager *chelonia*, eingelassen sind, verbunden mit den gradlinigen Hebestangen, (sobald letztere an den Enden eingesetzt und herumgedreht werden), durch die kreisförmige Bewegung des Dreheisens<sup>1</sup>, ebenfalls die Last emporheben. Hat man ferner zum Beispiele eine eiserne Hebelstange<sup>2</sup>, *vectis ferreus*, unter eine Last geschoben, welche eine große Anzahl von Menschenhänden nicht von der Stelle zu rücken imstande ist, so vermag, wenn man nahe, *cito*, am Wendepunkte der Last, *centrum*<sup>3</sup>, eine kleine feste Unterlage<sup>4</sup> *pressio*, welche die Griechen *Hypomochlion* benennen, legt, und hierauf die Zunge<sup>5</sup>, *lingua*, der Stange unter die Last einschiebt, das durch die Kraft eines einzigen Menschen niedergedrückte Ende des Hebels jene Last zu lüften. Taf. 65 Fig. III.

3. Diese Kraftwirkung wird aber dadurch erzeugt, daß der kürzere Teil, *brevior pars*, der Hebelstange an der Stelle, welche den Drehungspunkt bildet, unter die Last eingeschoben ist, während ihr von jenem Mittelpunkt weiter entferntes Ende, von dem aus die Last gehoben wird, mittels seiner Kreisbewegung durch den Druck weniger Hände das Gewicht der bedeutendsten Last aus seiner horizontalen Lage sich zu erheben<sup>6</sup>, *exanimare*, zwingt. In ähnlichem Sinne wird, nachdem die Spitze eines eisernen Hebels unter eine Last eingesetzt ist, ihr äußerstes Ende jedoch nicht nach unten<sup>7</sup> gedrückt, sondern in entgegengesetzter Richtung nach oben gehoben wird, die auf das Erdreich, *solo areae*, gestützte<sup>8</sup>, *fula*, Hebelzunge selbst als Auflage dienen, während die Kante<sup>9</sup>, *angulus*, der Steinlast dagegen die Unterlage (für den Drehpunkt) bildet, so daß diese nichtsdestoweniger (durch den Druck nach aufwärts) die Kraft entfaltet die gleiche Gewichtsmasse, wenn auch minder leicht wie bei dem Druck nach abwärts<sup>10</sup>, *oppressio*, emporzurichten Fig. IV. Schiebt man hingegen

<sup>1</sup> *tornus*, Dreheisen, -hebel. Taf. 65, Fig. III, IV.

<sup>2</sup> *vectis ferreus*, eiserne Hebelstange.

<sup>3</sup> *centrum*, Drehungspunkt, Wendepunkt der Last (Bewegungspunkt).

<sup>4</sup> *pressio*, *ὑπομόχλιον*, Unterstüttzung, Unterlage.

<sup>5</sup> *lingua vectis*, Zunge, Ende der Stange in der Schnellwage. Taf. 65, Fig. V.

<sup>6</sup> *exanimare*, bewegen, erheben.

<sup>7</sup> *in imum*, nach unten, *adversus in altitudinem extollere*, in entgegengesetzter Richtung nach oben drücken, heben.

<sup>8</sup> *fulcire*, stützen.

<sup>9</sup> *angulus*, Eekante.

<sup>10</sup> *pressio*, Druck nach abwärts.



die vordere Spitze der Hebelstange weiter über die Unterlage, hypomochlion, selbst hinaus unter die Last, so daß das äußere Ende des Hebels näher als tunlich an den unterstützenden Wendepunkt gerückt ist, so vermag der Hebel die Masse nicht zu heben, was (wie wir oben erklärten) nur möglich ist, wenn man bei Abwägung des Hebeleinsatzes<sup>1</sup>, *examinatio vectis*, dem zum Herabdrücken<sup>2</sup>, *deductio*, bestimmten Ende keine größere Länge (als die der unter den Stein geschobenen Spitze) zugemessen hat.

4. Dies mechanische Prinzip kann man aber auch bei jener Gattung von Wagen, die man Schnellwagen<sup>3</sup>, *Staterae*, heißt, wahrnehmen. Wird hierselbst nämlich die Schwere<sup>4</sup> (Gewicht), *ansa*, näher an das Ende des Wagbalkens<sup>5</sup>, *caput scapi*, woselbst die Wagschale, *lancula*, hängt und der Wendepunkt, *centrum*, der Wage sich befindet, gerückt, und schiebt man das Gegengewicht, *aequipondium*, nach der anderen Seite von einer Einkerbung, *punctum* (am Wagebalken), zur andern, möglichst weit bis zur äußersten Spitze desselben hin, so ist man imstande mit kleinerem, im Vergleiche zu der Belastung der Wage an Masse ungleichen, Gewichte infolge der vom Drehungspunkte, *centrum*, in wagrechter Richtung weiter entfernten Abstand des Wagebalkens, einer höchst bedeutsamen Last das Gleichgewicht zu halten. Auf diese Art zwingt auch die geringere Größe eines Gegengewichtes, indem dasselbe die gewaltigere Masse einer Last aus dem Schwerpunkt<sup>6</sup>, *momentum*, bei der Abwägung bringt, diese ohne Gewalt sich sanft in entgegengesetzter Richtung von unten nach oben zu erheben (Taf. 65, Fig. V, VI).

5. In diesem Sinne vermag ebenso der Steuermann<sup>7</sup>, selbst des größten Frachtschiffes<sup>8</sup>, der den Griff des Steuerruders<sup>9</sup>, hält, das die Griechen *Oiax* heißen, indem er durch Eingreifen mit einer Hand den

<sup>1</sup> *examinatio vectis*, richtige Abwägung der Stelle des Hebeleinsatzes.

<sup>2</sup> *deductio*, Herabführen, -drücken des Hebels.

<sup>3</sup> *statera*, *σταθμός*, *σταθμίων*, Schnellwage, Hebelwage, d. h. Wage mit Wagbalken<sup>5</sup>, *scapus*, auf dem die <sup>4</sup> *ansa*, Schwere des Gewichts, *pensio*, durch Schiebung nach dessen Ende hin, *caput scapi*, bestimmt wurde; dieselbe wurde freihängend oder auch auf Ständer ruhend, hergestellt. Bei der älteren, *trutina*, *ζυγός*, Wage befand sich dagegen der Drehungspunkt, *centrum*, nebst *ansa*, in der Mitte des feststehenden Wagebalkens, an dessen Spitzen die auf beiderseitiges Gleichgewicht, *aequipondium*, berechneten Wagschalen, *lanculae*, *τρούτάνη*, herabhingen. Taf. 65, Fig. V. VI.

<sup>6</sup> *momentum*, Schwerpunkt, Wende-, Ruhepunkt der Wage.

<sup>7</sup> *gubernator*, Steuermann.

<sup>8</sup> *navis oneraria*, Lastschiff.

<sup>9</sup> *gubernaculum*, *οίαξ*, Steuerruder.



Wendepunkt, momentum, des Steuers nach kunstgerechter Erfahrung bewegt, ein mit überaus schweren und unermeßlich vielen Waren sowie Lebensmitteln beladenes Fahrzeug zu wenden<sup>1</sup>. Anderseits besitzen die nur bis zum halben Mast<sup>2</sup>, malus, aufgehißten Segel<sup>3</sup>, vela pendentia, nicht die Kraft einen rascheren Lauf des Schiffes zu erzeugen, sind dagegen dessen Rahen<sup>4</sup>, antennae, bis zur obersten Spitze<sup>5</sup>, cacumen, des Mastes emporgezogen, so wird dasselbe in schnellem Laufe dahinschießen, da dann die Segel nicht nahe am Fuße des Mastbaumes<sup>6</sup>, prope calcem mali, welcher hier den Drehungspunkt darstellt, sondern an dessen Spitze angebracht sind und sonach diese in weitem Abstände von letzterem den Druck des Windes aufnehmen.

6. Gleichwie somit die unter eine Last geschobene Hebelstange, welche man in der Mitte niederpreßt, dem Drucke größeren Widerstand leistet und nicht leicht sich herabsenkt, bei dem Druck von der äußersten Spitze hingegen mit Leichtigkeit das Gewicht emporhebt, in ähnlichem Sinne besitzen auch die in der Mitte eines Mastbaumes aufgehißten Segel eine geringere Kraftwirkung, während jene, welche an der obersten Mastspitze befestigt sind, infolge ihres weiten Abstandes von dem Drehungspunkte<sup>7</sup> nicht nur bei heftigem Sturm, sondern selbst bei gemäßigter Brise<sup>8</sup> durch den Druck auf die Mastspitze<sup>9</sup>, cacumen, das Schiff zu beschleunigtem Laufe bringen. So treiben auch die an den Dollen<sup>10</sup> scalmis, mittels Riemengeflechts<sup>11</sup>, struppis, befestigten, durch Menschenhände nach vorn eingesetzt<sup>12</sup>, dann rückwärts gezogenen Ruder, wenn deren Ende genügend weit vom Drehungspunkt abstehn, mit der Arme Kraft bei heftigem Anschlage<sup>13</sup>, impulsu vehementi, das langgestreckte Schiff durch die schäumenden Meereswogen, während dessen Vorderbug, prora, zugleich die flüssigen Wellen durchschneidet.

<sup>1</sup> vertere, umwenden, -kehren.

<sup>2</sup> malus, Mast.

<sup>3</sup> velum pendens, aufgehißtes Segel.

<sup>4</sup> antenna, Rahe, Segelstange.

<sup>5</sup> cacumen, Spitze.

<sup>6</sup> calx mali, Fuß des Mastbaumes.

<sup>7</sup> longius discedentia a centro, in weiterem Abstand vom Drehungspunkte.

<sup>8</sup> flatus, leichter Wind.

<sup>9</sup> cacumen, prora, ὀμος, Spitze des Schiffes, Bugspriet, auch Mastspitze.

<sup>10</sup> scalmus, Dollen.

<sup>11</sup> struppis, Riemen, Geflecht.

<sup>12</sup> impellere et reducere remos, die Ruder nach vorn einsetzen und rückwärts ziehen.

<sup>13</sup> vehemens impulsus remiorum, der kräftige Einschlag, Einsatz des Ruders.



7. Werden ebenso Lasten von bedeutendem Gewicht von sechs oder vier Trägern<sup>1</sup> an einem Tragbaum, phalanga, befördert, so suchen diese zunächst das Gleichgewicht im Mittel der Tragstange auf, damit die einzelnen Arbeiter<sup>2</sup>, operarii, nachdem so die Masse der Last in bestimmtem Verhältnisse verteilt wird, jeweilig das nämliche Gewicht auf der Schulter<sup>3</sup> tragen. Zu diesem Zwecke pflegt man auch den mittleren Teil der Tragstangen, woselbst die Riemen<sup>4</sup>, lora, der vier Träger eingehängt werden, mit Stiften abzugrenzen, damit erstere nicht weiter nach der einen oder andern Seite hin sich verschieben<sup>5</sup>. Werden nämlich die Riemen über den gleichen Abstand vom Mittelpunkt verrückt, so empfängt die diesem näher befindliche Stelle eine erhöhte Belastung, wie solches auch bei den Schnellwagen der Fall ist, sobald der Gewichtstein mit dem Zünglein<sup>6</sup>, examen, bis zum Ende der Wagestange<sup>7</sup>, ponderatio, hingeschoben wird.

8. Nach demselben Naturgesetze bewegen auch die Zugtiere<sup>8</sup>, sobald die Joche, juga, des Gespannes, subiugia, genau in der Mitte durch Riemen, lora (an der Deichsel), befestigt sind, gleichmäßig die Lastwagen von der Stelle, sind aber die Kräfte derselben gegenseitig ungleich, so daß das stärkere das schwächere überholt, so verlängert man durch Versetzung des Riemenwerkes eine Seite des Joches, wonach dem weniger kräftigen Tiere eine Erleichterung beim Ziehen gewährt wird. In analoger Weise muß hiernach bei Tragstangen und Jochen, wenn man daselbst das Riemenwerk nicht genau in der Mitte, sondern mehr nach einer Seite hin angebracht hat, die eine Seite um so viel kürzer erscheinen, als die andere an Länge gewinnt. Schlägt man somit mit den Abständen von dem Punkte, wo das Riemenwerk um das Joch geschlungen ist, (als Kreiszentrum) bis zu den beiderseitigen Enden des Joches je einen Bogen, so wird der größere Abstand eine weitere, der geringere eine engere Peripherie ergeben.

9. Gleichwie ferner die kleineren Räder eine stärkere Reibung<sup>9</sup>, duriores motus, besitzen und schwerfälliger sich fortbewegen, so wird auch

<sup>1</sup> phalangarius, Lastträger, phalanga, φαλαγγίς, φαλαγγίη, Tragstange, tetraphorus, von vier Trägern, hexaphorus, von sechs Trägern getragen.

<sup>2</sup> operarius, Arbeiter.

<sup>3</sup> collum, Nacken, Schulter.

<sup>4</sup> lorum, Riemen.

<sup>5</sup> labi, sich verschieben.

<sup>6</sup> examen, Zünglein der Wage.

<sup>7</sup> ponderatio, Wagestange.

<sup>8</sup> jumenta, in ein Joch, jugum, eingespannte Zugtiere, subjugium, Gespann.

<sup>9</sup> durior motus, größere Reibung, difficilior motus, schwerfälligere Bewegung.



bei den Tragstangen wie Jochen der von dem Knotenpunkte bis Jochspitze weniger entfernte Teil, den Nacken eine schwerere Last aufbürden, wohingegen an der von der Mitte weiter befindlichen Stelle das Fortziehen wie Tragen der Lasten weit leichter zu bewältigen ist. Wie also bei den besagten Objekten die Entfaltung ihrer statischen Kraftwirkung, motus, auf der mechanischen Verbindung der geraden Linie und Kreislinie mit einem festen zentralen Drehungspunkte beruht, so vermögen auch die Karren<sup>1</sup>, Reisewagen, Schöpfräder, Seiltrommeln, Schnecken, Skorpionen, Balisten, Weinpressen und die anderen ähnlichen Maschinen einzig nach dem nämlichen, mechanischen Gesetze auf Grundlage der feststehenden geraden Linie (Hebel) und der sich um ihren Mittelpunkt drehenden Kreislinie (Rotation) die beabsichtigte Kraftbetätigung zu entfalten.

---

<sup>1</sup> plaustrum, Lastwagen, Karren, rheda, Reisewagen, tympanum, Schöpfrad, rota, Seiltrommel, Welle, cochlea, Schnecke, scorpio, Skorpion, balista, Balisten, prelum, Weinpresse.



#### KAPITEL IV.

##### DIE ZUM WASSERSCHÖPFEN DIENENDEN MASCHINEN.

1. Ich werde nun über die zum Schöpfen und Ausgießen von Wasser erfundenen Maschinen<sup>1</sup>, organa, mit Angabe der Herrichtung ihrer verschiedenen Abarten, genera, handeln und zunächst das Schöpfrad<sup>2</sup>, tympanum, besprechen. Ein solches hebt zwar das Wasser nicht hoch empor, gießt dagegen in einer überaus kurzen Zeit eine große Menge Flüssigkeit aus. Man fertigt zu dessen Herstellung einen entweder auf der Drehbank<sup>3</sup>, tornus, geformten oder kreisrund (mit der Axt) behauenen Wellbaum<sup>4</sup>, axis, an, um dessen beiden Enden man Eisenreife<sup>5</sup> schlägt, während man in Mitte der Welle rings ein aus untereinander verzapften Dielen gezimmertes Trommelrad, tympanum, anschließt, und den Wellbaum selbst auf Pfähle<sup>6</sup>, die an der Auflagestelle der Wellenachse mit Eisenreifen versehen sind, aufbreitet. In dem inneren hohlen Raum, cavum, der Trommel spannt man acht Bohlen<sup>7</sup> speichenartig ein, welche von der Achse bis zum Mantel der Trommel reichen und das Rad innerlich in acht gleichen Abständen abteilen.

2. Um den äußern Rand, frons, des Rades werden Bretter, tabulae, welche  $1\frac{1}{2}$  Fuß Zwischenraum<sup>8</sup>, apertura, zum Einlassen des Wassers von

<sup>1</sup> organa ad hauriendam aquam, Maschine zum Wasserschöpfen.

<sup>2</sup> tympanum, Schöpfrad.

<sup>3</sup> tornus, Drehbank.

<sup>4</sup> axis, Wellbaum.

<sup>5</sup> laminae ferratae, Eisenreif.

<sup>6</sup> stipites, Pfähle, Ständer.

<sup>7</sup> tabula transversa, zentral gestellte Bohlen, Bretter.

<sup>8</sup> apertura, Zwischenraum zwischen den aufgenagelten Brettern. Die Stelle ist unzweifelhaft korrupt, da man nach der Beschreibung unmöglich ein technisch durchführbares Verfahren rekonstruieren kann. Wenn die Trommel innerlich von Menschen getreten werden soll, so bleibt der nach dem Texte unerläßliche Einlaß



außen gewähren, angenagelt, und überdies nächst dem Wellbaum in den Zwischenraum der Speichen Löcher, *columbaria excavata*, ausgesägt. Hat man diese Werkanlage nach der bei den Schiffen üblichen Weise geteert, *picare*, so wird das Rad durch Handkraft<sup>1</sup> der Arbeitsleute in Bewegung gesetzt und zwingt das in die Zwischenräume des Radmantels nach innen eingesaugte Wasser durch die zunächst der Welle befindlichen Oeffnungen in eine unweit der Achse des Rades angebrachte, äußerlich mit Holz verschaltete Rinne<sup>2</sup>, *labrum*, sich zu ergießen. Auf diese Weise wird zur Bewässerung von Gärten wie Speisen von Salinen<sup>3</sup> eine Fülle von Flüssigkeit befördert.

3. Beabsichtigt man hingegen das Wasser höher emporzuführen, so wird die Anlage folgendermaßen abgeändert. Man bringt um die Welle ein Schöpfrad, *rota*, von solchem Umfange an, daß sein Rand die erwünschte Höhe (des Wasserausgusses) erreicht; wonach man rings an dessen äußeren Mantel<sup>4</sup>, *latus*, viereckige Kästchen<sup>5</sup>, *modioli*, anheftet, welche innerlich mit Teer und Wachs verdichtet sind. Wird hierauf das Rad von den Tretern, *a calcantibus*, umgedreht, so werden die im Bache gefüllten Kästchen, *pleni modioli*, aufwärtsgehoben und müssen, indem sie rasch sich wieder abwärts senken, die aufgenommene Wassermasse von selbst in den betreffenden Behälter<sup>6</sup>, *castellum*, entleeren.

von Wasser über deren Köpfe naturgemäß nicht ausgeschlossen und wenn man, wie Barbarus X, 348 das rings fest abgeschlossene Trommelrad von außen durch Leute in Bewegung setzen läßt, so ist ein Ausgießen des geschöpften Wassers durch die eingefügten Oeffnungen, *columbaria excavata*, an einer der seitlichen Wände des Rades in einen Abflußkanal, *canalis*, wohl zulässig; doch müßten die Worte, *tympanum hominibus calcantibus versatur*, abgeändert und füglich das „*calcantibus*“ in „*manibus operariorum*“ durch die Hände<sup>1</sup> der Arbeiter umgedreht, ergänzt werden. Wenn Vitruv X. IV. 3 das, *calcantibus*, in analogem Sinne abermals anführt, so war daselbst bei dem völlig fest verschlossenen Schwungrade und den äußerlich angehängten Wasserbehältern ein Treten von Menschen unbehindert gestattet und bietet jene Stelle für die fragliche Struktur des hier beschriebenen Rades keinen Beleg.

<sup>2</sup> *labrum*, Rinne, Abzugskanal.

<sup>3</sup> *salina*, ἀλοπήγια, ἀλυξίς, Salzwerk, Saline.

Diese Gattung von Schöpfmaschine bestand somit in einem beiderseits verschalteten Rade, das in primitiver Weise durch Oeffnungen in seinem Mantel aus irgend einem stehenden Teiche, Lache Wasser aufsaugte und solches nur bis zur Höhe des mittleren Wellbaumes emporhob, woselbst sich die Flüssigkeit in einen geschlossenen Kanal ergoß und von hier nach Belieben über die Felder oder sonst eine Anlage geleitet wurde.

<sup>4</sup> *latus*, Außenwand des Schöpfrades, *rotæ*, das hier eine Ausdehnung annehmen mußte, daß dasselbe von den, *calcantibus hominibus*, im Innern befindlichen Arbeitern getreten und bewegt werden konnte. An dem wasserdicht verschlossenen Schwungrade hatte man äußerlich Schöpfkästchen<sup>5</sup>, *modioli*, angebracht, welche aus dem unteren Teiche, Lache bis zum oberen Rande des Rades das Wasser hoben und von hier in einen Behälter<sup>6</sup>, *castellum*, entleerten, ein System, das noch heute unseren Wasserbaggermaschinen zu Grunde liegt.



4. Will man jedoch das Wasser an eine noch höhere Stelle befördern<sup>1</sup>, so muß man um die Achse des Rades eine doppelte, bis zum Niveau der unteren Wasserfläche herabreichende Eisenkette<sup>2</sup> winden, an welcher Bronzeimer<sup>3</sup>, situli aerei, die einen Congius Flüssigkeit fassen, angehängt sind. Hierbei führt die Umdrehung des Rades, indem diese die Kette um die Wellenachse windet, die Eimer nach oben hin, worauf letztere, sobald sie über die obere Speiche des Rades emporgehoben sind, notwendigerweise umstürzen und das aufgesaugte Wasser in den Sammelraum, ausgießen.

<sup>1</sup> praebere, befördern, heben.

<sup>2</sup> duplex catena ferrea, eine doppelte, d. h. bis zum unteren Wasserniveau, imum libramentum, herab und wieder zur Welle emporreichende Eisenkette.

<sup>3</sup> situlus aereus, Bronzeimer, congialis, einen Kongius = 6 sextarius = 1 Meßkanne, Quart = ca. 1,8 Liter fassend. Beide Gattungen von Schöpfmaschinen entsprechen sonach dem System, welches noch heute in Anwendung kommt und unsern Wasserbaggermaschinen im Prinzip zu Grunde liegt.



## KAPITEL V.

### UBER DIE FLUSSCHÖPFRÄDER UND DIE WASSERMÜHLEN.

1. Auf die oben beschriebene Weise legt man auch Schöpfräder<sup>1</sup>, *rotae*, bei den Flüssen an. Hierbei werden jedoch rings um den Radmantel<sup>2</sup>, *frons*, Schaufeln<sup>3</sup>, *pinnae*, angefügt, welche, von dem Drucke<sup>4</sup> des Stromes getrieben<sup>5</sup>, durch ihre natürliche Fortbewegung das Rad in Drehung versetzen und indem sie auf diesem Wege mit den Schaltern, *modiolis*, das Wasser aufschöpfen und nach oben hinführen, vollbringen sie ohne die tretenden<sup>6</sup> Arbeiter, von dem Drucke<sup>7</sup> des Wassers allein in Bewegung gesetzt, die gewünschte, technische Verrichtung.

2. Nach dem nämlichen Prinzipie werden auch die Wassermühlen<sup>8</sup>, *hydraetae*, getrieben, welche mit dem Unterschiede, daß an dem Ende ihrer Welle ein Zahnrad<sup>9</sup>, *tympanum dentatum*, angeschraubt ist, die gleiche Einrichtung zeigen. Dieses senkrecht (*ad perpendiculum*) nach seiner Schmalseite<sup>10</sup> (*in cultrum*) an der Welle befestigte Zahnrad dreht sich gleichmäßig mit dem Schaufelrade, *rota*, um, während sich über letzteren

<sup>1</sup> *rotae in fluminibus*, Flußschöpfräderwerk.

<sup>2</sup> *frons*, Mantel des Rades.

<sup>3</sup> *pinna*, Schaufel.

<sup>4</sup> *percutere*, antreiben, bewegen.

<sup>5</sup> *impetus fluminis*, Druckkraft des Flusses.

<sup>6</sup> *calcatura*, durch Treten wie überhaupt mittels technischer Vorrichtung bewirkte Umdrehung der Maschine.

<sup>7</sup> *impulsus*, Druck, Macht, Kraft.

<sup>8</sup> *hydraetae*, ὑδραλέτης, ὑδρομήλη, Wassermühle. Taf. 66, Fig. I.

<sup>9</sup> *tympanum dentatum*, κύκλος ὀδοντωμένος, Zahnrad.

<sup>10</sup> *in cultrum* (von *culter*, Scheibe), nach der Schmalseite hin aufgestellt.



ein kleineres<sup>1</sup>, gleichfalls gezahntes Rad in wagerechter Lage, planum collocatum, befindet, das in das erstere eingreift, und dessen metallene Welle am Ende in einen doppelten Schwalbenschwanz<sup>2</sup> aus Eisen, subscudum ferream, ausläuft, welcher (in den Mühlstein, lapis molaris, eingekellt) die Mühle, mola, mit diesem verbindet. Nach dieser Anlage bewirken die Zähne des mit der Hauptwelle verbundenen Rades, indem sie in jene des wagerechten, kleineren Rades eingreifen, die Umdrehung des Mühlwerkes<sup>3</sup>, opus molarium, wobei ein in dem Mühlraum, machina, aufgehängter Trichter<sup>4</sup>, infundibulum, das nötige Getreide dem Mühlwerk zuführt<sup>5</sup> und mittels dieses Betriebes das Mehl bereitet wird. Taf. 66, Fig. I.

<sup>1</sup> tympanum maius, ein größeres Triebrad ist aus technischen Rücksichten, wegen der dann notgedrungen erfolgenden verlangsamten Bewegung des Mühlrades wie Werkes unzulässig. Schon Galiani und Perrault X. 313. 3 bemerkt: «Il n'y a d'apparence non plus que cette seconde roue soit plus grande que celle qui la fait aller (in Bewegung setzt) car si cela estoit la meule tourneroit plus lentement que la roue qui est en l'eau: ce qui ne doit pas estre, es würde dann der Mühlstein langsamer als das Wasserrad sich drehen, ein Unding: qu'il faut lire «minus» au lieu de «maius», wonach besser «kleiner» an Stelle von «größer» zu lesen sei, so wie das ganze Kapitel sichtlich einzelne spätere Abänderungen erlitt.

<sup>2</sup> subscus ferrea, doppelter eiserner Schwabenschwanz, welcher am Ende der Radwelle zur Befestigung der letzteren in den Mühlstein, lapis molaris, eingelassen wurde.

<sup>3</sup> opus molarium, Mühlwerk. Fig. I, b—h.

<sup>4</sup> infundibulum, Trichter zum Einschütten des, frumentum, Getreides.

<sup>5</sup> subministrare, zuführen.

Eine überaus einfache klare, zugleich einzige aus der Antike überlieferte Beschreibung des bis heute im Systeme üblichen Betriebes der mittels Wasserkraft getriebenen Getreidemühlen, die aus dem Wasserrade, der Welle mit Zahnrad und einem in dieses eingreifenden oberen Rade bestand, welch letzteres, durch die übertragene Wasserkraft gedreht, das weitere Mühlwerk bewegte und den an einer Eisenwelle befestigten Mühlstein zur Umdrehung und Bereitung des Mehles durch Verreiben des aus dem Trichter eingeschütteten Kornes zwingt.



## KAPITEL VI.

### ÜBER DIE WASSERSCHNECKE ODER WASSERSCHRAUBE.

1. Wir besitzen aber noch eine weitere Art von Hebemaschinen, cochlea, die Schnecke<sup>1</sup> benannt, welche mit großer Fülle das Wasser ausgießt, doch nicht so hoch als das Schöpfrad emporführt. Dieselbe wird auf folgende Weise zusammengestellt. Man bedient sich eines Balkens, der so viel Fuß in der Länge<sup>2</sup> erhält, als er Zoll in der Dicke mißt, und genau nach dem Zirkelschlag äußerlich abgerundet ist. An den beiden kreisförmigen Enden teilt man hierauf ihre Peripherie mittels Tetranten<sup>3</sup> in vier oder nach Oktanten in acht gleiche Teile ab, die man durch grade Linien untereinander verbindet, und ordnet diese so an, daß bei wagrechter Lage der Walze die an der einen Stirnfläche befindlichen Linienteilungen genau mit jenen an der entgegengesetzten Stirnfläche übereinstimmen. Desgleichen verbinde man auf dem Mantel der wagrecht befindlichen Walze die einzelnen Einteilungen der Fronten durch Linien in horizontaler Richtung und teile endlich die Walze der Länge nach parallel nebeneinander in gleiche Stücke ab, welche je einem Achteil der Frontperipherie der Walze entsprechen, wodurch ihr Spindel sowohl in der Runde wie auch Längenrichtung in gleich große Stücke zergliedert wird. Nach dieser Aufzeichnung müssen die nach der Längen-

<sup>1</sup> cochlea, κοχλῆς, Schnecke, Wasserschnecke, Wasserschraube zum in die Höhe pumpen der Flüssigkeit.

<sup>2</sup> Nach der Abrundung enthielt sonach die Welle, Walze, tignum, so viel Zoll im Durchmesser als deren Länge Füße maß.

<sup>3</sup> tetrans, τετρας, Quadrant, octans, Oktant, d. h. Einteilung der Peripherie in je vier oder acht gleiche Teile. Die geometrische Einteilung der Walze bestand sonach darin, daß man deren beide Frontkreise in je vier oder acht Teile zergliederte und von deren Punkten gerade Linien nach jenen am andern Endkreise zog. Hierauf wurde die Walze in der Länge durch parallele,  $\frac{1}{8}$  Teil der Peripherie voneinander abstehende Kreise abgeteilt, wodurch sich ebensovielen Schnittpunkte auf dem Mantel der Welle ergaben.



achse gezogenen Linien die parallelen Peripherielinien kreuzweise durchschneiden, und werden aus diesen Querschnitten, decussationes, sich feststehende Punkte ergeben.

2. Hat man dieses genau nach der Vorschrift<sup>1</sup> vollendet, so nimmt man ein aus Weidenholz oder Sumpfweide bestehendes, dünn gespaltenes Brettchen<sup>2</sup>, welches, nachdem dasselbe in Pech getaucht ist, an dem ersten Durchschnittpunkte befestigt wird; worauf man dasselbe schräge<sup>3</sup>, oblique, um die angrenzenden Durchschnittpunkte der Längslinien und Kreislinien (auf der Walze) windet. Indem man das Brettchen auf diese Weise weiterführt, so daß es die einzelnen Schnittpunkte berührt und durchkreuzt, nagelt man dasselbe zugleich an den einzelnen fest an, bis es vom ersten Punkte ausgehend (woselbst dessen Anfänger befestigt ist) zu dem ersten Schnittpunkte daneben gelangt, wo man dessen Ende wiederum annagelt. Hierauf wird das Leistchen, indem es seitwärts ringsum die acht Punkte trifft, zugleich nach der Längenrichtung hin den achten Punkt der Walze erreichen. Auf diesem Wege werden die über den ganzen Mantel der Welle gebogenen und an ihren schräg laufenden Durchschnittpunkten in der Länge wie Runde angehefteten Brettchen, regulae, nachdem man dieselben um alle acht Abteilungen rings gewunden hat, spiralförmige Rinnen, canales<sup>4</sup>, erzeugen, die eine unverkennbare, naturgetreue Nachbildung eines Schneckenhauses, cochleae, darstellen.

3. Ueber dem Gewinde der Walze, vestigium, werden weiterhin im Pech getränkte Lättchen eines neben dem andern angenagelt und mittels dieser Spirale die Spindel der Walze selbst so viel außen verstärkt<sup>5</sup>, exaggerare, daß ihr Durchmesser fürder dem achten Teile ihrer Längsachse entspricht. Auf dieses Spiralgewinde breitet und heftet man Bretter, tabulae<sup>6</sup>, an, welche das ganze Gewinde, involutio, umschließen, worauf

<sup>1</sup> emendate, peinlich genau.

<sup>2</sup> regula, schmales Brettchen als Grundlage der Spiralen über der Walze.

<sup>3</sup> oblique, schräg, d. h. in diagonalen Richtung der Schnittpunkte ringsum die Welle berührend und so in einer spiralförmigen Linie die Walze rings umwindend, wobei durch die Abstände der einzelnen Blättchen zugleich spiralförmige Rinnen<sup>4</sup>, canales, entstehen, welche in schneckenartiger Gestalt das maschinelle Gewinde, vestigium, der Maschine bildeten.

<sup>5</sup> exaggerare, verbreitern. Die Verstärkung, involutio, der Welle durch die Regulae geschah somit in dem Maße, daß wenn u. a. der Durchmesser der Welle 8 Zoll und ihre Länge somit 8 Fuß = 96 Zoll betrug, der Durchmesser des Vestigium  $\frac{1}{8}$  von 96 = 12 Zoll entsprach.

<sup>6</sup> tabulae, gehobelte, rund zusammengefügte Bretter, welche genau über die Regulae gebreitet und, laminis ferreis, äußerlich durch Eisenbänder nebst durchgreifende Stiften, stilis, fest zusammengeschlossen, die Umhüllung der Wasser-



man auch letztere mit Pech durchtränkt und mit eisernen Reifen fest zusammen-schließt, daß der Druck des Wassers die Umhüllung nicht auseinander zu sprengen vermag. Ueberdies umgibt man die Spitzen der Walzen mit Eisenblech, lamina ferrea, das mit Nägeln, clavis, angeheftet ist, während in der Mitte durchgreifende eiserne Bolzen, stili, eingelassen, infigere, werden. An dem rechten und linken Ende der Wasserschnecke soll man ferner Pfosten, tigna, aufstellen, die oben beiderseits durch Querbalken konstruktiv zusammen verbunden sind. In diese Pfosten lasse man eiserne Zapfenlager zur Aufnahme der Bolzen der Welle ein, worauf man die Wasserschraube durch Treten ihres Rades von Arbeitern in Bewegung zu setzen imstande ist.

4. Diese Maschine soll aber in einem Neigungswinkel aufgestellt werden, welcher dem des rechtwinklichen Pythagoräischen Dreiecks<sup>1</sup> entspricht, indem man nämlich, wenn die Länge der Walze in fünf Teile abgeteilt wurde, die Spitze der Schöpfmaschine um drei dieser Teile emporgerichtet, wonach in wagrechter Richtung auf den Abstand bis zu der untern Mündung, nares, der Schraube vier Teile fallen. Um eine richtige Vorstellung dieses Schöpfwerkes zu erlangen habe ich am Ende des Buches dessen Vorbild eigenhändig aufgezeichnet.

Ueber die Art und Weise wie die aus Holzwerk gefertigten Schöpfmaschinen hergestellt werden, welche bewegende Elemente sie in Betrieb setzen und wie dieselben durch ihre Umdrehungen unermeßlichen Nutzen dem Gewerbe gewähren, habe ich mich zur allgemeinen Einsicht so faßlich wie möglich ausgesprochen.

---

rinnen der Schnecke bildeten. Die Walze der Maschine erhielt fernerhin an beiden Enden eine gediegene Hülle von Eisenblech und wurden in letztere beiderseits eiserne Bolzen, stili ferrei, eingelassen, welche in die Zapfenlager, foramina, des zur Aufnahme der Schnecke hergerichteten Holzgerüsts eingepaßt wurden, worauf die Maschine mittels eines außen befindlichen, durch Treten in Bewegung gesetzten Schwungrades die Funktion als Wasserhebewerk erfüllte.

<sup>1</sup> trigonum orthogonium Pythagoricum, das nach Pythagoras Lehre angefertigte Dreieck, dessen Gestalt die in schiefer Richtung aufgestellten Wasserschraube nach Richtung in der Länge wie dem Neigungswinkel der Hypotenuse entsprechen mußte. Vitruv, der seiner Beschreibung eine genaue Darstellung der Maschine beifügte, unterließ hierauf fußend absichtlich eine nähere Erläuterung des eigentlichen Triebwerkes derselben, das deshalb heute höchstens annähernd rekonstruierbar ist und nahezu völlig der individuellen Phantasie anheimgegeben bleiben muß.



## KAPITEL VII.

### ÜBER DIE KTESIBISCHE LUFTDRUCKPUMPE, WELCHE DEN WASSERSTRAHL IN DIE HÖHE SPRITZT.

1. Es ist mir nun die Aufgabe gestellt die Ktesibische<sup>1</sup> Maschine, welche das Wasser im Strahle emportreibt, zu erklären. Dieselbe wird aus Bronze, aes, angefertigt, und bestehen ihre wesentlichen Bestandteile aus einem Paar Pumpenkolben<sup>2</sup>, *modioli gemelli*, die am Fuße nicht weit voneinander abstehen und mit zwei gabelförmigen Röhren<sup>3</sup> (*Gurgeln*), *fistulae furcillae figura*, verbunden sind, die in dem mittleren Windkessel, *catinum*<sup>4</sup>, einmünden, woselbst man Ventilkappen, *asses*<sup>5</sup>, gegen die obere Mündung der Gurgeln zu mit höchst genauem Zusammenschluß<sup>6</sup>, *coagmentatione*, anbringt, welche letztere, indem sie die Mündung der Gurgeln, vorher verschließen, *praeobturantes*, den in dem Windkessel vorhandenen Luftdruck, *spiritus*, nicht entweichen lassen. (Taf. 67, Fig. I. II.)

2. Auf den Windkessel, *catinum* wird ein genau passender Deckel<sup>7</sup>, *penula*, der einem umgekehrten Trichter, *infundibulum inversum*<sup>8</sup>, gleicht,

<sup>1</sup> *machina Ctesibica*, die von Ktesibios, dem berühmten unter Ptolemaeus Philadelphus wirkenden Mechaniker, erfundenen Luftdruckpumpe, Wasserspritze. (Taf. 67, Fig. I. II.)

<sup>2</sup> *modioli gemelli*, ein paar Pumpenzylinder, -kolben, Stiefeln, die durch

<sup>3</sup> *fistulae furcillae figura*, Röhren, Kropfröhren in gabelförmiger Gestalt (auch Gurgeln genannt) mit dem mittleren Windkessel, <sup>4</sup> *catinum*, in Verbindung standen und durch, <sup>5</sup> *asses*, Ventilkappen, mit fest passendem Verschlusse, <sup>6</sup> *coagmentatione subtili*, den Ein- und Auslaß der eingepumpten Luft, *spiritus*, regulierten.

Zu diesem Zweck erhielt der Windkessel einen besonderen <sup>7</sup> Deckel, *penula* in Gestalt eines umgekehrten Trichters, <sup>8</sup> *infundibulum inversum*, der an demselben



aufgesetzt und dieser mit dem Windkessel durch eine Niete<sup>1</sup>, fibula, nebst eingefügten Metallbolzen<sup>2</sup>, cuneus, so eng verbunden, daß die Gewalt, vis, des eingepumpten Wassers, aquae inflatae, denselben nicht zu lüften vermag. In der Mitte des Deckels wird eine aufrechtstehende Röhre<sup>3</sup>, tuba, Steigröhre benannt, mittels einer Niete fest eingepaßt. Die Pumpenkolben, modiol, besitzen am Boden unter der Einmündung, nares, der Kropfröhren Ventilkappen, asses, welche zwischen ihrem untern Ende und den darunter befindlichen Saugröhrenmündungen<sup>4</sup>, foramina, angeschraubt sind.

3. Neben dieser Vorrichtung werden zum Pumpbetriebe starke Kolben, emboli masculi, die auf der Drehbank rund abgedreht<sup>5</sup> und mit Oel getränkt sind, von oben, de supernis, in den Pumpenzylinder eingelassen, welche mittels Stangen, regulis, und Hebeln, vectibus, gleichmäßig in Bewegung gesetzt werden, und andauernd mit Gewalt, motu, auf und abwärts getrieben, die Klappen an den Ventilen zunächst verschließen. Indem sie sodann die mit dem Wasser in dem Zylinder vereinte Luft zusammenpressen, cogunt, treiben, extrudunt, sie dasselbe mit Hülfe des gleichzeitig ausströmenden Luftdrucks, inflando pressionibus, durch die Mündung der Verbindungsrohren in den Windkessel, von welchem aus das Wasser nach der Deckklappe, penula, drängt und infolge des (durch das Pumpen, stets sich erhöhenden) Luftdruckes durch die Steigröhre,

---

durch <sup>1</sup> Nieten, fibulae, und <sup>2</sup> Metallbolzen, cunei, fest angeschraubt war, während eine <sup>3</sup> Steigröhre, tuba, zum Ausströmen, Spritzen des Wasserstrahles oben in den Deckel eingefügt war.

Gleich den fistulae, Gurgeln, besaßen auch die Zylinder, modiol, am Boden Ventilkappen, asses, welche den Einlaß des Wassers in die Saugröhren, <sup>4</sup> nares, aus dem Wasserbehälter, castellum, vermittelten, subministrare.

<sup>5</sup> Zum Betriebe der Maschine wurden in die Zylinder glatt abgedrehte Kolben, emboli masculi, eingelassen, welche oben in einer Eisenstange, regula, mit angelegten Hebeln, vectes, und einer Vorrichtung zum Pumpen durch Menschenhände endigten. Infolge der Hebelbewegung nach oben, motu, zogen die Ventile Luft und Wasser vom Wasserbehälter ein, das bei der nun folgenden Bewegung nach abwärts durch das sich schließende Ventil nicht mehr entweichen konnte und so, von dem Gesamtdrucke des Wassers nebst Luft gezwungen, von selbst die Ventile nach den Kropfröhren öffnete, und sich mit Macht, influendo pressionibus, in den mittleren Windkessel ergoß. Der durch das Pumpen sich immer mehrende Luftdruck, motus, mußte das in dem Windkessel gesammelte Wasser nach dessen Deckel, penula, drängen und durch die Röhre, tubula, des daselbst befindlichen, in Gestalt eines umgekehrten Trichters, infundabulum, gefertigten Deckels einen Wasserstrahl in die Luft senden, salire. Der Fortschritt der Luftdruckpumpe gegen die vorher angeführten Wasserpumpwerke lag vorzüglich darin, daß hierbei der Wasserstrahl nicht von der Größe des Apparates mit seinem Räderwerke bedingt wurde, sondern nach der Kraftwirkung des Pumpwerkes eine freie ungehemmte Höhenentfaltung gestattete. Inwieweit das pneumatische Drucksystem auf industrielle Betriebe in der Antike ausgedehnt wurde, ist nicht überliefert, gewiß jedoch, daß dasselbe als Feuerspritze, siphon, σίφων, incendiarius, schon in der klassischen Welt Verwendung gefunden hat.



fistula, in die Höhe spritzt, so daß man nach diesem Vorgange in der Lage ist aus einem tiefer befindlichen Orte mit Hilfe eines Sammelbehälters, castellum, einen in die Höhe steigenden Wasserstrahl zu erzeugen.

4. Nach der Ueberlieferung erfand jedoch Ktesibius nicht nur jenes Druckwerk, vielmehr werden noch mehrere verschiedenartige von ihm ersonnene Dinge angeführt, bei welchen die von dem Luftdrucke zusammengepreßte Flüssigkeit, liquor, eine aus der Natur übertragene Wirkung hervorbringt, wie der mittels Wasserdruck nachgeahmte Sang der Amseln<sup>1</sup>, und die Engibata<sup>2</sup> benannten hydraulischen Apparate, welche, mit Wasser gefüllt, kleine Figürchen zum Tanzen bringen und sonst noch anderweitige Gegenstände, welche, auf die Augenweide wie Genuß des Gehöres berechnet, den Sinnen schmeicheln<sup>3</sup>, solches beweisen.

5. Ich habe nun von allen den mechanischen Erfindungen die mir am nützlichsten und brauchbarsten Dünkenden ausgelesen und glaubte dementsprechend in dem vorhergegangenen Buche über die Uhren, in dem vorliegenden von den Wasserdruckwerken, expressiones aquae, reden zu müssen. Inbetreff der weitem Dinge, welche nicht zum gewerblichen Gebrauche, sondern als unterhaltende Gegenstände dem Genusse dienen, mögen jene Leute, welche an derartigen Künsteleien<sup>4</sup> größern Gefallen finden, in den Werken des Ktesibios selbst sich unterrichten.

---

<sup>1</sup> merula, Amsel.

<sup>2</sup> engibata hydraulica, ἐγγίβατα, in Flaschen eingeschlossene Figürchen, welche beim Drücken des oberen Korkes tanzen, eine Spielerei, die noch heute bekannt ist.

<sup>3</sup> eblandior, schmeicheln.

<sup>4</sup> subtilitas; Künstelei, Spielerei.



## KAPITEL VIII.

### ÜBER DEN BAU DER WASSERORGELN.

1. Ich erachte es nun als meine Aufgabe, die maschinelle Einrichtung der Wasserorgeln<sup>1</sup>, hydraulicae, so gut solches in möglichster Kürze und verständiger Form sich in Worten erläutern läßt, darzulegen. Ueber einem aus Holzwerk massiv gezimmerten Untergestell<sup>2</sup>, *materia compacta basis*, wird ein aus Erz gefertigter Behälter<sup>3</sup> (Wasserkufe), *arca*, gesetzt; dann zu dessen Rechten und Linken auf den Untersatz feststehende Ständer<sup>4</sup>, *regulae*, gestellt die leiterartig miteinander verbunden sind und in einen ehernen Pumpzylinder<sup>5</sup>, *modiolus aereus*, einmünden, welch letztere auf- und abwärts bewegliche, höchst sorgfältig auf der Drehbank abgeglättete Böden<sup>6</sup>, *funduli ambulatiles*, besitzen, in deren Mitte eiserne Kolbenstangen<sup>7</sup> *ancones*, die mit Gelenken, *verticulae* und Hebeln, *vectes*, ausgestattet und mit geschorenen Fellen<sup>8</sup> überzogen sind, eingefügt werden. Ueberdies soll man in den obern Abschlüssen der Zylinder (über den Röhren) eingebaute Löcher<sup>9</sup>, *foramina*, von ungefähr drei Zoll Durch-

<sup>1</sup> hydraulicum, ὑδραυλικόν, organum, Wasserorgel, ein teilweise durch Wasser und Luft getriebenes mit der späteren Orgel und heutigen Klavier (die einzig durch Luft bewegt werden) verwandtes Musikinstrument.

<sup>2</sup> basis *materia compacta*, festes, unbewegliches Untergestell.

<sup>3</sup> *arca*, Wasserbehälter, Kufe.

<sup>4</sup> *regulae sculari forma compactae (ex aere)*, stabile in Gestalt einer Leiter gefertigte Ständer aus gediegenem Metall.

<sup>5</sup> *modioli*, Pumpzylinder.

<sup>6</sup> *fundulus ambulabilis*, ein beweglicher, fein abgeglätteter Holzboden.

<sup>7</sup> *ancones*, Kolbenstangen, mit den zu ihrer Bewegung nötigen Gelenken, *verticulae*, und Hebeln, *vectes*.

<sup>8</sup> *pellis lanata*, geschorenes Fell.

<sup>9</sup> *foramina circiter digitorum ternum*, ungefähr drei Zoll breite Löcher, Vertiefungen in der Decke der Pumpzylinder.



messer anbringen und darüber an Gelenken befestigte bronzene, Delphine anhängen, die in ihrem Rachen bis unter die Oeffnungen der Zylinder hinabreichende Becken<sup>1</sup>, cymbalia, halten.

2. Im Innern, der Kufe, die das Wasser birgt, sei ein Dämpfer<sup>2</sup> (Abschluß) pnigeus, einem umgestürzten Trichter ähnlich, angebracht, der auf gegen drei Zoll hohen Klötzchen<sup>3</sup>, taxili, ruht, so daß sich zwischen dem Becken des Dämpfers und dem Boden der Kufe ein offener Raum in wagrechter Richtung ergibt. Oben über dem Hals<sup>4</sup>, cervicula, des Dämpfers ist als das Haupt der Maschine, caput, die Windlade<sup>5</sup>, arcula, die man auf griechisch, kanon musikos, den musikalischen Maßstab heißt, fest angeschlossen, welche man nach der Stimmenzahl der Orgel in angemessene Kanäle<sup>6</sup>, canales, abteilt und zwar wenn dieselbe vierstimmig, tetrachordos, ist, vier, wenn sechsstimmig, hexachordos, sechs, wenn achtstimmig, octochordos, acht derselben einsetzt.

3. Einem jeglichen Kanale ist oben ein besonderer (Registerschlüssel) Hahn<sup>7</sup>, epistomium, beigegeben, der durch einen eisernen Schlüssel, manubrium, in der Weise reguliert wird, daß bei Drehung des Hahnes die Mündungslöcher der Windlade sich öffnen. Den Kanälen entlang besitzt der Deckel<sup>8</sup>, canon, (Tonbrett) der Windlade in schiefer Richtung entsprechende Oeffnungen, nares, welche in gleiche, in dem obersten Tonbrette, tabula summa, das auf griechisch pinax heißt, eingebaute Vertiefungen einpassen. Zwischen der Windladedecke und dem Tonbrette werden überdies flache Stäbchen<sup>9</sup>, regulae, als Schieber eingesetzt, die gleichfalls durchbohrt und zur leichten Hin- und Herbewegung mit Oel getränkt sind, welche Platten, plinthides benannt, zum Abschlusse der

<sup>1</sup> cymbalia chalata, herabgesenkte Becken, Glöckchen.

<sup>2</sup> pnigeus, Dämpfer, ventilartiger Abschluß.

<sup>3</sup> taxilus, Klötzchen.

<sup>4</sup> cervicula, Hals, Oberteil des Dämpfers, welcher die arcula, <sup>5</sup> Windlade, κανών μουσικός, die Hauptzelle (caput), der musikalischen Register des Instrumentes, stützte.

<sup>6</sup> canales, Kanäle, Röhren zur Entwicklung der Stimmungen der Orgel, die nach ihrer Stimmenzahl als, τετράχορδος, vierstimmig, ἑξαχορδος, sechsstimmig, und, ὀκτώχορδος, achtstimmig, bezeichnet wurden.

<sup>7</sup> epistomium, Hahn, Schlüssel zum Verschuß der Kanäle, die durch den zugehörigen Registerschlüssel, manubrium, reguliert wurden, torquentur.

<sup>8</sup> canon, κανών, Decke der Windlade, in welche die Löcher, nares, eingebaute waren, die in die analogen Vertiefungen an dem obersten Tonbrette, tabula summa, auch πίναξ, Register benannt, einpaßten.

<sup>9</sup> regulae, Stäbchen, plinthides, von πλίνθος, viereckige Plättchen (nach Rode 271 pleuritides, von πλευρίτιδες, Register, Schieber bezeichnend), welche den Verschuß, terebratio, der Schallöffnungen bildeten.



besagten Oeffnungen, foramina, dienen, indem ihr Einfügen oder Entfernen die betreffenden Schallöcher schließt oder öffnet.

4. An jene Stäbchen, *regulae*, werden eiserne Springfedern<sup>1</sup>, *choragia*, befestigt, und diese stehen mit Tasten, *pinnae*, derart in Verbindung, daß der Anschlag, *tactus*, auf die Tasten zugleich eine Bewegung der Stäbchen hervorbringt. Auf der Windladendecke treten die Oeffnungen hervor, durch welche der Windhauch, *spiritus*, aus den Luftkanälen strömt; an denselben sind Ringe, *anuli*, angeleimt, in denen die Zungen, *lingulae*, sämtlicher Orgelpfeifen, *organorum*, einmünden. Von den Zylindern reichen gleichartig gestaltete Röhren bis zum Halse des Dämpfers empor, die zugleich mit den Oeffnungen, *nares*, der Windlade in Verbindung stehen. An letztere sind auf der Drehbank angefertigte Ventilkappen<sup>2</sup>, *asses*, befestigt, welche, sobald die Luft, *anima*, in die Windlade eingepumpt wurde, deren Oeffnungen versperren<sup>3</sup> und den Lufthauch nicht wieder rückwärts entweichen lassen.

5. Hebt man hiernach die Hebel nach oben, so pressen die Kolbenstangen die Böden der Zylinder, *modioli*, daselbst abwärts, worauf die an ihren Gelenken befestigten Delphine ihre mit dem Rachen gehaltenen Becken herablassen und hierdurch die entleerten Pumpenzylinder wieder mit Luft füllen, und während alsdann die Kolbenstangen, *ancones*, die Röhren innerhalb der Pumpzylinder durch den erstehenden heftigen Druck emporschnellen und die oberen Oeffnungen hierdurch mittels der Becken (Glocken) *cymbala*, abschließen, so treiben sie die von dem Drucke eingepreßte Luft in die Kropfröhren, *fistulae*, ein, durch welche sie in den Dämpfer und durch dessen Hals in die Windlade ausströmt. Infolge der heftigeren Bewegung der Hebel dringt die in Masse angesammelte Luft durch die Spunde der Hähne, *epistomia*, und füllt die Kanäle mit dieser völlig an.

6. Indem hierauf die von den Händen berührten Tasten<sup>4</sup> *pinnae*,

<sup>1</sup> *choragia*, Springfedern (Federdrücker), die beim Anschlag, *tactus*, der Tasten, *pinnae*, die Register in Bewegung setzten, wonach der erzeugte Lufthauch, *spiritus*, aus den Luftkanälen, *canales*, in die Mündungen, *anuli*, der Windlade drang, in welche die einzelnen, *lingulae organorum*, Zungen der Orgelpfeifen, eingesteckt waren.

<sup>2</sup> *asses*, Ventilkappe des Dämpfers, die das Aus- und Einströmen der Luft, *anima*, in die Windlade absperren<sup>3</sup>, und regulierten.

<sup>4</sup> Aehnlich wie bei dem Luftpumpwerk wurde der Betrieb der Wasserorgel mittels abwechselnder Einpumpung von Luft neben Aufsaugung des nötigen Wassers aus der Kufe, *arca*, und entsprechendes Einströmen des letzteren in die Windkanäle durch die Hähne, *epistomia*, zur Erzeugung der zum Spiele nötigen Spannung der einzelnen Elemente der Maschine erzeugt. Durch das Spiel, *tactus*, auf den Tasten, *pinnae*, und den hierdurch erfolgenden Bewegungen der Register,



ständig die Stäbchen (Register) vor und rückwärts schieben und hierdurch die Schallöffnungen abwechselnd abschließen oder öffnen, bringen sie, durch den auf diese Weise erzeugten vielfältigen Wechsel der Melodien, musikalische Wohlklänge mit Modulationen, voces musicis artibus, in Fülle hervor.

Soweit es in meinen Kräften stand, habe ich mich bemüht, diesen so schwer verständlichen Gegenstand anschaulich klar darzulegen; was wahrlich keine leicht begreifliche Sache bildet und überhaupt nur für solche Leute begreiflich sein kann, welche in jenem Gebiete der Instrumentallehre eine praktische Erfahrung sich aneigneten. Sollte daher jemand die Sache nach der Beschreibung nicht verstehen, so dürfte derselbe doch, wenn er sich mit dem Objekte selbst durch Anschauen vertraut machte, zur Ueberzeugung gelangen, daß ich alle meine Erläuterungen in sorgfältiger und wohlbedachter Form entwickelte.

---

regulae, teilte sich der Lufthauch, anima, nach musikalischer Taktfolge und Gefühl des Spielenden, musicis artibus, den Orgelpfeifen, lingulae organorum, mit, welche dann die von dem Künstler beabsichtigten Klänge wie Wechsel der Melodien, voces varietatibus modulorum sonantes, in Tönen, sonantes, widerhallten.

Unser stets mit der Grenze seines Schaffens betrauter Meister hebt mit Recht hervor, daß einzig die Eigenanschauung jenes Instrumentes zu dessen richtigem Verständnisse führen könne. Wenn immer heute die geniale Hand eines musikalischen Technikers ein annäherndes Gebilde der alten, in gleicher Weise von dem Luft- wie Wasserdrucke bewegten Hydraulica, zu schaffen vermag und man schon im Mittelalter wirklich Analoga als Orgeln erbildete, so dürfte doch die Beschreibung, welche wohl das allgemeine System, doch keineswegs die einzelnen Teilmglieder plastisch genau zu bestimmen vermag, niemals zu einer endgültigen Rekonstruktion des unzweifelhaft schon in der Antike gewiß höchst vielseitig durchgebildeten Instrumentes führen, weshalb wir in diesem wie den sonst analogen Fällen von einer Wiederherstellung Abstand nahmen.



## KAPITEL IX.

### WEGMESSER ZU WAGEN UND ZU SCHIFF.

1. Der Ideengang<sup>1</sup> unseres Schriftwerkes sei nun auf eine praktisch keineswegs unnütze, sondern schon von den Voreltern in höchst geistreicher Weise durchdachte und auf uns überbrachte Erfindung gerichtet, nämlich die maschinelle Einrichtung<sup>2</sup>, mittels welcher die in einem Reisewagen<sup>3</sup>, rheda, weilenden oder auf dem Meere dahinsegelnden Leute die Anzahl der von ihnen zurückgelegten Meilen, milia<sup>4</sup>, festzustellen imstande sind. Solches wird aber folgendermaßen bewerkstelligt. Die an dem betreffenden Wagen angebrachten Räder, rotae<sup>5</sup>, müssen vier Fuß mittleren Durchmesser betragen, wonach, sobald man an dem Rade einen festen Punkt, locus, vorgemerkt hat und von diesem ausgehend das Rad auf der ebenen Landstraße<sup>6</sup> sich weiterrollend fortbewegt, dasselbe bei Rückkehr zu dem Merkmale von welchem seine Umdrehung begann, genau die Strecke von  $12\frac{1}{2}$  Fuß zurücklegte.

<sup>1</sup> cogitatio scripturae, Gedankenfolge des Schriftwerkes.

<sup>2</sup> qua ratione rheda navi navigantes vel sedentes peractum iter dimediantur, die Einrichtung, mittels welcher der zurückgelegte Weg eines im Fahren begriffenen Wagens oder Schiffes gemessen wird.

<sup>3</sup> rheda, *ῥέδα*, vierräderige Kutsche.

<sup>4</sup> mille passus, millia, milliarius, eine römische Meile = 1000 Schritte = 5000 Fuß = 8 römische Stadien = ca. 1500 Meter. Zwanzig Meilen galten als normale Tagereise. milliarium, Meilenstein.

<sup>5</sup> Die Angabe des Raddurchmessers von  $4\frac{1}{6}$  Fuß wollen schon Galiani sowie Perrault p. 327. c. 14, I, il est evident qu'il faut oster «sextantis» et lire seulement «pedum quaternum» in vier Fuß abgeändert wissen, wie denn auch mathematisch im vorliegenden Falle  $2 \cdot \pi \cdot 4 \cdot \frac{3}{4} = 12,5$  Fuß ergeben.

<sup>6</sup> solum viae, ebene Straße.



2. Hat man dies so beendet, so soll man an der Innenseite der Nabe<sup>1</sup>, modiolus, des Rades eine feststehende runde Scheibe, tympanum anschließen, über deren Peripherie ein einziger kleiner Zahn, denticulus als Stift hervorragt. Oberhalb der Scheibe werde an dem Wagenkasten<sup>2</sup>, capsus rhedae, ein feststehendes Behälter, loculamentum, eingefügt, das mit einem senkrecht gestellten, beweglichen Rade, tympanum versatile in cultro, in Verbindung steht, welch' letzteres an einer kleinen Welle, axiculus befestigt ist. In den Rand jenes Rädchens müssen in gleichem Abstand 400 Zähnen derart ausgeschnitten werden, daß der Stift der untern Scheibe in diese einzugreifen vermag. Außer dieser Vorrichtung werde an der obern Scheibe noch ein seitlicher Zahn (als Stift) angefügt, der über den übrigen (400 Zähnen) hervorragt.

3. Oberhalb des besagten sei noch ein drittes wagerecht angelegtes, gleichfalls gezahntes Rad<sup>3</sup>, tympanum planum, das in einem besondern Gehäuse eingeschlossen ist, angebracht, dessen Zähne in jenen Stift einmünden, der seitlich an dem mittleren Rade befestigt ist. In die Scheibe dieses Rades bohre man so viele Löcher<sup>4</sup>, foramina, als man bei einer Tagreise Meilen zurückzulegen vermag, wobei es auf einige mehr oder weniger nicht ankommt.

In jedes dieser Löcher lege man ein kleines rundes Kügelchen, calculus rotundus, und gebe dem Futterale, theka, oder der sonstigen unter der Scheibe befindlichen Platte eine einzige Oeffnung, foramen, durch welche die in das Rad eingesetzten Kügelchen, sobald sie an dessen

<sup>1</sup> modiolus, Nabe des Rades, an deren Innenseite das tympanum in Gestalt einer runden Scheibe, über deren Peripherie ein Stift, Zahn, denticulus, hervorragt, derart angeschmiedet war, daß, da die mit der Welle des Rades sich bewegende Scheibe unmittelbar unter dem oberen senkrechten Zahnrad (in cultro) sich befand, jener Zahn nach jeweiliger Umdrehung des Rades in einen Zahn des letzteren eingriff.

<sup>2</sup> capsus rhedae, Wagenkasten, der in der Antike über den hintern Rädern angebracht war und unbeweglich auf deren Achse ruhte. Hinter den Wagensitzen war sonach zunächst der Welle das aufrecht stehende mit 400 Zähnen versehene Rad tympanum versatile in cultro, angeordnet, das durch den in dasselbe eingreifenden Stift, denticulus, des unteren Rades nächst der Nabe weiterbewegt wurde und selbst an einer kleinen Welle, axiculus, befestigt war. An dem aufrechten Rad war wiederum seitlich ein Stift, denticulus, angeschmiedet, der in die Zähne eines oberen wagrecht stehenden dritten Rades<sup>1</sup>, tympanum, eingriff. In die auf einer Platte ruhenden Scheibe dieses Rades wurden dann Löcher<sup>2</sup>, foramina, gebohrt, in welche man kleine Kügelchen, caliculi, einsetzte, während deren flache Unterlage nur eine einzige Oeffnung erhielt. Wenn nun bei der Drehung der Zahnräder eines der mit einer Kugel versehenen Löcher an jene Oeffnung gelangte, so fiel das Kügelchen in eine unten im Wagenkasten aufgestellte Bronzeschale, vas aeneum, herab, wonach der hierdurch entstandene Anschlag die 400 malige Umdrehung des Wagenrades und den hierbei zurückgelegten Weg von  $400 \cdot 12,5 = 5000$  Fuß, ca. einer Meile ankündigte.



Stelle gelangen, nacheinander in den Wagenkasten und ein eigens unterstelltes Bronzegefäß hinabgleiten können.

4. Indem nun das sich vorwärtsbewegende Wagenrad die an seiner Nabe befestigte Scheibe mit sich umdreht und hierdurch der an dieser befindliche Stift bei jeder Umdrehung durch sein Eingreifen, impulsu, in die Zähnen des mittlern senkrechten Rades dieses zur Fortbewegung zwingt, so wird nach vierhundertmaliger Umdrehung der untern Scheibe eine einmalige Umdrehung des mittlern Zahnrades erfolgen, wogegen der an letztem seitlich befestigte Stift hierbei nur ein einziges Zähnchen des obern wagrechten Rades vorwärtsrückt. Während also mittels vierhundertmaliger Umdrehung der untern Scheibe das obere Zahnrad nur einmal umgedreht wird, so muß der hierbei zurückgelegte Weg, einen Abstand von 5000 Fuß, das einer Strecke von 1000 Schritten entspricht, gleichkommen. Auf diese Weise verkündet das Getöse der herabfallenden Steinkügelchen die jeweilige Zurücklegung einer Meile. Die Zahl der in dem untern Bronzegefäße angesammelten Kügelchen zeigt hinwieder die Summe der während einer Tagreise zurückgelegten Meilen an.

5. Bei der Schifffahrt erreicht man mit geringen Abänderungen des Verfahrens den gleichen Erfolg<sup>1</sup>. Hier wird nämlich quer durch die Seiten der Schiffswandung eine Welle, axis, gesteckt, deren Enden über die Wände des Bords hinausragen, um welch letztere man Räder von vier Fuß Durchmesser anzimmert, an deren Umrahmung rings in das Wasser eintauchende Schaufeln, pinnae, fest angefügt sind. Ferner befestigt man an dem mittleren Teile der Welle ein Rad, tympanum, über dessen Umfang ein einziger Stift, denticulus, hervorragt.

An derselben Stelle richtet man zugleich oberhalb ein Gehäuse, loculamentum, her, in dessen innern Räume sich ein mit 400 gleichmäßig eingeteilten Zähnen ausgestattetes aufrechtes Zahnrad befindet, in welches

<sup>1</sup> Die Distanzmessung bei der Schifffahrt, navigatio, geschah nach dem gleichen Schema, indem man quer durch die Wandungen, parietes, des Schiffes eine Welle, axis, anlegte, an deren vorspringenden Enden man je ein vier Fuß breites Rad mit Schaufeln, pinnae, welche in den Wasserspiegel herabreichten, befestigte. Mitten um die Achse im innern Schiffsraum war wiederum eine Scheibe, tympanum, mit vorragendem Stifte, denticulus, angeschlossen, der in die Zähne eines obern senkrecht, in cultro, stehenden Rades eingriff und nach jeder Drehung der Schiffsräder einen der 400 Zahnungen weiterbewegte. Endlich befand sich über letzterem ein drittes, auf einem flachen Behälter, loculamentum, ruhendes, wagrechtes Zahnrad, tympanum, dessen Zähne durch einen seitlich an dem senkrechten Rade vorstehenden Stift in Umdrehung versetzt wurden. Auch jenes Rad war durchlöchert und fielen bei Bewegung der Maschine nach Zurücklegung einer Meile eines der in letztere eingelegten Kügelchen durch die Oeffnung der Platte des Behälters in ein erzenes Gefäß in den Schiffsraum hinab, so daß man nach deren Zahl die Länge der zurückgelegten Fahrt zu bestimmen imstande war.



der am untern Rade vorstehende Stift eingreift. Uebersies sei an der Seite des Zahnrades ein über dessen Peripherie hervortretender starker Stift, dens, angeschmiedet.

6. Wenig höher wird in einem an das erstere anschließenden Gehäuse ein wagrecht stehendes, planum, in der nämlichen Weise ausgezahntes Rad angeordnet, in dessen Zähne der seitliche Stift des aufrechten Rades in der Weise eingreift, daß dieser bei einer jeweiligen Umdrehung je einen Zahn des wagerechten Rades weiterdrückt und so das horizontale Zahnrad im Kreise<sup>1</sup> fortbewegt. Ferner bringe man in dem wagerechten Rade Löcher an, in die man runde Kügelchen, calculi, legt, während man in der Umhüllung, theka, (oder ein sonstiges Behälter, loculamentum, daselbst) des Rades eine einzige mit einem Röhrchen versehene Oeffnung ausspart, durch welche das Kügelchen nach Beseitigung seiner Unterlage in ein unteres ehernes Becken herabfällt und durch den Aufschlag sich bemerkbar macht.

7. Wenn hierauf das Schiff, sei es durch die Kraftwirkung der Ruder oder die Gewalt des Windes sich fortbewegt, so müssen die an dem äußeren Rade befestigten, wider den Wasserlauf gerichteten Schaufeln, von dem gewaltigen Gegendrucke des Stromes erfaßt, die Räder fortbewegen; wonach diese infolge ihrer Umdrehung die Welle, axis, als solche und diese das mittlere Rad in Bewegung setzen, dessen vorstehender Stift, indem er bei jeder Umkreisung je einen Zahn des senkrechten Rades weiter rückt, letzteres langsam zur Drehung zwingt<sup>2</sup>. Wurden hiernach die äußeren Räder durch den Druck der Schaufeln vierhundertmal um ihre Achse gedreht, so wird das in dieser Spanne zugleich einmal um seine Achse gedrehte aufrechte Rad den an seiner Seite angeschmiedeten Stift einmal in die Zähne des wagerechten oberen Rades einsetzen, wodurch dieses selbst zur Umdrehung gebracht wird und, so oft ein Steinchen an die Oeffnung der Unterlage gelangt, dasselbe in den Schiffsraum herabgleiten läßt. Auf diesem Wege kann man nach dem Aufschlag wie Zahl der Kügelchen die Strecke der von dem Schiffe zurückgelegten Fahrt erkennen. Wie mir dünkt habe ich nun das Nötige über die in

<sup>1</sup> vertere in orbem, im Kreise umdrehen.

<sup>2</sup> Schon Perrault, p. 328. 7, beanstandete den Text jener sichtlich undeutlichen Stelle und glaubt für, au lieu de, Tympanum planum, lire, Tympanum in cultro, setzen zu müssen, das jedoch ebenfalls die Sache nicht aufklärt und glauben wir durch die Ergänzung «tympanum in cultro subactum impellet dentem, qui ad latus eius est fixus, semel tympani plani», das aufrecht stehende Rad berührt einmal den Zahn jenes Rades, der an dem wagerechten befestigt ist, eine einfache mit der vorhergegangenen Beschreibung übereinstimmende Lösung zu erzielen.



den friedlichen und gefahrlosen Zeiten zum Nutzen wie Vergnügen der Menschen dienlichen mechanischen Gegenstände mit Angabe ihrer Herstellung vorgetragen<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> peragere, vortragen, behandeln.

Die beschriebene mechanische Anlage beruhte auf einer ebenso einfachen wie leicht faßlichen Kombination des Räderwerkes, daß dieselbe keiner näheren Kommentare bedarf.

Als ein bemerkenswertes Faktum möge es dagegen nicht unberührt bleiben, daß das zur Distanzmessung der Schifffahrt bereits völlig entwickelte Schaufelrad *rota cum pinnis in diametro affixis*, bei dem so hochentwickelten technischen Verständnisse der Antike keine für die Praxis tiefergehende Beachtung fand und erst nach zwei Jahrtausenden eine gebührende Verwendung in der Nautik erhielt.

Trotz der von Vitruv gegebenen äußerst klar faßlichen Kombination des Räderwerkes, auf welcher die fragliche maschinelle Anlage beruhte, läßt die Beschreibung einen Umstand vermissen, welcher die sonst so sinnvolle Einrichtung nach Urteil erfahrener Fachkenner (so meines Freundes F. Gastell, Eigentümer einer Wagen-, Waggonfabrik) illusorisch macht. Da nämlich trotz aller Trefflichkeit der antiken Heerstraßen und Fahrgeschicklichkeit ein Anstoß oder sonstige scharfe Bewegung des Gefährtes nicht vermieden werden konnte, welche unumstößlich ein Abbrechen des vorstehenden Zahnes oder doch eine Unregelmäßigkeit im Betriebe des Räderwerkes zur Folge hatte, so mußte in Wirklichkeit eine Vorrichtung geschaffen sein, welche dem Wagen eine Art Federkraft verlieh. Indem diese vom Autor unerwähnt blieb, so fehlt das harmonisch bewegende Kraftmoment der Maschinerie selbst, das zugleich deren technisch-praktische Wiederherstellung unmöglich macht.



## KAPITEL X.

### ÜBER DIE ANFERTIGUNG DER ALS WURFGESCHÜTZE DIENENDEN KATAPULTE UND SKORPIONEN.

1. Ich beabsichtige nun die Herstellung jener Maschinen, welche zur Abwendung<sup>1</sup> der gefahrbringenden Ereignisse wie zum Schutze des

---

<sup>1</sup> In den Kapiteln, welche über Kriegswesen handeln, hat Vitruv (wohl absichtlich, um den Unberufenen keine zu genaue Einsicht zu gestatten) neben den sonst geläufigen lateinischen Zahlen für die angeführten Maße die altgriechischen Zahlzeichen mit Beigabe besonderer Chiffren in Gestalt von Punkten und Strichen beigelegt, welche heute nicht mehr unzweideutig zu entziffern sind und deshalb die Restauration nach den gesamten angegebenen Zahlenverhältnissen unlösbar erscheinen lassen. Jocundus hat in seiner Edition des Vitruv zuerst jene griechischen Zahlzeichen nach dem im Werke des Athenaeus (δεικνοσφισται, Tischreden) enthaltenen Angaben älterer hellenischer Schriftsteller zu erläutern unternommen, nach dessen Forschung auch Daniel Barbarus (Vit. X, p. 355. 3o) jene Zahlzeichen, ἀριθμοί, πλῆθι, näher zu bestimmen versuchte. Inbetreff der punktierten Zeichen behauptet der letztere, signa vero illa punctim in orbem, vel in quadratum facta nullius esse certae significationis. Sed clausularum distinctionis tantum gratia facta; nisi quis forsan ea minutias sui cuiusq; integri significari contenderit, daß sonach jene runden oder quadraten Punktreihen keinen bestimmten Zahlbegriff ausdrücken, vielmehr nur als Interpunktionen zu erachten seien, falls der Autor nicht durch dieselben einen Teilbegriff der Zahl auszudrücken beabsichtigte. Eine höchst ungewisse Definition, welche der Tatsache widerspricht, daß jene Punktzeichen auch im laufenden Text für sich allein sowie in Verbindung mit anderen Zahlzeichen abwechselnd uns begegnen und somit ein festes Zahlverhältnis ausdrücken mußten. Nach diesen Umständen, welche durch die weitere Tatsache bestärkt werden, daß jene Zeichen in den einzelnen Codices vielfach verschiedene Formkombinationen zeigen und daß sie bis heute von allen Gelehrten keine einheitlich anerkannte, sondern eine meist abweichende Auslegung gefunden haben, kann sonach die Maßbestimmung der Elemente jener Kriegsmaschinen auf ihrer Grundlage nur eine halb illusorische Lösung ergeben. Da eine solche nach diesen Voraussetzungen wissenschaftlich wie technisch wertlos erscheinen muß, so habe ich von dem Ver-



öffentlichen Wohles erfunden wurden, nämlich der Skorpionen<sup>1</sup>, Katapulten und Balisten nach ihren systematisch erprobten Maßverhältnissen zu erläutern. Die Größenmaße aller Glieder jener Kriegswerkzeuge<sup>2</sup>, organa, werden nach der Länge des Pfeiles<sup>3</sup>, sagittae, den das Geschütz schleudern soll, berechnet, und muß dessen neunter Teil dem Durchschnitte jener Bohrlöcher<sup>4</sup>, foramina, am Haupte<sup>5</sup>, capitulo, der Lafette entsprechen, durch welche die zur Verspannung der Arme, brachia, der Schußwaffe dienenden, gedrehten Sehnen, nervi torti, gespannt werden.

2. Die Höhe und Breite des das Haupt, capitulum, der Maschine bildenden Spannrahmen wird aber ebenfalls nach der Ausdehnung jener

suche einer endgültigen Entzifferung Abstand genommen und erlaubte mir nur als allgemeine Anhaltspunkte die annähernd beglaubigten Zahlen nach den älteren Autoren in Klammern einzuschalten.

Bei seiner genau detaillierten Aufzählung der einzelnen nebeneinander gereihten Glieder, aus welchen die antiken Geschütze im Wesen bestanden, setzt Vitruv eine vollständige Kenntnis ihres zeitlichen Bildes voraus, welche natürliche Vorstellung uns selbstverständlich völlig fehlt. Da er weiterhin jede eingehende formaltechnische Darstellung ihrer mechanischen Systeme mit Berücksichtigung ihrer besonderen Handhabung und Wirkung als Kriegswerkzeug unterläßt, so kann auch die genaueste Uebersetzung nur mehr eine allgemeine Erläuterung ihrer Elemente bieten und vermag niemals ein endgültiges Bild ihrer einstigen, höchst wechselhaften Gestaltung zu erwecken.

Von diesem Gesichtspunkte mit Erwägung des Umstandes, daß die viel versuchten Ergänzungen nach späteren Schriftstellern, so insbesondere des Vegetius, niemals die Schöpfungen der Vergangenheit wahrheitsgetreu zu schildern geeignet sein können, glaubte ich von einer Ergänzung aller von Vitruv nicht erwähnten Momente überhaupt, und mit diesen von einer persönlichen Rekonstruktion des Geschützwerkes (das trotz aller genialen, bisherigen Versuche doch stets nur das Produkt individueller Phantasie verblieb) Abstand nehmen zu müssen. Hiergegen hielt ich es für tunlich, zu einer möglichst klaren Beurteilung der von Vitruv angeführten technischen Begriffe der Geschütz- und Belagerungsmaschinen die lateinischen Bezeichnungen ihrer besonderen Elemente in den Text einzufügen und eine objektive Erklärung dieser Wortlaute zu geben, zu welchem Zwecke ich die hierbezüglichen trefflichen Uebersetzungen und Definitionen meines hochverehrten Herrn Kollegen Auguste Choisy, Vitruv, Paris 1909, Lib. X, in meine Determinationen eingeschaltet habe.

praesidium, Abwehr.

<sup>1</sup> scorpio, σκορπίος (δοροβόλος, ἰοβόλος, εὐθύτονα); Skorpion, catapult, καταπέλτης, palincona, Katapult; balista, ballista, λιθοβόλος, λιθοφόρος, Balist-, Pfeil-, Steinschleudergeschoß.

<sup>2</sup> organum, ὄργανον, πολεμική μηχανή, Kriegswerkzeug, Maschine, Geschütz.

<sup>3</sup> sagitta, Pfeil, Geschoß.

<sup>4</sup> foramina, die in dem vorderen Aufsatz, Spannbalken, <sup>5</sup> capitulum, der Maschine eingefügten Bohrlöcher, durch welche die aus Haaren oder Sehnen gedrehten Stränge, nervi torti, τόναι (Ch. nerfs cablés, Kabeltaue), welche nach Anspannung der Bogenarme, brachia, βραχίων, zum Abschnellen des Geschosses dienten, durchgezogen wurden und nach Macht wie Größe der Schußwaffe an Stärke des Gewindes wechselten.



Bohrlöcher entwickelt. Auch sollen die mit Peritreti<sup>1</sup> (die durchlöcherten) bezeichneten Täfelchen, tabulae, welche an der oberen wie unteren Fläche der Spannbalken angefügt sind, in der Dicke ein, nach der Länge ( $1\frac{1}{2}$ ) 1 S. Lochbreite messen, während die zur Rechten und Linken des Spannrahmens befindlichen Ständer, parastata, ohne deren Bänder (Zapfen), cardines, vier Lochbreite in der Höhe und  $\frac{5}{8}$  in der Dicke erhalten, auf die Zapfen soll man die Hälfte der Ständerbreite, nämlich S. T. Lochstärke anrechnen. Die Entfernung von der Außenkante des Spannloches bis zum mittleren Ständer entspreche ferner S. 9 Durchmesser. Die Breite der mittleren Entfernung der Ständer messe ( $1\frac{3}{4}$ ) 1 L, deren Stärke eine Lochbreite.

3. Die zur Aufnahme des Pfeiles hergerichtete Vertiefung, intervallum<sup>2</sup>, in der Mitte des Ständers zeige  $\frac{1}{4}$  der Lochbreite. Die vier Ecken<sup>3</sup>, anguli, welche rings an der Neben- und Vorderseite des Spannrahmens sich befinden, müssen mit Eisenplättchen oder Bronzebändern, die durch Nägel angeheftet sind, beschlagen werden. Jene als Laufbahn der Pfeile dienende, auf griechisch mit Syrix<sup>4</sup> (Pfeife) bezeichnete Rinne (Laufbahn), canalicula, besitze 19 Lochbreiten in der Länge. Die Ausdehnung der Leisten<sup>5</sup>, regulae, die Viele Backen, bucculae, heißen, und zur Rechten und Linken der Laufbahn angebracht sind, betrage ebenfalls 19 Lochbreiten, während man auf ihre Breite und Dicke einen Durchmesser anrechnet. Weiterhin seien an letztere unten noch zwei Leisten, regulae, befestigt, in welche der Haspel, succula<sup>6</sup>, eingepaßt wird, der drei Lochgrößen lang und  $\frac{1}{2}$  dick sein muß. Der Körper jener Leisten<sup>7</sup>, bucculae, welche manche

<sup>1</sup> tabulae, περιτρεῖται (Ch. madriers, Bohlen), die zur Verstärkung des Spannbalkens angefügten Brettchen, durch welche desgleichen die nervi gezogen wurden, oben am Ende der Lafette befanden sich die parastata, senkrechten kleinen Ständer des Spannrahmens, capituli, welche äußerlich mittels der cardines, verkröpfenden Bänder (Ch. gebrauchte tenon, Zapfen) hier die ringsum angeordneten Verbindungsglieder des Kapitells bildeten.

<sup>2</sup> intervallum, Einkerbung, Vertiefung, das von Choisy übersetzte Intervalle entre montants, Zwischenraum der Pfeiler, läßt eine zu weite Deutung zu.

<sup>3</sup> anguli, äußere Kanten des Kapitellaufsatzes.

<sup>4</sup> canalicula, σόριξ, kleine Rinne (Ch. petit canal), Pfeife, Laufbahn des Geschosses.

<sup>5</sup> regulae, bucculae, Leisten, Latten (Ch. règles, Richtscheite) zur Verstärkung der Lafette und Verhütung ihrer Krümmung.

<sup>6</sup> succula, Haspel (Ch. arbre de treuil, Wellbaum).

<sup>7</sup> buccula, camillum, Becken, Gefäß (Ch. joue, Backen), loculamentum, Wange, Gehäuse (Ch. boulin, Taubennest, und tasseau, Trageleiste), welche mittels der securiculis cardinibus, schwalbenschwanzförmige Zapfen (Ch. encastrement, Einfalzung) mit der Laufbahn verbunden waren und als deren Befestigung dienten. Die angeführten Zahlzeichen sind hier vielfach unerklärlich, ebenso kann die Angabe von 9 Lochbreiten für die Dicke der Camillen nicht zutreffen, und hat Choisy dies mit Recht in  $\frac{1}{2}$  abgeändert.



das Gefäße, *camillum*, andere hingegen das Gehäuse, *loculamentum*, benennen, sei mittels schwalbenschwanzförmiger Zapfen an die Laufbahn angeheftet und messe eine Lochbreite in Länge und ( $\frac{1}{2}$ ) S in der Dicke, die Länge des Haspels betrage (3) ::, die Stärke ( $\frac{3}{4}$ ) ::, die des Hebels neun Durchmesser.

4. Die Einkerbung (Höhlung) für das Geschoß, *epitoxis*<sup>1</sup>, möge ( $\frac{3}{4}$ ) S — in der Länge und ( $\frac{1}{4}$ ) — in der Breite betragen. Der Hebel<sup>2</sup>, *chela*, auch Handhabe, *manuela*, benannt, messe nach der Länge drei, seine Dicke und Breite je ( $\frac{1}{2}$ ) S:— Durchmesser. Der Boden des Läufers<sup>3</sup> (*Schießrinne*), *canalis fundi*, erreiche in der Länge 16, in der Dicke ( $\frac{1}{2}$ ) ::, in der Höhe ( $\frac{3}{4}$ ) S:— Lochbreiten. Auf den Untersatz des Ständers<sup>4</sup>, *columella basis*, seien unten acht, die Breite seiner Unterlage, *plinthis*, in welche dessen Säulchen eingesteckt ist ( $\frac{3}{4}$ ) S:—, dessen Dicke ( $\frac{1}{8}$ ) F Z Durchmesser angerechnet, die Höhe des Ständers bis zu dessen oberen Kurbel<sup>5</sup>, *cardo*, messe 12 ::, dessen Breite ( $\frac{3}{4}$ ) S:— und Dicke U 9. Die drei Streben, *capreoli*<sup>6</sup>, des Ständers sollen in der Länge je neun, in der Breite  $\frac{1}{2}$  ::, der Dicke ( $\frac{7}{10}$ ) Z, Lochbreiten umfassen. Die Stärke des Kurbelbandes, *cardinis*, betrage ( $1\frac{1}{2}$ ) ::, der Aufsatz, *caput*<sup>7</sup>, des Ständers sei (2) L S. K. lang. Die Größe des vorn angefügten Stückes<sup>8</sup> ( $\frac{3}{4}$ ) a. s :: 9, dessen Dicke ( $\frac{1}{2}$ ) 1,5 Lochbreite.

5. Die hinten befindliche freie Stütze<sup>9</sup>, *columna posterior*, die auf griechisch *Antibasis*, Gegenstütze, heißt, erhalte in der Länge acht, der Breite ( $\frac{3}{4}$ ) S I, der Dicke ( $\frac{5}{8}$ ) F Z Durchmesser, während man auf die Länge des Untersatzes, *subjectio*, der vorderen Lafette zwölf, dessen Breite und Dicke die nämlichen Maße der kleinen Stützen anrechnet. Das über dem kurzen Ständer angebrachte Tragstück<sup>10</sup>, *chelonium*, das

<sup>1</sup> *epitoxis*, ἐπιτοξίς, Einkerbung, Höhlung, Rinne (Ch. tiroir, Schußrinne).

<sup>2</sup> *chela*, Hebel, *manulea*, Handhabe, Hähnchen (Ch. culasse, Bodenstück).

<sup>3</sup> *canalis fundi*, Grundfläche, Aushöhlung des Schußkanals (Ch. fond du canal).

<sup>4</sup> *basis columellae*, das untere Stück des kleinen Ständers (Ch. colonette) als Träger, Stütze der Maschine, das in einen festen Untersatz, *plinthis*, eingefügt war.

<sup>5</sup> *cardo*, Kurbel (Ch. carré de tenon, Platte des Zapfens).

<sup>6</sup> *capreoli*, Verstrebungen des Ständers (Ch. jambette, Tragbänder).

<sup>7</sup> *caput columellae*, Knauf des Ständers.

<sup>8</sup> *antefixa parastata*, vorn angefügte Strebe, d. h. Verstrebung des Ständers nach dem Caput hin (Ch. appliques d'articulation, angehefteter Knoten, Verkröpfung hat keinen begreiflichen Sinn).

<sup>9</sup> *columna posterior*, ἀντίβασις, hintere, Gegenstütze (Ch. petite colonne, Säulchen), muß füglich als Zwischenglieder der Hauptstütze und, *subjectio*, Untersatz (Ch. appui, Stütze) des Teiles der Lafette, woselbst die Spannung der Sehne sich befand, erachtet werden.

<sup>10</sup> *chelonium*, χελώνιον, *pulvinum*, Tragstück, Schildkrempe, Polster (Ch. sommier, Unterzug, ou coussin, Kissen benannt), sonach Mittel-, Unterglied der Lafette.



mit Polster, pulvinum, bezeichnet wird, messe nach der Länge ( $1\frac{1}{2}$ ) I I S ::, der Höhe ( $1\frac{1}{2}$ ) I I S ::, der Breite ( $\frac{3}{4}$ ) S I:— Lochbreiten. Die Handspeichen zum Betriebe des Haspel, carchesia succularum<sup>1</sup>, sollen ( $1\frac{2}{3}$ ) I I S I :: in der Höhe, in der Dicke S I I ::, in der Breite I S Durchmesser erhalten. Die Querspannhölzer<sup>2</sup>, transversarii, müssen mit Einschluß der oberen Kurbeln 10 :: Loch lang, I S :: breit und ebenso dick angefertigt werden. Die Ausdehnung eines Armes, brachii<sup>3</sup>, des Geschützes besitze (7) I S, dessen Stärke in der Mitte, radice, ( $\frac{5}{8}$ ) U Z, dessen Krümmung (nach der Spannung) acht Spannlochmesser.

6. Die besagten Gattungen von Geschützen werden alle nach den angegebenen Maßverhältnissen mit Berücksichtigung der jeweilig geforderten Verstärkung oder Verkleinerung ihrer Teile angefertigt. Hat man zum Beispiel die oberen Hauptrahmen, capitula, höher, als deren Breite beträgt, durchgebildet (in welchem Falle die Geschütze hochspannige<sup>4</sup>, anatona, heißen), so muß man den Bogenarm verkürzen<sup>5</sup>, damit zum Ersatze der infolge der Höhe des Spannrahmens entstehenden geringeren Anspannung<sup>6</sup>, tonus, der Arme ihre gedrungenere Form einen um so heftigeren Anschlag, plagam, hervorbringe. Sind dagegen die oberen Spannrahmen minder hoch durchgeführt (wonach das Geschütz kurzspannig<sup>7</sup>, catatonum, benannt wird), so muß man die Bogenarme wegen der sonst zu festen Spannung<sup>8</sup>, vehementia, der Stränge etwas verlängern,

<sup>1</sup> carchesium succulae, der eingefügte Hebel, Handspeiche des Haspels (Ch. jous du palier), durch den die Sehne gespannt wird.

<sup>2</sup> transversaria, die quer verspannenden Bretter (Ch. traverse, Querriegel), welche die Lafette mit dem Haspel zusammenschlossen und an dieser Stelle mitsamt ihren obern Kurbeln, cardinibus, das verbindende Element der Maschine bildeten.

<sup>3</sup> brachium, βραχίον, Arm des Geschützes (Ch. bras, Arm), an dem die nervi, Sehnen, befestigt waren. Bei der äußersten Spannung sollte dessen Krümmung, curvatura (courbure) acht Lochbreiten betragen.

<sup>4</sup> anatonum, ἀνάτονος, in die Höhe gerichtet, hochspannig. Ch. gibt hier wie oft keine Uebersetzung, sondern reproduziert einfach das Fremdwort.

<sup>5</sup> demare, verkürzen.

<sup>6</sup> tonus, τόνος, Spannung der Bogenseiten (Ch. tension, Spannung). Da die höchste Krümmung, curvatura, der Bogenarme bei den hoch- wie kurzspannigen Geschützen sich gleich blieb, so bedurfte es zur Anspannung, tonus, eines kleineren Bogenarmes eines im Verhältnis zu seiner niederen Breite sich erhöhenden Kraftaufwandes, wonach dann die Sehne anderseits beim Abdrücken einen um so intensiveren Anschlag, plagam, hervorbrachte. Die Uebersetzung Rebers von tonus mit Stimmung der Stränge dünkt uns zu übertragen zu sein.

<sup>7</sup> catatonium, κατὰτόνος, kurzspannig (Ch. catatone).

<sup>8</sup> vehementia, Macht der Spannung (Ch. violence de la tension, Gewalt der Anziehung).

Der Unterschied der beiden Systeme der Geschützspannung lag sonach darin, daß bei den hochspannigen die Rahmen des Kapitells enger gestellt und etwas erhöht waren, wodurch die äußeren Bogenarme länger und infolgedessen ihre Sehnen



damit das Geschütz hiernach leichter zu handhaben sei. Sowie nämlich eine gewisse Last mittels einer vier Fuß langen Hebelstange nur von vier Menschen emporgehoben werden kann, diese jedoch bei acht Fuß großen Hebeln von zwei Leuten bewältigt wird, in demselben Maße werden auch die Bogenarme<sup>1</sup>, je länger sie sind um so leichter, je kürzer

bei gleicher Krümmung des Bogens eine schlaffere Spannung zeigten. Im Gegensatz war bei den kurzspannigen Geschützen die Gestalt des niederen Spannrahmens mehr verbreitert, wonach die Bogenarme äußerlich verkürzt erschienen, welche Struktur eine übermäßig große Kraftanstrengung, *vehementia*, zu ihrer Spannung erforderte, aus welchem Grunde man deren Arme zu verlängern pflegte.

<sup>1</sup> *brachia ducere*, die Bogenarme anspannen (*Ch. manœuvrer*, leiten).

Aus der durch die vielfach rätselhaften Größenangaben wie zweifelhaften Bezeichnungen der einzelnen Elemente in den Sonderteilen höchst unbestimmten Erklärung der Skorpionen als Pfeilgeschütze ergibt sich einzig als untrügliche Norm, daß diese Gattung von Wurfgeschossen eine Art feststehender Armbrust, *τόξον*, mit lafettenartigem Laufe bildeten, an dessen oberem Ende der aus aufrecht verspannten Hölzern, *parastata*, mit äußerer Umklammerung und Verschraubung durch Metallbeschlag zusammengesetzte Spannrahmen, *capitulum*, sich erhob. In letzteren waren einesteils die zur Erzeugung der Spannung wie Schnellkraft des Geschützes dienenden Sehnenbüschel, *nervi torti*, durch die Bohrlöcher, *foramina*, eingeflochten wie andernteils jenes sog. Kapitell die Bogenarme, *brachia*, aufnahm. Die Sehnen der Arme griffen dann bei der Anspannung, welche durch eine besondere Welle mit, *sucula*, Haspel, am unteren Ende der Lafette erfolgte, in die Einkerbungen, *epitaxis*, der Schußrinne, *canalis*, ein, wonach deren Spannung, *tonus*, reguliert und mittels des Hähnchens, *manuela*, abgefeuert werden konnte. Das Geschütz ruhte auf einem beweglichen komplizierten Untergestell, das aus Mittelständer, *columna*, Untersatz, *basis*, und seitlichen Streben, *capreoli*, nebst dem Tragstücke, *Polster*, *chelonium*, mit Zubehör zusammengesetzt war und durch eine unter dem Polster angebrachte Kurbel, *cardo*, beliebig nach allen Seiten gedreht werden konnte. Als die vorzüglichste Restauration müssen wir wiederholt auf R. Schramms praktische Wiederherstellungen verweisen.

Die neuere Forschung, welche über das ehemals weniger beachtete Artilleriewesen der Antike ein Licht zu verbreiten strebte, hat vor allem das alte Vorurteil, in den antiken Geschützen nurmehr potenzierte Armbrustarten erkennen zu müssen, durch die historischen Argumente zerstört. Wohl blieb bei dem ganzen antiken Geschützwesen die Spannung, *τάσις*, und Spannkraft, *εὐτομία*, der Bogenarme neben der Schnellkraft, *κίνησις*, der Nervenbüschel und Sehnen als Erzeuger der Triebkraft, *κίνητικὴ δύναμις*, der Geschosse fortbestehen, doch wurde ihre mechanische Funktion frühe in zwei getrennten Richtungen, nämlich nach der unmittelbaren Schnellkraft der Bogensehnen und der indirekt durch die gewundenen Nervenbüschel mittels der Bogenarme oder deren formaler Uebertragung erzeugten Stoßkraft «Torsion» verwertet und entwickelt.

Der seit Urzeiten für die Jagd geschaffene Bogen, *τόξον*, fand bald in Gestalt der weiter treibenden, ebenfalls mit *τόξον* bezeichneten Armbrust mit feststehendem Schaft als Jagdgewehr sowie später auch für Kriegszwecke, so als sog. Bauchgewehr, *Gastrophetes*, *γαστροφετής*, in der hellenischen Welt eine reiche Verwendung, wurde jedoch in dem entwickelteren Kriegswesen aus der Schlachtreihe ausgeschieden. Hiergegen bildete seine auf stabilem Untersatze ruhende, durch mechanische Vorrichtung (Welle, Hebel) gespannte, vergrößerte Vervollkommenung unzweifelhaft das Grundelement aller antiken, lange im Vordergrund der Verteidigung wie Einnahme fester Punkte dienenden Artillerie. Dieser militärischen



mit desto größerem Kraftaufwande angespannt. Hiermit habe ich das

Bestimmung der letzteren, neben welcher anderseits die Durchbildung mächtiger Belagerungsmaschinen sich entwickelte, konnte selbstverständlich die einfache Bogenkraft mit Pfeilgeschütz in keiner Weise durch ihre elementare direkte Kraftwirkung mit leichtem mechanischem Systeme genügen und mußte zur Ergründung maschineller Kombinationen leiten, welche Gegenstände von bedeutendem Gewichte auf weitere Entfernungen zu schleudern befähigt waren.

Jenem Streben verdankten die mechanischen Gerüste der Skorpionen, Katalpulte, Balisten (nebst Schildkröten) als Geschützwerk füglich nebeneinander ihre zeitliche Entstehung. In dieser erst allmählichen Entwicklung der einzelnen dem Artilleriewesen dienenden Gegenstände ist anderseits die Ursache zu erblicken, daß deren Zweck wie Wirkung anfänglich nicht allerorten die nämliche Bedeutung fand und dementsprechend auch ihre Verwendung wie lokale Benennung wechselte. Nachdem erst in der Zeit (gegen Anfang des ersten Jahrhunderts n. Chr.) durch die Forderung einer tiefer berechneten Kriegsführung mit großen einheitlichen Truppenkörpern und Entfaltung ausgedehnter Schlachten sich zugleich eine vereinerte Strategie entwickelt hatte, wurde auch der Feldartillerie eine bedeutsamere Pflege zuteil und erhielten seit dieser Periode die einzelnen bewährten Systeme der Geschütze ihren feststehenden Zweck, sowie Typ und Bezeichnung. Wenn sonach selbst Fachgelehrte die von Vitruv angegebenen Benennungen der besonderen Geschützarten zu bekriteln belieben, so sei den Herren in Erinnerung gerufen, daß unserem Autor (dem urkundlich persönlich vom römischen Kaiser die oberste Inspektion eines großen Teiles neuer Geschütze anvertraut wurde) doch unzweifelhaft deren formelles Wesen wie zeitliche Verwendung und Namen bekannt sein mußten, wieweil letztere er zugleich als allbekannt voraussetzte und in seiner näheren Beschreibung aus diesem Grunde nur die hauptsächlichsten maschinellen wie technischen Merkmale der zeitlichen typischen Geschützformen vor unseren Augen entwickelt.

Wenn hiernach in dieser Beziehung die zu Vitruvs Tagen üblichen Namen, so Catapulta für Pfeilgeschütz und Balista für zweiarmiges Steingeschütz, später von Ammianus und Vegetius umgekehrt für Steinwerfer und Pfeilgeschütz aufgeführt werden, und in deren Schriftwerken das einarmige Steingeschütz neben Scorpio auch mit Onager, *ὄναγρος*, Waldesel, bezeichnet wird, so darf in dieser doppelten Benennung nur ein durch die wechselnde Nutzanwendung der Objekte zugleich wechselnder Sprachgebrauch erblickt werden. Mochten immerhin bei der Vervollkommnung und Vergrößerung der anfänglichen Bogenspannungen diese erst allmählich zu Torsionsystemen teilweise umgestaltet werden, so war doch sicherlich ursprünglich bereits jenes mechanische Schema im Prinzip bekannt und in dem Einarm, onager, als primitive Riesensteinschleuder vorgebildet, dessen formales Schema zu Vitruvs Tagen untrüglich schon so mannigfache Kombinationen erlitten hatte, daß der Autor dessen ursprünglichen Typ unerwähnt ließ.

In ähnlichem Sinne bewog denselben die in seiner Zeit sicherlich überaus variable Gestaltung, Größe und Kraftwirkung der Schußwerkzeuge, von einer detaillierten Erläuterung ihrer besonderen Gestalt wie System ihrer Spannung Abstand zu nehmen und läßt sich nur indirekt aus Kap. 12 die zeitliche, mindestens teilweise Einführung der Torsion im Geschützwesen erkennen. (Vgl. Aug. Rode, Vit. X. 15. f. I, dessen klare historische Erläuterung der verschiedenen antiken Geschützsysteme, sich in neueren Schriften öfter minder verständlich wiederfindet.)

Anderseits hatte man gewiß zu Augustus Tagen manche älteren griechischen Geschützarten als unzweckmäßig für den Kriegsdienst aus dem römischen Kriegswesen ausgeschieden und es ist begreiflich, wenn Vitruv hiernach gewisse alte Geschützarten, so die von Ktesibios (vgl. Mathematiker Philon. Belap. 78. 32) ersonnene überaus geistreiche Erfindung des Luftspanners, *ἀερότονος*, der auf der



mechanische System der Katapulte in Bezug auf deren einzelne Elemente wie ihre Größenverhältnisse dargelegt.

Verwendung des Luftdruckes zum Betriebe der Geschütze beruhte und in der Verbindung eherner Kolben zur Pression der Luft mit dem Schützwerk bestand, unerwähnt läßt. Ebenso dürfte es mindestens fraglich sein, ob unser Meister die ehemals von Philon (II. Jahrh. v. Chr.) konstruierten Verbesserungen der Geschütze, so den Keilspanner, σφηνοτόνος, und Erzspanner, χαλκοτόνος, welcher an Stelle der Spannerven mittels der Schnellkraft des Stahles entladen wurde und die antike Mitrailleuse, den Vielwerfer, πολυβόλος, (der einen Bündel Pfeile zugleich schleuderte), in der Praxis noch angewandt fand und deshalb deren Erwähnung unterließ.

Inbetriff der hierher gehörigen alten Literatur über Geschützwesen seien die Schriften von Philon (der Mathematiker), Ammian, Histor, Heron, χειροβαλλίστα, βολοποιία, Cicero Tusc. quaest. II. 24. Ovid Trist. I. 2. Valerius Maximus I. 1. Lucilius und Sisenna bei Nonius Marcellus, Julius Caesar de bello civili II. 23; Tacitus Hist. 3. 4. Seneca (epist), Apollodoros, πολιορκητικά (mit Ergänzungen des anonymen Mathematikers aus dem X. Jahrhundert unter Konstantinos), Porphyrogennetos, endlich die höchst wichtigen Aufschlüsse über das antike Kriegswesen von Flavius Vegetius Renatus, de re militari, hervorgehoben, welches Werk jedoch erst im vierten Jahrhundert n. Chr. entstand und aus diesem Grunde für das Geschützwesen vor Chr. (insbesondere die angeführten Feldgeschütze, carballistae und cheiromballistae) keine maßgebende Bedeutung besitzen kann.

Unter den späteren heben wir Histoire de Polybe par Folard, Memoire antiques et historiques par M. Guischard, T. IV, L'antiquité expliquée par Montfaucon, T. IV, Newton, Vit., Vol. II, Aug. Rode, Vit. II, 278f., Colonna Trajana et Columna Aurelia intagliata da P. Santi Bartolo, p. 170f., Potter, Griechische Archaeologie, Baumgärtner, Kriegsschriftsteller der Griechen, II. T., 109f., Memoire de l'académie royale de Berlin 1760, Ortiz, Vit., L. X, Guischard, Tom 4, hervor.

Von den neueren Forschern seien aus der großen Zahl der Archäologen, Rüter und Köchli, Geschichte des griechischen Kriegswesens, Aarau 1852, Franz Reber, Vit., Lib. X, f. angeführt, weiterhin die vorzüglichen Werke von Rudolf Schneider: •Geschütze auf antiken Reliefs, Herons Cheiromballista, Mitteilungen des K. D. Archäol. Instituts Rom 1905/6, Geschütze auf handschriftlichen Bildern Metz 1907, Anonymi de rebus bellicis liber. Berlin 1908, Griechische Poliorketiker. Mit handschriftlichen Bildern: I. Apollodoros Belagerungskunst. Uebersetzung mit Illustrat. II. Anweisungen zur Belagerungskunst eines Byzantiners. Berlin 1908, Pauly-Wissowas, Realenzyklopädie d. klassischen Altertumswissenschaft. Die antiken Geschütze der Saalburg. Berlin 1910. Artillerie des Mittelalters (Hebelgeschütze). Berlin 1910. Das römische Kriegswesen zu Cäsars Zeiten, machinae et tormenta zum Studium dringend zu empfehlen. An die reißen sich G. Scriba, Griechische und römische Geschütze, W. Barthel, Eine neue Geschützdarstellung, Arch. Inst., Rom 1900, ferner die Rekonstruktionen antiker Geschütze von Hauptmann Deimling 1865, jene von de Beffye unter Assistenz von Lindenschmitt (Mainz) im Museum St. Germain, Paris, welchen sich die vorzüglichen Rekonstruktionen von Artillerieoberst E. Schramm mit wissenschaftlichen Bemerkungen zu der Rekonstruktion griechisch-römischer Geschütze — lothringische Altertumskunde 1904, Band 16, 18 und 21 (1909) und Geschützpfäle in Haltern — Altertumskommission für Westfalen, Heft 4, Münster 1905, anschließen.



## KAPITEL XI.

### ÜBER DIE HERRICHTUNG DER BALISTEN.

1. Die maschinelle Einrichtung der Balisten, balistarum, zeigt eine formal verschiedene, in ihrer Struktur abweichende, doch in Bezug auf ihre zweckliche Bestimmung gleiche Anordnung. Je nach ihrer Konstruktion wird nämlich die Spannung jener Maschinen teils mit Hebeln und Haspeln, vectibus et suculis, einige mittels mehrzügiger Flaschenzügen<sup>1</sup>, polyspastis, andere durch Winden, ergatis, die übrigen mit Hülfe von Räderwerk, tympanorum ratione, betrieben<sup>2</sup>. Kein Balist wird jedoch angefertigt, dessen Formgebung nicht nach dem Verhältnis des Gewichtes des betreffenden Steines, welchen sein Geschütz<sup>3</sup>, organum, schleudern soll, berechnet ist. Die Entwicklung der struktiven Verhältnisse desselben ist deshalb nicht der Menge, sondern nur jenen geläufig, welche auf Grundlage geometrischer Wissenschaft deren technische Gestaltung sowie deren wechselnde Größenmaße zu entwickeln befähigt sind.

2. Bei den Balisten pflegt man nämlich die durch den Spannrahmen, capita, gebohrten Spannlöcher<sup>4</sup>, foramina, durch welche die aus Haaren, und zwar vornehmlich aus Weiberhaaren oder Tiersehnen gedrehten Stränge, funes, gespannt werden, in gleicher Weise nach dem Verhältnis der Gewichtsmasse des Steines, den das Geschöß entsenden soll, anzuordnen, wie solches bei den Katapulten in Bezug auf die Länge der als Wurf-

<sup>1</sup> polyspastos trochlea, mehrzügiger (Ch. combinaison de moufles, komplizierter) Flaschenzug (πολύπαστος, mit mehreren Kloben versehen).

<sup>2</sup> torquere, aufdrehen, spannen.

<sup>3</sup> organum, Maschine, Geschütz (Ch. instrument).

<sup>4</sup> foramina, Spannlöcher (Ch. trous, Oehren) zur Aufnahme der funes, gedrehten Stränge aus Frauenhaar oder Darmsaiten gefertigt.



geschoß dienenden Pfeile die Regel ist. Ich beabsichtige aus diesem Grunde das, was ich nach eigener Ausführung selbst als richtig erkannte, und mir schon ehemals von meinen Lehrern als praktisch bewährt überliefert wurde, darzulegen, damit denjenigen, welche in der Rechenkunst nicht bewandert sind die nötigen Anhaltspunkte geboten seien, und diese bei eintretender Kriegsgefahr nicht durch Grübeleien aufgehalten werden; da ferner in den Schriften jene Gegenstände nach dem griechischen Gewichte, wie Maßverhältnisse<sup>1</sup>, *pensiones*, angegeben sind, so habe ich diese zum allgemeinen Verständnisse in die bei uns üblichen Gewichtseinheit, *pondus*, übertragen.

3. Soll hiernach ein Balist hergerichtet werden, der einen zwei Pfund schweren Stein zu schleudern<sup>2</sup> imstande ist, so muß das Spannloch im oberen Spannrahmen, *capitulum*, fünf Zoll<sup>3</sup> Durchmesser erhalten, bei vierpfündigem Stein sei das Loch sechs Zoll, bei achtpfündigem sieben ::, bei zehnpfündigem acht Zoll ::, bei einem Stein von 20 Pfund 10 Zoll ::, bei 40 pfündigem 12 Zoll SK. bei 60 pfündigem 13 1/2 Zoll ::, bei einem Steine von 80 Pfund 15 Zoll ::, bei einem 120 pfündigen Steine (1 Fuß 3 1/2 Zoll) 1 S + 1 1/2 :: Zoll, wenn 160 Pfund schwer 2 Fuß ::, wenn 180 Pfund schwer zwei Fuß fünf Zoll, wenn 200 Pfund zwei Fuß sechs Zoll, bei einem Gewichte von 210 Pfund<sup>4</sup> zwei Fuß sieben Zoll ::, und endlich bei 250 Pfund (zwei Fuß neun Zoll) X I S Fuß betragen.

4. Hat man die Größe des Loches für das Wurfgeschoß festgesetzt, so verzeichne man an dem Querstück ein längliches Schild<sup>5</sup>, *scutula*, welches auf griechisch *peritretos* (das ringsdurchbohrte) benannt wird, das in der Länge 2 1/2 I I F Z, in der Breite 2 1/2 Spannlochdurchmesser mißt. Dieses Schild werde in der Mitte durch eine Linie abgeteilt und nehme man nach der Teilung von der äußeren Umrahmung des Schildes nach den Ecken hin so viel weg, daß diese eine geschweifte Form<sup>6</sup>, *obliqua deformatio*, annimmt, deren Langseite nach der Einbiegung, *versura*, zu um 1/6, an ihrer Breitseite um 1/4 eingezogen erscheint.

<sup>1</sup> *pensio*, Abwägung, Gewichtsverhältnis (Ch. *pesées*), *pondus* (Ch. *poids*), Gewichtseinheit.

<sup>2</sup> mittlere, werfen, schleudern (Ch. *lancer*, abschließen).

<sup>3</sup> *digitus*, Zoll (Ch. *pouce*) = annähernd 2,5 Centimeter.

<sup>4</sup> Reber schreibt ohne besondere Begründung hier 240 pfündig, ebenso Choisy am Ende 360 Pfund, während sich doch in allen älteren Editionen, so auch *Barbarus* X. 365, 250 (CCL) Pfund vorfindet.

<sup>5</sup> *scutula*, Schild (Ch. *bouclier*), *περίτρητος*, das rings durchbohrte.

<sup>6</sup> *obliqua deformatio*, abgeschrägte, geschweifte Form (Ch. *biaise conformation*, schräge Gestalt).



Nach der Richtung ihrer Einkrümmung hin, woselbst einesteils die Spitzen des Schildes auslaufen, und andernteils die Einbiegung sich wieder der Umfassungslinie zuwendet, sei jedoch erstere um  $\frac{1}{6}$  Teil der Langseite eingezogen. Das elliptisch gestaltete Bohrloch soll aber um so viel mehr in der Länge als Breite messen als die Stärke des metallenen innern Verschlusses<sup>1</sup>, epizygis, beträgt. Ist das Loch gebohrt, so schleife man dasselbe rings im Umkreise peinlich ab, damit es äußerlich allseit eine fein abgeglättete Kurve :: zeige. Der Durchmesser dieses Loches möge (1) S Γ Lochstärken umfassen.

5. Die Kolben (Spannköpfe) modioli<sup>2</sup>; welche jenes Loch außen verkeilen, seien ( $7\frac{1}{2}$ ) I I : — breit, und sollen in der Dicke mit Ausschluß ihres in das Bohrloch eingreifenden Stückes ( $\frac{3}{4}$ ) I S 9 :: Spannllochdurchmesser besitzen, an ihren Enden jedoch ( $\frac{1}{2}$ ) I Γ Lochbreite messen. Die Länge der pilasterartigen Rahmenstücke, parastatarum<sup>3</sup> (neben der scutula) betrage ( $5\frac{3}{6}$ ) V S Γ, ihre Einbiegung, curvatura, zur Aufnahme des Loches eine halbe, die Dicke ( $\frac{8}{10}$ ) U + LX Lochbreiten. Hierbei werde ihrer mittleren Breite soviel an Stärke zugefügt, als unten in der Beschreibung angegeben ist, nämlich in Richtung auf die Länge wie Dicke 5, nach der Höhe 4 Lochdurchmesser.

6. Die Leisten, regulae, der die auf dem Tische, mensa (d. h. flachen Untergerüst), unterhalb angefügt sind, mögen eine Länge von acht Lochdurchmessern, eine Breite wie Dicke von  $\frac{1}{2}$  erhalten. Die Zapfen daran, cardines, seien (1) H Z :: Lochstärken lang, und ( $\frac{1}{2}$ ) I 99 :: stark, die schiefe Stellung der Leisten soll Γ 5 K betragen. Die Länge der oberen Leisten erhalte die nämliche Breite und Dicke der untern, während ihre Länge nach der Größe der Steigung, versura, der Maschine und nach dem Verhältnis der Höhe der Rahmenstücke zu ihrer eigenen schiefen Lage, K. (curvatura) zu berechnen ist. Die oben (am Spannrahmen) angebrachten Leisten (regulae, superiores) mögen an Ausdehnung den untern K. gleichkommen. Auf die Querbänder<sup>4</sup>, transversarii, die auf dem

<sup>1</sup> epizygis, ἐπιζυγίς, Verschluß, Bolzen (Ch. joug, Joch), ein nicht fest bestimmbares Glied der Maschine, wohl der Metalleinsatz des Bohrloches.

<sup>2</sup> modiolus, Kolben zur Verkeilung der Stränge in den Bohrlöchern, nach Reber Spannköpfe, Rode Gehäuse, Choisy petit baisseaux, kleine Klöppel.

<sup>3</sup> parastata, die aufrechten Rahmenstücke (Ch. pieds droits, Wandpfeiler) neben dem sog Schild, scutula. Die curvatura bezeichnet hier den nach innen eingebogenen Umriss des Schildes (Ch. échaincrure, Ausschweifung), woselbst die foramina eingelassen wurden.

<sup>4</sup> regula (Ch. madrier, Bohlen), dicke Brettchen zur Verstärkung des, mensa, stabilen Untergerüsts (Ch. übersetzt mit dem ungenauen table, Tisch), an dessen unterer wie oberer Seite die regulae angeheftet und mittels der, cardines, ehernen Zapfen, befestigt und angeschraubt wurden. Die curvatura der regulae dürfte tech-



flachen Untergestelle des Untergerüstes, mensa, eingezogen sind seien ( $\frac{1}{4}$ )  $\ddot{\text{u}}$  U K Durchmesser angerechnet.

7. Die Länge der Leiterbalken, scapi climacidos<sup>1</sup> (Lafette) betrage 13  $\ddot{\text{u}}$ , deren Dicke ( $\frac{1}{4}$ ) 3 K, der Abstand der beiden Schäfte messe  $\frac{1}{4}$   $\ddot{\text{u}}$ , die Einkerbung  $\frac{1}{8}$  K, ihr oberer an die Bogenarme sich anschließender Teil, welcher auf dem unteren Spanngerüste ruht, werde der ganzen Länge nach in fünf Teile abgeteilt, von welchen zwei jenem Gliede, membro<sup>2</sup>, zufallen, das die Griechen Chelen, Krebsschere benennen, dessen Breite ( $1\frac{1}{4}$ )  $\Gamma$ , die Dicke 9  $\ddot{\text{u}}$ , die Länge ( $11\frac{1}{2}$ ) IIII +  $\frac{1}{3}$  K Lochbreiten mißt; sein über die Verspannung<sup>3</sup> (extantia), hervorragendes Stück betrage ( $\frac{1}{2}$ ) S, der Zwischenspanner<sup>4</sup>, pterygomata, (Zapfenlager für den Drücker) erhalte ( $\frac{1}{4}$ )  $\xi$  +  $\frac{1}{4}$  Lochbreite, der Teil der Lafette hingegen, welcher nächst der Welle<sup>5</sup>, axon, (des Spannapparates) sich befindet und das vordere Querstück, frons transversarius, benannt wird, sei 3  $\ddot{\text{u}}$  Lochbreiten lang.

8. Die Stärke der Zwischenspannen, regulae interiores<sup>6</sup> (Querleisten), messe in der Breite ( $\frac{5}{6}$ )  $\Gamma$ , in der Dicke ( $\frac{3}{16}$ )  $\xi$  K Durchmesser. Der äußere Rahmen<sup>7</sup> der Schere (Läufers), replum chelonis, der zugleich als Verkleidung operimentum, dient, sei durch einen Schwalbenschwanz mit letztern verklammert. Die Breite des Rahmens der Lafette, scapi climacidos, zeige ( $\frac{3}{16}$ ) Z 5, dessen Dicke ( $\frac{1}{12}$ ) XIIK Lochbreiten. Die Stärke des

nisch am zwecklichsten mit schiefe Stellung verdeutscht werden, indem man hierbei die Leisten zugleich mit der aus einzelnen Tafeln bestehenden Platte des Untergerüstes zusammen vernuten konnte. Nach der Ausdehnung jener Platten in Verbindung mit deren Aufsatz, parastata, mußte sich naturgemäß die Länge der regulae richten.

<sup>1</sup> climax,  $\chi\lambda\iota\mu\alpha\chi\iota\varsigma$ , Leiter, Lafette, climacidos scapi, Leiterbalken, Rahmen der Lafette (Ch. limons de l'échelle, Ständer der Leiter). Die aus massiven Balken konstruierte Lafette hatte stets eine geneigte Lage, welche nach der untern Seite auf die Mensa aufgesetzt war, während der obere Teil, an welchem der eigentliche Schußapparat angebracht war, durch feste Verstrebungen zugleich mit dem Untergerüste in unverrückbarer Verbindung stand.

<sup>2</sup> membrum (Ch. membre), Glied, oberer Teil der Lafette, auch  $\chi\eta\lambda\eta$ , Krebsschere benannt.

<sup>3</sup> extantia, überragend (Ch. portée de la griffe, Entfernung von der Klaue).

<sup>4</sup> pterigomatus, verspannt,  $\pi\tau\epsilon\rho\gamma\acute{\omega}\mu\alpha$ , Verspannung der Flügel, Arme der Lafette (Ch. schreibt pleutigonatos de la queue, Verspannung des Hinterteils).

<sup>5</sup> axon,  $\acute{\alpha}\xi\omega\nu$ , Achse, Welle des Haspels oder sonstigen Spannapparates (Ch. arbre du treuil, Stamm des Wellbaumes).

<sup>6</sup> regula interior, Spanne zwischen den Ständern der Lafette (Ch. bâtons intérieurs, innere Stäbe), Querleisten.

<sup>7</sup> replum, der äußere Rahmen (Ch. fourrure, Mantel), der zugleich den, operimentum (Ch. recouvrement, Umkleidung), Abschluß, Verkleidung der Schere, chelonium, erfüllte.



viereckigen Holzstückes<sup>1</sup>, repli quadrati, das mit der Lafette vereint ist, besitze ( $\frac{1}{4}$ ) F 5, an den Enden K Lochbreiten, während der Durchmesser der runden innern Haspelwelle, axis, durchgehend der Größe der Schere, cheles, entsprechen soll; nur an den Zapfenschlüsseln, claviculae<sup>2</sup>, sei derselbe um ( $\frac{1}{16}$ ) S —  $\frac{1}{16}$  K verschmälert.

9. Auf die Länge der Streben<sup>3</sup>, anterides (Ständer des Untersatzes), rechne man (3) F III 9, deren untere Dicke ( $\frac{1}{2}$ ) Γ ::, die obere ( $\frac{3}{16}$ ) ZK Lochdurchmesser an. Das Fußgestell, basis<sup>4</sup>, das auf griechisch, eschara, der Rost heißt, sei (8) ::, die Gegenstreben, antibasis, 4 ::, deren beiderseitige Breite wie Dicke 1 :: Durchmesser stark, und seien letztere in der halben Höhe zusammen verbunden. Die Breite und Dicke des Mittelständers (an welchen erstere sich anlehnen) bezieht sich auf ( $\frac{1}{2}$ ) I S Lochbreiten, wogegen dessen Höhe sich nicht nach der Ausdehnung des Spannlochdurchmessers richtet, sondern der zur Benutzung des Geschützes erforderlichen Stärke angemessen durchgebildet wird. Die Länge eines Bogenarmes<sup>5</sup>, brachia, betrage VI ::, dessen Stärke in der Mitte, radice, ( $\frac{5}{8}$ ), an den Spitzen ( $\frac{1}{2}$ ) F Lochbreiten.

<sup>1</sup> replum quadratum, das quadrate Holzwerk (Ch. châssis, Umrahmung), das die Lafette äußerlich verstrebt und verstärkte.

<sup>2</sup> clavicula, die in die Schlüssel der Schere eingreifenden Zapfen der, axis, Haspelwelle (Ch. griffe, Krallen).

<sup>3</sup> anteris, ἀντρίδες, Streben (Ch. Contre-fiche, Strebepflock) zur Verstärkung der, columnae, Mittelständer (Ch. colonne, Stütze).

<sup>4</sup> basis, eschara, ἑσcharα, Fußgestell, Rost (Ch. appoui), Stützwerk der Maschine, dessen Gestell auf geraden Ständern, columnae (Ch. colonne, Säulchen), ruhte, welche gegen die Mitte durch, antibasis, Gegenstreben (Ch. béquille, Krücken) ihre Stabilität erhielten. Die Stärke dieses ganzen Untersatzes wurde nach der allgemeinen Disposition wie nötigen Kraftentfaltung des Geschützes, nicht nach mechanischen Regeln durchgebildet.

<sup>5</sup> brachium (Ch. bras), Bogenarm. Ob bei den gewaltigen balistenartigen Geschossen, welche Steine von mehreren Zentnern eine geräumige Strecke weit schleuderten, ein zweiarmiger Bogen, wie dies bei den Pfeilgeschützen (Katapulten und Skorpionen) wirklich der Fall war, die Funktion als Abschneller der Steine unmittelbar erfüllte, bleibt sehr fraglich. Ein überstarker Bogenarm ließ sich füglich nicht genügend zusammenbiegen und überdies waren auch die kompliziertesten nervi schwerlich imstande, eine Kraftwirkung zu entfalten, welche ein Gewicht von einigen Zentnern mit der nötigen Vehemenz eine große Strecke weit ohne sonstige machinelle Beigabe zu werfen vermochte.

Es will uns dünken, daß Vitruv in den zuletzt beschriebenen Balisten mindestens teilweise durch Torsion betriebene Maschinen erblickte. Denn die Anführung der (neben den allgemein üblichen Haspeln und Winden) zum Betrieb der Maschinen verwendeten Flaschenzüge läßt eine besondere Art der Spannung voraussetzen, die zur Entfaltung der Schnellkraft der Tiersehnen (ohne die ausschließliche Mitwirkung der Elastizität der Bogenarme) jene Kraftmittel zu entwickeln imstande war, welche die Macht der Torsion zur Bewältigung der Schwergewichte erhöhte. Das von dem Autor beschriebene Untergestell des Geschützes diente zur Stütze



Die mir für den praktischen Gebrauch am zweckdienlichsten dünkenden allgemeinen Maßverhältnisse der Balisten und Katapulten habe ich somit dargelegt. Ich will nun nicht unterlassen zu erläutern wie diese Maschinen mittels einer Verspannung, contentio, von Stricken, die aus Tiersehnen oder Frauenhaaren gewunden sind, vorteilhaft montiert werden, temperentur, soweit dieses sich überhaupt schriftlich erklären läßt.

der horizontalen Unterlage, mensa, desselben, während über letzterem die Lafette, climax, in schräger Lage sich erhob, an deren oberem Teile der Spannrahmen, caput, mit Nervenbüschel, an dem unteren Ende die Welle, axon, zur Aufnahme der Spannseile (die mit dem Flaschenzug in Verbindung standen) sich befand. Sämtliche Elemente zeigten hierbei jeweilig eine so gediegene, jede Maßgrenze ausschließende Struktur, daß die Kraftwirkung der Maschine hiernach mit Beihülfe der nötigen maschinellen Kombination zu gewaltigen Leistungen potenziert werden konnte. Als annähernde indirekte Vorstellung einer primitiven Riesenschleuder möge die Rekonstruktion des Einarm, onager, von E. Schramm (vgl. R. Schneider, Die antiken Geschütze der Saalburg, p. 29) hervorgehoben werden. Nach unserer langbedachten Prüfung kann nach alledem gerade die Wiederherstellung der gewaltigen Geschützarten bei den so vielen Unklarheiten im besten Falle nur als das geniale Produkt individueller Phantasie sich darstellen, weshalb wir als Laien auf dem Gebiete der Artillerietechnik auch hier jeglichen Restaurationsversuch unterließen.



## KAPITEL XII.

### ÜBER DIE ART DER BESPANNUNG DER GESCHÜTZE (KATAPULTEN SOWIE BALISTEN) IN GRÖßEREM MASSSTABE.

1. Man breitet (nebeneinander zwei) Zimmerbalken<sup>1</sup>, tigna, von sehr beträchtlicher Länge hin, an deren oberen Seiten man Zapfenlager, chelonia, anbringt, in welche Haspeln, sulae, eingesetzt werden. Gegen die Mitte jener Balken werden Vertiefungen vorgerissen und ausgestemmt, in deren Ausschnitte die oberen Spannrahmen, capitula, der Katapulte, catapultorum, eingepaßt und durch kleine Eisenkeile<sup>2</sup>, cunei, fest voneinander abgetrennt werden, damit sie bei Anspannung<sup>3</sup>, contentio, des Geschosses sich nicht zu verrücken vermögen. Hierauf läßt man bronzene Gehäuse<sup>4</sup>, modioli aerei, in jenes Spannrahmenwerk (zur Aufnahme der Gewinde) ein, in welche man eiserne Keile<sup>5</sup>, cuneoli ferrei, die die Griechen, epizygides, Riegel, heißen, zum nötigen Halte einfügt.

2. Alsdann steckt man die Enden der Spannstricke, ansae rudentum<sup>6</sup>, durch die besagten Oeffnungen des Hauptrahmens, zieht sie nach der andern Seite hindurch, führt sie bis zum Haspel und schlingt sie dergestalt um dessen Welle, sula, daß, nachdem die Seile durch die Hebel angezogen wurden, diese bei Antasten mit den Händen beiderseits den gleichen Ton von sich geben. Ist dies beendet, so werden Bolzen<sup>7</sup>, cunei, in die Spannrahmen eingesteckt, damit die in diesen eingreifenden Stränge sich nicht wieder zu lockern vermögen. Hat man dann die

<sup>1</sup> tignum, kantig gezimmerte Balken (Ch. pièces de bois, Holzstücke).

<sup>2</sup> cunei, Keile, hier füglich aus Eisen gefertigt (Ch. cales, Keile).

<sup>3</sup> contentio, Anspannung der nervi des Geschützes (Ch. tension, Spannung).

<sup>4</sup> modioli aerei, erzene Gehäuse (Ch. petits boisseaux d'airain, kleine bronzene Kissen), damit das Holzwerk an den, foramina, Bohrlöchern, nicht durch die Macht der Spannung zerspringe, welche mittels eiserner Keilchen<sup>5</sup>, cuneoli ferrei (Ch. petits coins, Zwickel), die auf griechisch ἐπιζυγίδας (von ἐπιζύγω, verriegeln), Riegel (Ch. jous, sommiers, Joch, Unterlage) heißen, verstärkt wurden.

<sup>6</sup> ansae rudentum, Ende der Spannseile (Ch. têtes des cordes, Köpfe der Stricke), welche bei kleineren Geschützen aus mäßig dicken fest gedrehten Haaren oder Sehnen bestanden und wohl auch dann allein einen musikalisch bestimm-  
baren Ton von sich geben konnten.

<sup>7</sup> cunei, Bolzen zur Verkeilung der Stricke (nach Ch. coins, Winkel nach Perrault chevilles, Pflöckchen).



Stricke ebenso durch die anderseitigen Oeffnungen<sup>1</sup> des Kapitells geschlungen, so zieht man diese auf die nämliche Weise mit Hülfe der Hebel so straff an, bis sie beiderseits denselben Ton<sup>2</sup> abgeben. Auf

<sup>1</sup> *cunei trajecti in alteram partem* ist bei einem Bogen nicht völlig erklärbar, da solches eine doppelte Durchschlingung nebst doppelter Spannung von nervi nebeneinander voraussetzen müßte. Ch. «repassées à l'autre extrémité du bâti», «nochmals von der andern äußeren Seite durch den Rahmen geschlungen», kann ebenfalls nur als doppelte Seilspannung nebeneinander ausgelegt werden. Perrault X. 339. 3 hält daher wohl mit Recht die ganze Stelle für unvollkommen und glaubt noch «concluduntur brachia catapultorum» ergänzen zu müssen, da nämlich «ne pouvant trouver dans le texte quelle est la chose qui est arrêtée et affermie» die Angabe des angespannten Teiles fehlt, «quoiqu'il n'y ait point de doute que ce sont les bras de la Catapulte», die nur als die Geschützarme ausgelegt werden dürften, welche Anschauung bei Annahme einfacher Bogenarme der Wahrheit entsprechen könnte, doch den Nachsatz «trajecti rudentes in alteram partem» undefiniert läßt. Die Unklarheit dürfte höchstens in der Weise eine Lösung finden, daß man die Seile beiderseits nur durch je eine Seite des Kapitellaufsatzes geschlungen denkt, welche dann jeweils für sich angezogen und in die Cunei eingefügt, die Verspannung des Lafettengerüsts, climacis, bildeten und in Verbindung mit der Spannung des Bogens oder auch durch die Schnellkraft der Nervenbündel allein die Kraftwirkung des Geschützes entfalteten. Im letzten Falle wäre dann das Geschütz durch die Macht der Torsion (sei es mit 1 Nervenbündel und 1 Arm oder 2 Nervenbündeln und 2 Armen) getrieben worden.

<sup>2</sup> Was die musikalische Stimmung der Seile betrifft, so konnte diese wohl bei schmäleren Haar- oder Sehnengewinden leicht geprüft werden, doch setzt schon Perrault in Zweifel, daß dickere Stricke genau, dem menschlichen Gehöre vernehmbare Töne bei der Berührung hervorzubringen vermögen. Hiergegen deutet Newton, Vit., Vol. II. 266, die Lösung in dem Sinne, «that it was not the whole complication of twisted cords, that yielded the sound; where as it was each separate cord of which that complication consisted», daß man sonach bei der Tonprobe nicht den ganzen Strang, sondern nur eine einzige separiert angefügte Sehne zur Probe zu berühren pflegte, ein Vorgang, der auch bei stärkeren tonlosen Seilen durchführbar war und zu gewünschten Resultaten führen mochte.

Wenn hier füglich ein Rückschluß über das von Vitruv geschilderte antike Geschützwesen geboten erscheint, so bitte ich meine hierbezüglichen Anschauungen als Ergebnis eines Laien in dem besagten Gebiete erachten zu wollen. Ziehen wir die Erläuterungen unseres Autors mit Betrachtung der älteren militärischen Schriftsteller (insbes. Philon und Heron) in Erwägung, so werden wir erkennen, daß in der geschichtlichen Entwicklung der alten Artillerie zwei historische Momente hauptsächlich auf deren technisch-mechanische Entfaltung einwirkten. Diese fußten aber einesteils auf der Bestimmung der Maschinengeschütze als Objekte, welche der Belagerung scil. Verteidigung zu dienen, andernteils in der offenen Schlacht als Feldartillerie zur Verwendung zu kommen, geschaffen wurden. So weit wir nun aus den lückenhaften Berichten der älteren griechischen Autoren ein Urteil über die Art der Geschütze bilden können, so trat nach der primitiven Schleuder, Bogen und Wurfspeer, in der Zeit das größere, stabile Geschütz als Schießwaffe anfänglich nur mehr als Beigabe der Belagerungsmaschinen in Aktion, wogegen die Verteidiger neben den Hilfsmitteln der List und materiellen Gewalt vorzüglich die bogenartigen Geschütze mit «Brandpfeil» zum Vernichtungswerk der feindlichen Angriffe verwendeten.

Indem aber der Zweck der Belagerungsmaschinen in dem raschen Aufbau eines beweglichen Turmes mit Schildkröte und Mauerbrecher gipfelt, der vornehmlich zur Durchführung einer Bresche, insbesondere Zertrümmerung der Zinnen der



solchem Wege werden die Katapulte durch die Spannung und Verkeilungen der Sehnen nach der Empfindung des musikalischen Gehörs in besonderen Tonarten abgestimmt.

Soweit meine Einsicht reichte, habe ich über die fraglichen Gegenstände mich ausgesprochen, ich erachte es nun als meine weitere Pflicht, über die bei einer Belagerung verwendeten Maschinerien, welche in analoger Weise den Feldherrn zum Siege wie den Städten zu ihrer Verteidigung dienen, mich zu verbreiten.

---

feindlichen Bastion hergerichtet war, in deren Folge eine Invasion in die feindliche Stadt mittels Sturmleitern und Fallbrücken ermöglicht wurde, so war eine schnelle, aus bereits vorgerichtetem Materiale gefertigte Herstellung eines hohen, geräumigen und fahrbaren Baues vor allem geboten, dessen technische Struktur genügende Trag- und Widerstandsfähigkeit zum Betriebe der Widder und Wurfgeschosse besaß, während seine Außenfronten durch Dielen und rohe Felle den feindlichen Geschossen den nötigen Widerstand leisteten. Nicht die Massenwirkung der Geschosse, sondern die tunlichst gewichtige Steinkugel und der mächtige Sturmbock als Mauerbrecher bildeten bei dem Entscheidungskampfe einer Belagerung lange den maßgebenden Faktor, so daß (analog der Bombe des späteren Mittelalters) der möglichsten Wucht der Geschütze die bedeutsamste Aufgabe in der älteren Artillerie zufiel. Erst in zweiter Linie, so zur Abwehr wie Deckung der Stürmenden, der Verteidigung eines Passes wie sonstiger ähnlicher militärischer Operationen wurden die leichteren Pfeil- und Wurfgeschütze in Gestalt der schwächeren Katapulte, Balisten und Skorpionen, verwendet, gleichwie die übrigen mehr mobilen Geschützarten so das Bauchgewehr, gastrophetes, als vervollkommnete Armbrust, der Luftspanner, aerotomon, der Keil-, Erzspanner, chalkatonon, der Mehrlader, polybolon (als Pendant der neuen Mitrailleuse) und das spätere, viel entscheidende Armgewehr, cheiroballista, nur mehr in zweiter Linie in das Gefecht um die Okkupation einer Feste eingriffen.

Die Riesenschleuder blieb somit so lange das dominierende Element der Artillerie bis mit der Periode der Konsolidierung kulturfähiger Reiche, im Vordergrund dem Beginne der Weltherrschaft Roms, eine vervollkommnete Strategie und durch diese ein allseits geordneter Militärstand mit geregelter Kriegsführung und der nötigen Organisation wie Disziplin der Streitkräfte das ältere Volksmassenaufgebot verdrängte und bei den vorher genau berechneten Heerzügen der Völkergruppen eine organisierte Feldartillerie ins Leben rief.

Mit dieser Epoche fand zugleich eine fundamentale Umschwung der Wirkung, Verwendung und Gestalt der Geschütze in der Kriegsführung statt, indem man künftig in der tunlichst leichten Bewegung und Hantierung der Schußwaffen und Belagerungsmaschinen verbunden mit der Massenwirkung der Geschütze den erfolgreichsten Moment der militärischen Aktion wie der Entscheid der Schlachten erstrebte. Da die eingehende Erklärung der seit dieser Zeitspanne sich entwickelnden, die Schlachtreihen beherrschenden Feldartillerie, deren formenreiche Geschützgattungen das weströmische Reich überdauerten und erst in der späteren byzantinischen Herrschaft dem weit unvollkommeneren (im Mittelalter noch gebräuchlichen) Hebelgeschütze wichen, den Rahmen der Vitruvschen Literatur überschreitet, müssen wir deren weitere Erläuterung hier unterlassen und erlauben uns zu ihrem eingehenderen Studium auf die angeführten älteren Werke, wie nochmals insbesondere auf die Schriften von R. Schneider und E. Schramm zu verweisen.

---



### KAPITEL XIII.

#### ÜBER DIE ZUR BELAGERUNG VERWENDETEN MASCHINEN.

1. Als älteste Maschine zur Bestürmung<sup>1</sup>, oppugnatio, der Städte soll der Widder<sup>2</sup>, aries (Mauerbrecher), auf folgende Weise erfunden worden sein. Zur Belagerung der Feste von Gades schlugen die Karthager ein Lager auf, und versuchten, nachdem sie eines seiner Vorwerke<sup>3</sup>, castella, eingenommen hatten, dieses zu schleifen<sup>4</sup>, demolire. Da ihnen jedoch nicht das nötige Eisenwerkzeug zu seiner Niederlegung zu Gebote stand, so schafften sie einen Balken zur Stelle und indem sie diesen, mit den Händen emporhielten und andauernd dessen Spitze gegen die höchsten Mauerteile stießen, so warfen sie die obersten Steinschichten herab, und lösten so allmählich der Reihe nach alle Steinlager<sup>5</sup> des ganzen Bollwerkes<sup>6</sup> von ihrem Verbande los.

2. Ein gewisser tyrischer Ingenieur<sup>7</sup>, faber, mit Namen Pephasmenos, ließ hierauf, das besagte Verfahren und das System der Erfindung<sup>8</sup> weiter verfolgend, einen Mastbaum, malum, errichten, an dessen Stamm er einen weiteren in der Quere, gleich einem Wagebalken, trutina, schwebend aufhing, und indem man den letzteren hin und her schwang<sup>9</sup>, brachte

<sup>1</sup> oppugnatio, πολιορκία, τειχομαχία, Belagerung, Bestürmung (Ch. siège).

<sup>2</sup> aries (von ἄρις) Bohrer, κριός, Widder, Mauerbrecher (Ch. bélier).

<sup>3</sup> castellum, Vorwerk (Ch. fort).

<sup>4</sup> demolire, schleifen, niederreißen.

<sup>5</sup> ordo, Stein-, Mauerlager.

<sup>6</sup> communitio, Befestigung, Bollwerk (Ch. fortification, Befestigung).

<sup>7</sup> faber, Ingenieur.

<sup>8</sup> inventio, Idee, System der Erfindung.

<sup>9</sup> reducendo et impellendo, durch Zurückziehen in Bewegung nach vorwärts versetzen (Ch. par rappels et impulsion, zurückziehen und fahren lassen). Die hier von Vitruv angeführte Erfindung der Widdermaschine darf füglich nur als bildliche Uebertragung ihrer Entstehung erachtet werden.



derselbe durch seinen gewaltigen Anprall das Mauerwerk der Gaditaner zu Fall. Der Chalcedonier Cetras fertigte hingegen als erster (Schöpfer eines ordnungsmäßigen Widders) aus Holz ein Untergerüst<sup>1</sup>, basis, das auf Rädern, rotis, ruhte und stellte mittels grader Ständer<sup>2</sup> und Querbalken eine unter sich verstreute Deckenstruktur<sup>3</sup>, vara, her, in welche er den Widder einhing, umhüllte deren Dachraum sodann äußerlich mit einer Schutzdecke aus Rindshäuten, damit den Leuten, welche innerhalb derselben zum Sturme gegen die Feste beordert waren, mehr Schutz gewährt sei. Weil dieser anfängliche Versuch<sup>4</sup>, conatus, nur sehr langsam sich betätigte, so gab er ihr den Namen Widderschildkröte<sup>5</sup>, testudo arietaria.

3. Nachdem man auf diese Weise die ersten Proben jener Maschinengattung gefertigt hatte, stellte darauf, in der Zeit, da Philippos, der Sohn des Amyntas, Byzanz belagerte, Polyeydos aus Thessalien ihre Maschinerie in verschiedenen sowie leichter handlichen Formen her; nach deren Vorbildern Diades sowie Chereas, die unter Alexander Kriegsdienste<sup>6</sup> leisteten, ihre Kenntnisse im Geschützwesen erlernten. In dieser Beziehung gibt uns auch Diades in seinen militärischen Schriften kund, daß er die von der Stelle weiterschiebbaren Türme<sup>7</sup>, turres ambulatoriae, welche er in ihre Teile zerlegt, dissolutae, im Kriegsheere mitzuführen pflegte, durchgebildet, überdies den Mauerbohrer<sup>8</sup>, terebra, sowie die Steigmaschine<sup>9</sup>, machinam aescendentem (mit Fallbrücke, pons versatilis), über welche man graden Weges die feindliche Mauer erklimmen kann und endlich den Raben<sup>10</sup>, der als Mauerbrecher benutzt wurde, corvum

<sup>1</sup> basis, Untergerüst, -gestell (Ch. plate-forme, flaches Gerüst).

<sup>2</sup> arrectaria et juga, aufrechte Ständer und Querbänder als Stützen und Verstrebung der <sup>3</sup>, vara, einer aus unter sich verbundenen Balken bestehende Balken-, Deckenstruktur (Ch. assemblage de beffrois, zusammengesetzter Dachstuhl), die mit frischen Rindshäuten überdeckt wurde und als Träger wie Schutz des Sturmbockes diente.

<sup>4</sup> conatus, erster Versuch, Probe (Ch. engin, Geräte).

<sup>5</sup> testudo arietaria, Widderschildkröte, κριοχελώνη (Ch. Tortue bélière) die wegen der erfordernten starken Balkenstruktur stets schwerfällig erschien.

<sup>6</sup> militare, Kriegsdienst leisten.

<sup>7</sup> turris ambulatoria, πύργος, der bewegliche auch zerlegbare Belagerungsturm (Ch. tours roulantes, auf Rollen bewegliche, fahrbare Türme).

<sup>8</sup> terebra, τρύπανα, Mauerbohrer Ch. tarrière, Erdbohrer), nach Apollodor (R. Schneider) ein spitzes durch Schnüre bewegliches Instrument, das Löcher in die Mauer bohrte, in welche man Keile und später Feuerbrände einzufügen pflegte.

<sup>9</sup> ascensus, machina ascendibilis (Ch. machine d'ascension) Steigmaschine, nach Apol. eine Kombination feststehender Leitern, auf welchen man unmittelbar oder über einer oben künstlich hergerichteten, pons versatilis, ἐπιβάθρα, σαμβόκη, Fallbrücke, die feindliche Mauer zu ersteigen strebte.

<sup>10</sup> corvus, κόραξ, demolitor, Rabe als Mauerbrecher (Ch. corbeau) auch grus, γέρανος, Kranich (Ch. grue) benannt, eine heute nicht mehr erklärbare Maschinerie,



demolitozem, welchen viele auch den Kranich, gruem, heißen, erfunden habe.

4. Ueberdies bediente sich derselbe zu Belagerungszwecken des auf Rädern ruhenden Sturmbockes<sup>1</sup>, aries subrotatus, über dessen Herstellung er eine Abhandlung hinterließ. Nach Angabe dieses (im Artilleriewesen Bewanderten) muß aber ein Belagerungsturm<sup>2</sup>, turris, zum mindesten in der Höhe 60, in der Tiefe und der Breite 17 Ellen<sup>3</sup>, cubitus, erreichen, und soll sich bis zum Plateau um  $\frac{1}{5}$  seiner untern Fläche verjüngen, wobei man den unteren Ständern an der Turmstruktur durchgehend  $\frac{3}{4}$ , den obersten  $\frac{1}{2}$  Fuß im seitlichen Querschnitte zuteilte. Laut der Vorschrift des Autors wurde ein solcher Turm in zehn Geschosse, tabulae, abgeteilt und war in den einzelnen mit Lichtöffnungen versehen. Taf. 68, Fig. 1 A.

5. Ein noch mächtiger angelegter Turm<sup>4</sup> soll hiergegen 120 Ellen in

die wie alle angeführten bei einem Feldzuge in den Hauptteilen fertig montiert auf Wagen von dem Train der Ingenieure mitgeführt wurde. Taf. 68, Fig. I. II.

<sup>1</sup> aries subrotatus (Ch. bélier monté), die über Räder errichteten Widdermaschine, eine Konstruktionsweise, welche nach Apollodors Ausführungen später bei allen, selbst den kleinsten Sturmböcken üblich blieb.

<sup>2</sup> turris major, πύργος, δεινός, ein ebenfalls auf Rädern ruhender Belagerungsturm.

<sup>3</sup> cubitus, πῆχυς, Elle, Entfernung von Ellenbogen bis Mittelfingerspitze (Ch. coudée, Vorderarmlänge), ca. 0,45–0,50 m, ein in der Antike vielfach wechselndes Maß.

Ein nutzbarer Belagerungsturm mußte somit nach Angabe mindestens 30 m in der Höhe und 8,6 m in der Breite und Tiefe messen und oben auf 6,2 m sich verjüngen. Derselbe sollte aus 10 je ca. 3 m hohen Geschossen bestehen, die mit festem Gebälk, Lichtöffnungen und Stiegen nebst dem nötigen, zu militärischen Zwecken dienenden Inventar (Taf. 68, Fig. I) versehen waren und insbesondere Wasser zum Löschen in Brand geschossener Teile, Pfeile, Kugeln zur Bedienung der ihm beigegebenen Geschütze, wie sonst unentbehrliches Material zur Verteidigung, so Reservewaffen und die nötigen Gegenstände zur Abwehr des Angriffs von feindlicher Seite, endlich die erforderlichen Fallbrücken aufbewahrten. Alles an dem Bau verwendete Balkenwerk mußte zur Erreichung einer möglichst stabilen Struktur bei verhältnismäßig geringem Gewichte einen oblongen Querschnitt erhalten, wonach bei geringer Breite und entsprechend größerer Tiefe (Höhe) die Balkenstärke dem gewünschten statischen Kraftmoment immerhin genügen konnte. Durch Ergänzung dieser Zahlangaben bei den weiteren Dimensionen dürften ebenfalls viele der angeführten zu minimal dünkenden Balkenmaße eine technisch berechnete Begründung finden.

<sup>4</sup> Turris major, der gewaltige Belagerungsturm, welchen man unter dem Schutze anderer Belagerungsmaschinen an den schwächsten Punkten der Festungsgürtel (so nach Flavius Josephus bell. am. 10, 15) aufzurichten liebte, bestand ursprünglich aus einem stabilen Bau, der selbst eine Art Bastion bildete und durch seine überhöhte Anlage die Zertrümmerung der Zinnen der Stadt mittels der auf seinem Plateau aufgepflanzten schweren Geschütze ermöglichte und über die so geschaffene Bresche eine Invasion und Einnahme des Bollwerkes über Fallbrücken erleichterte. Der von Diades angeführte Turm der



der Höhe und 23 S :: (ca.  $23\frac{1}{2}$ ) in der Breite erhalten und nach oben sich gleicherweise um  $\frac{1}{5}$  :: verjüngen, während man auf dessen innere Ständer unten einen Fuß, oben  $\frac{1}{2}$  Fuß im Durchschnitt anrechnet. Einen

aus 20 Stockwerken in einer Höhe von 120 Ellen errichtet wurde, und in jedem Geschosse, tabulato, mit einem Umgange von 3 Ellen Breite zur Aufstellung der Krieger versehen war, gehörte untrüglich zu dieser Gebäudegattung und wurde voraussichtlich an Ort und Stelle aus vorher fertig gezimmertem Balkenwerk aufgerichtet. Die Fortbewegung einer so gewaltigen Baumasse konnte überhaupt höchstens auf sehr kurze Entfernung mittels Rollenwerk vorgenommen werden, wie überdies ein so überhöhter Baukörper bei jeder Bewegung sehr starken Schwankungen ausgesetzt blieb, welche Umstände zu der künftig gebräuchlichen Vereinigung eines Belagerungsturmes mit einer untern beweglichen schildkrötartigen Belagerungsmaschine führte. Was das tektonische System aller Belagerungstürme anbelangt, so bestanden sonach diese stets aus einem vielstöckigen, aus einzelnen selbständig gebildeten Geschossen gegliederten Baukörper, dessen besondere Teile man auf Wagen im Train mitführte, so daß ihre Zusammenstellung leichthin zur Nacht im Angesichte des Feindes durchführbar war. Hierbei besaß jegliches Stockwerk seinen eigenen Boden, Decken und Wandabschluß mit Fensteranlage und Stiegenleitern und war so gezimmert, daß seine tektonischen Elemente mit der gesamten Turmstruktur (Taf. 68, Fig. II. III) in unzertrennlicher Verbindung standen, sowie die einzelnen Geschosse aus statischen Erwägungen sich stets nach oben um  $\frac{1}{5}$  der ganzen Turmhöhe verschmälerten. Zur Begegnung des zentralen wie seitlichen Druckes, welchen die auf dem Turmplateau aufgepflanzten schweren Geschütze insbesondere nach dem Boden hin ausübten, mußte der ganze Bau in der Mitte eine Verstärkung von durchgehenden, mit Querbalken und Riegeln verstrebt Ständern erhalten. Die aus Holzstruktur mit Pfosten bestehenden Außenwände konnten nur mittels gediegener Verriegelung und Verspannung ihres Balkenwerkes dem seitlichen Druck der Geschütze den nötigen Widerstand entgegen setzen, zu dem sie äußerlich einzig mit Brettern und ausgestopften frischen Häuten zur Abwehr der Brandpfeile nebst Wurfgeschosse umkleidet waren.

Die folgende und voraussichtlich später allgemeinere Form der Belagerungstürme tritt uns in jenen auf Wagen und Räderrost ruhenden, tures versatiles, minder gewaltigen Turmbauten entgegen, welche (vgl. Taf. 68, Fig. I) ebenso aus fortifikatorischen wie statischen Rücksichten stets mit meist oblongem Unterbau verbunden erschienen. Denn einerseits verlangte der, turris ambulatoria, bewegliche Turm, zur Bedienung seiner Geschütze wie Abwehr der feindlichen Attacke und des plötzlichen Angriffes der Feinde nach genügender Annäherung an eine Bastion der Gegner eine Menge bedienender Mannschaft, welche ohne Deckung eines schuttkräftigen Schirmdaches nicht sofort zur Stelle sein konnten. Andererseits erforderte der quadrate überhöhte Turmbau ein tektonisch festgefügt, ihn umgebendes Stützwerk, das seiner Schwankung beim Fortfahren begegnete und ihm so eine natürliche Verstrebung verlieh und seine organisch technische Junktur mit dem untern Rostwerke vermittelte. Die in unserer Taf. 68 vorgeführte Aufzeichnung Fig. I. II. gibt nach Diades Andeutung einen Rekonstruktionsversuch, wobei im Stande die Last der Maschine durch die «Sphenes», Stützen, unterfangen wurde. Wir müssen nochmals einschalten, daß die bei Vitruv angeführten Größenmaße der Holzstruktur aller jener Maschinenteile mit höchster Vorsicht aufzunehmen sind, da diese in sehr vielen Fällen, so vornehmlich bei dem Durchmesser der wichtigsten Tragbalken, Ständer und Widder oft geradezu naiv minimale Dimensionen enthalten, welche in Wirklichkeit ohne Beigabe einer weitem verstärkenden und verstrebbenden tektonischen Konstruktion unausführbar blieben und bei unserem jetzigen weichen Bauholze sich unhaltbar erwiesen hätten. Hiergegen ist hervorzu-



so gestalteten Turm stellte Diades mit 20 Stockwerken her, wobei er jegliches mit einem Umgang, circuitio, von drei Ellen Breite umgab, und diese sämtlich mit ungegerbten Häuten verkleidete, damit sie vor dem Anpralle, plaga, der Wurfgeschosse gesichert seien.

6. Die Anfertigung seines Widdersturmbockes (Schildkröte), testudinis arietariae, geschah nach dem gleichen Systeme. Die Maschine besaß dagegen einen inneren lichten (Breite und Tiefe) Raum<sup>1</sup> von 30 Ellen

heben, daß in der Antike der Apennin gleich allen höhern Gebirgstöcken zum Teile noch urwaldartige Forsten bewahrte, welche zur nötigen Verarbeitung mächtige Zedern, Zypressen, Pinien, die Zirn- wie immergrüne Eiche, nebst den sonstigen überaus zäh und tragfähigen Holzgattungen lieferten, deren qualitative Vorzüge wir heute nicht mehr zu prüfen vermögen. Endlich sind die angegebenen Zahlzeichen (wie bemerkt) wechselnd und unbestimmt und haben letztere bei wiederholtem Abschreiben untrüglich so viele Aenderungen nebst Fälschungen erlitten, deren Rektifizierung ausgeschlossen bleibt.

<sup>1</sup> Die von Diades einst selbst errichtete, testudo (machina) arietaria, Widder-schildkröte, bildete die Kombination einer Schildkröte mit Widdergestell und aufgesetztem Turme Taf. 69, Fig. I. II. III die nach dem angeführten Schema durchgebildet war. Dieselbe bestand nach des Meisters Ueberlieferung aus einem Widder-dache, testudo, von 30 Ellen, intervallum, innerer, lichter Breite und Tiefe, während die das Dachwerk tragenden Ständer, tigna 16 Ellen Höhe, der Dachgiebel, fastigium, vom Gebälke, strato, bis Spitze 7 Ellen erreichte. Der ganze Aufbau, compactio, war über den bei allen jenen Maschinen analog konstruierten, basis, Wagen roste, aufgerichtet, welcher wiederum auf dem typischen (Kap. XIV näher dargelegten) Roste des Radwerkes ruhte. Die Compactio, bildete einen durchgehenden offenen Raum, in dessen Mitte die, machina arietaria, *κροδόχη*, für sich freistehende Widdermaschine, aufgestellt war. Weiterhin wurde über der Mitte des Gebälkes der Compactio ein vierstöckiger Turmaufsatz in deren Dachwerk eingebaut, der auf seinem Plateau schwere Geschütze, so Skorpionen und Katapulte trug, zu welchem Zwecke derselbe gleicherweise eine überaus feste verstrebt Konstruktion der Umfassungswände, sowie die Anlage eines, durch Riegel und besondere Balkenträger Taf. 69, Fig. I, verstärkten, durchgehenden mittlern Ständer in Verbindung mit tektonisch möglichst solider Struktur aller Nebenteile voraussetzte. Da das im Untergeschosse befindliche Widdergestell einen frei durchgehenden Raum bedingte, so war die Ausführung jener Turmanlage daselbst einzig dadurch technisch ermöglicht, daß man von Taf. 69, Fig. IV. V) den Eck- wie Mittelständern der Turmwände, arrectaria, gediegene Holzpfosten bis zum Roste des Baues herabführte, welche im Raume der untern Widderhalle, durch tigna compactilia, weitere Pfosten, die mit den Arrectaria, zusammengekämmt und verschraubt, und nach den Langseiten hin mittels Andreas-kreuzen verstrebt waren, ein stabil unverrückbares Untergerüst erschuf, das durch tektonische Junktur mit den Wänden der testudo zugleich dem seitlichen Schube einen Widerstand entgensetzte. Das Widdergestell, machina arietaria, muß als selbständig frei im unteren Raume aufgestelltes Gerüst gedacht werden, das wegen seiner bei Schwingung des Stoßbalkens unvermeidlichen Motion keine direkte konstruktive Verbindung mit den neben befindlichen Balkenständern besitzen durfte.

Dasselbe läßt eine doppelte Vorstellung, nämlich in Gestalt eines spitzzu-laufenden Balkengestelles Taf. 68, Fig. 4. a. b. und einer Taf. 69, Fig. I u. wagrecht abgeschlossenen Balkenverbindung zu. Da die Widdermaschine in beiden Fällen eine überaus feste Verstrebung ihrer Elemente zur Begegnung der gewaltigen Erschütterung, die die Bewegungen sowie Anstoß des Widders erzeugten, erforderte,



Länge, die Höhe betrug mit Ausschluß des Dachaufsatzes 16 Ellen, jene des Dachgiebels, fastigium, von der Decke, strato, des unteren Gebäudes bis zur Spitze sieben Ellen. Das Dachwerk wurde dann nach der Mitte zu und zwar an einer Stelle, woselbst dessen Höhe seitlich schon mindestens zwei Kubitus betrug, ausgeschaltet und an dieser Stelle ein kleines aus vier Stockwerken bestehendes Türmchen, turricula, eingebaut, auf dessen oberstem Plateau man Skorpionen, scorpiones, und Katapulte, catapultae, aufpflanzte, während man in den unteren Geschossen eine bedeutende Masse Wasser zu Löschzwecken für den Fall aufbewahrte, daß Feuerbrände, vis ignis, in den Bau geschleudert würden. In dem unteren Raume der Maschine wurde eine Widdermaschine, machina arietaria, welche die Griechen Kriodoke, das Widdergestell, heißen, aufgestellt, in deren Deckengerüste ein auf dem Dreheisen, torno, genau abgedrehter Balken, torus, horizontal eingesetzt war, um dessen Welle die den Sturmbock leitenden Seile befestigt erschienen, worauf man dann durch Anziehen und Ablassen jener Taue die gewaltige Wirkung des Widders erzeugte. Taf. 69, Fig. I-V.

7. Die Herrichtung des Mauerbohrers<sup>1</sup>, terebra, hat Diades in seinen

so konnte die wagrechte Anlage füglich in dieser Beziehung die kräftigste untere Kombination des Balkenwerks erhalten, wohingegen die tektonische Verbindung der den Widder schwebend tragenden Walze, torus (Ch. rouleau, Rolle), bei dem spitzzulaufenden Gestelle eine technisch unverrückbarere Vereinigung mit dem Balk- und Sparrenwerk gestattete, indem man erstere durch gedoppelte Querriegel und Zwischenstützen zu umschließen vermochte. Taf. 68, Fig. IV. Taf. 69, Fig. Iu.

<sup>1</sup> terebra, τροχών Mauerbohrer (Ch. trépon, Drillbohrer) Taf. 68, Fig. V. VIA. B. Nach Angabe des Diades bestand die Maschine aus einer 50 Ellen, cubitus, langen und eine Elle hohen, aus Balkenwerk, tigna, gezimmerten Lafette, welche zur nötigen Bedienung wie Bewegung auf einem, mit stabilen Ständern, orthostata, ausgerüsteten Gestelle ruhte, das, unter sich mit Riegeln verstrebt, über dem Wagenrost sich erhob. Die Beschreibung der Maschine läßt annehmen, daß dieselbe keinen überhöhten Räderrost Taf. 68, Fig. VIα zeigte, sondern hier an dem verhältnismäßig leichten, länglichschmalen Werke einfache Räder mit durchgehenden Eisenachsen, verwendet wurden, zudem deren Weiterbewegung ohne besonderen Kraftaufwand durch Schieben vom Boden aus erfolgen konnte.

Aehnlich den sonstigen Wurfgeschützen zeigte die Lafette in Mitte eine Schußrinne, canal, welche den Stoßbalken mit Eisenbeschlag, tignum ferratum, aufnahm, der auf darunter eingelassenen beweglichen Rollen, tori, auflag. Zur Bewegung des Stoßbalkens waren an beiden Enden Haspeln mit Winden, suctulae, in die Balken der Lafette eingezapft, über welche man die Seile wand, die beiderseits, gegen die Mitte hin an dem Sturmbalken befestigt, in je einen unten befindlichen Flaschenzug, trochlea, einliefen. Infolge einer gegenseitigen straffen Anspannung und Ablassen der Ende jener Seile wurde die mit dem Stoßbalken verbundenen Taue durch Arbeitsleute in Bewegung versetzt und nach genügender Schwingung auf die Feindesmauer abgeschnellt. Dieser Gattung von Sturmbock der zur Herstellung einer untern Bresche in nicht allzufeste Mauern diente, genügte an Stelle der sonstigen, Compactio, Aufbau eine niedere bogenförmige Dachstruktur mit Häutebelag, welche aus festen bogenförmigem Holzwerke, arcus, gezimmert auf der horizontalen Balkenlage über den untern Ständern sich erhob. Die Ma-



Werken folgendermaßen erklärt. Man legte bei dieser Maschine ähnlich dem Gerüste der Schildkröte in der Mitte einen auf senkrechten Holzständern, *orthostata*, ruhende horizontale Rinne (*Lafette*), *canalis*, wie solche auch bei den Katapulten und Balisten gebräuchlich ist, an, die in der Länge 50, in der Höhe eine Elle betrug; während man quer (in deren Balken zur Seite eingreifend) Haspeln, *suculae*, einsetzte. Um ihre am Haupte, *caput*, der Maschine (an beiden Enden befindlichen Walzen) wand man nach rechts und links die Seile der zwei (am Stoßbalken befestigten) Flaschenzüge, *trochleae*, durch welche der in der Rinne befindliche, an seiner Spitze mit Eisen beschlagene Stoßbalken, *tignum* (von Leuten) wechselseitig in Schwingung versetzt wurde, wobei die unter demselben in der Lafette eingefügten Rollen, *tori*, die Bewegung beschleunigten und die Wirkung der Schwingung des Stoßbalkens erhöhten. Oberhalb des in die Lafette eingelegten Balkens wurden (auf besonderem Roste ruhend) aus Holzwerk Bögen, *arcus*, in kurzen Abständen nebeneinander gespannt, die als Stütze der aus rohen Fellen gefertigten, über die Maschine reichenden Schutzdecke dienten. Taf. 68, Fig. V. VIA. B.

8. Inbetreff des Raben, *corax*<sup>1</sup>, glaubte Diades nicht weiter sich ausdehnen zu müssen, da nach seiner praktischen Erfahrung diese Belagerungsmaschine wertlos sei. Was die Steigmaschine, *ascensus*, welche von den Griechen *epibathra*, Leiter, benannt wurde, gleich jenen strategischen Herrichtungen<sup>2</sup>, für den Seekrieg, welche das Entern<sup>3</sup>, *aditus*

schine, die nur bei flachem Terrain verwendbar war, mochte strategisch nie eine höhere Bedeutung gewinnen, zu dem ihre Kraftwirkung nur in horizontaler grader Richtung erfolgen konnte; dieselbe wurde nach Apollodors Erläuterungen später durch den leichter beweglichen und handlichen Mauerbohrer ersetzt.

<sup>1</sup> *corax*, *χώραξ*, Rabe, war eine besondere Art von Mauerbrecher, welche nach der Gestalt seines Stoßbalkens vermutlich den Namen trug, uns sonst jedoch unbekannt blieb.

<sup>2</sup> *ascensus*, *κλίμαξ ἐπιβάθρα*, Leiter, *machina scansoria* (Ch. machine ascension, Steigmaschine), bildete eine (Apollodor, Schneider) aus abwechselnd breitem und schmälern Leitern nach Belieben zusammengestellte Sturmleiter, welche durch Stangen aufrecht erhalten wurden. Die einzelnen Leitern hatten nur am oberen und untern Ende feste Sprossen während die übrigen aus rohen Tauen bestanden. Die gegenseitige Befestigung geschah in der Art, daß man abwechselnd eine schmälere Leiter in eine breitere zusammenschob und mittels besonderer metallener Klammern unverrückbar befestigte (Taf. 72, Fig. 1 C). Die obersten Stücke besaßen nach der Spitze eine Art Gewinde, so daß diese umgelegt und als Fallbrücken, *ἐπιβάθρα, καταρράκτης*, benutzt werden konnten.

<sup>3</sup> *marina machinatio*, Maschinen als Werkzeuge zum Entern und Uebergang in feindliche Schiffe für den Seekrieg (Ch. combinaisons marines, Seekriegswerkzeuge) sind im Detail uns unbekannt.



habere<sup>1</sup>, eines fremden Schiffes ermöglichen, anbelangt, so führte der Autor wohl deren Namen an, doch nahm ich mit Bedauern wahr, daß derselbe gegen sein Versprechen die Art ihres konstruktiven Schemas in keiner Weise dargelegt hat. Die von Diades über das Belagerungsgeschütz handelnden Schriften, sowie Angabe ihrer Herstellung habe ich hiermit in Erwähnung gebracht, ich beabsichtige nun noch weitere Objekte des Belagerungswesens in der Form zu erörtern, wie ich dies von meinen Lehrmeistern erfahren habe und die ich überdies selbst als zwecklich nutzbringend erprobte.

---

<sup>1</sup> aditus habere, Hilfsmittel, in ein fremdes Schiff zu gelangen (Ch. antes au moyen d'un navire, Mittel ein Schiff zu entern).



#### KAPITEL XIV.

### ÜBER DIE ZUR AUSFÜLLUNG VON FESTUNGSGRÄBEN BESTIMMTE SCHILDKRÖTE.

1. Jenes mit Schildkrötenmaschine, testudo<sup>1</sup>, bezeichnete, bewegliche und überdeckte Schutzdach, das zur Ausfüllung von Festungsgräben, ad congestionem fossarum, hergerichtet wird, und zugleich durch Anwerfung einer Böschung den Sturm, accessus, auf die Feste ermöglicht, wird folgendermaßen zusammengezimmert. Man fertige eine Unterlage<sup>2</sup>, basis, aus den nötigen Balken mit quadratem Grundrisse, die

<sup>1</sup> testudo (χελώνη) ad congestionem fossarum, Widderkarren, Dach zum Ueberbrücken, Ausfüllen der Festungsgräben (Ch. tortue pour le comblement (Ausfüllung) des fossés). Taf. 70, Fig. I–IV.

<sup>2</sup> basis, Unterlage, ἐσχάρα, Rost, der auf das Untergerüst des Radwerkes wie Wagens gleicherweise bezogen wurde (Ch. charpente de plateforme, flachgezimmertes Gerüst). Das aus den vier transversarii, Tragbalken, nebst ihren transtra, Querriegel, bestehende, basis rotarum, Räderrostwerk, welches gegenseitig durch Eisenstäbe und Querriegel in Andreaskreuzform verstrebt sein mußte. In dasselbe waren die, arbusculae versatiles, αμαξόποδες, Wagenfuß, -träger (Ch. pieds de chars, Füße des Karren) in Gestalt von kurzen Klötzen aus eisenfestem Holze (Taf. 70, Fig. IA. V. VI.) von unten eingekeilt, auf deren oberem Ende die Längsbäume des, basis machinae, oberen Wagenrostes sich auflegten. In das mit, laminae ferreae, starken Eisenplatten unten umgebene Ende des Klotzes, waren die, cardines ferreae acetabula, eisernen Hüftpfannen (Ch. crapaudines, Zapfenmutter), d. h. die an den obern Metallplatten (welche die Räder umgaben und als Stützen ihrer Achsen dienten) befindlichen Eisenzapfen und Pfannen eingefügt, welche die Beweglichkeit des, arbusculae versatiles, untern Teiles der Radständer ermöglichten. Die mit kalt gehämmertem Eisenblech, laminae ferreae frigido ductae, beschlagenen möglichst breiten Radfelgen, absis, curvatura rotae, wurden durch Menschenhände, welche die oberhalb der Räder durchgesteckten vectes, Hebelständer, vorwärts drückten, fortbewegt. Hierbei waren deren Felgen aus zwei bis drei durch Schwalbenschwänze vereinte Holzlagen zusammengefügt.



auf griechisch *eschara*, Rost, benannt wird, dessen vier Seiten je 25 Fuß in der Länge betragen, und unterfange denselben mit vier Zwergbalken, *transversaria*, welche je ( $1\frac{1}{2}$ ) F S Fuß in der Breite und ( $\frac{1}{2}$ ) S

Vitruv hinterließ uns in dieser konstruktiv einzig genauen Beschreibung einer älteren Schildkröte das Prototyp der allen analogen Maschinen zu Belagerungszwecken gemeinsam zu Grunde liegenden Struktur wie gegenseitiger Verbindung ihrer wichtigsten Elemente, welche Erläuterung uns zugleich allein deren bildliche Wiederherstellung gestattet. Was hierauf fußend die Herrichtung einer, *machina subrorrata versatilis*, beweglichen Belagerungsmaschine, sei es in Gestalt eines Turmes, einer Schildkröte oder ihrer Variationen wie Kombinationen mit turmähnlichem Aufsätze, Widder und sonstiger Anlage für das Geschützwerk betrifft, so beruhte deren Aufbau in allen Fällen auf zwei stets wesentlich gleichen Grundfaktoren. Diese bestanden in der für sich abgeschlossenen Struktur des, *basis rotarum*, Räderrostes, mit ihrem selbständig beweglichen Räderwerk, *rotae*, und der in sich abgeschlossenen Struktur der, *basis machinae*, Rostanlage, auf welcher der ganze obere, *compactio*, mechanische Aufbau unbeweglich ruhte, welche beiderseits eine materiell wie statisch überaus gediegene Durchführung ihrer Glieder wie tektonisch peinlich berechnete Verbindung aller tragenden Elemente voraussetzten.

Der das Untergerüst jeder beweglichen Maschine (Taf. 70, Fig. I. II. V) bildende Rost bestand wiederum aus zwei, im Wesen nur lose zusammengefügteten Teilen, indem die Räder durch keine durchgehenden Achsen miteinander sowie auch mit dem Oberteile der Achsenständer verbunden waren, sondern als integrierte Stücke mit ihren Zapfen an ihrer oberen Plattenumkleidung in die Pfanne (Mutter) der Wagenfüße, *arbusculae*, lose eingefügt erschienen. Andererseits bestand der eigentliche, *basis rotarum*, die Räder tragende Rost aus je zwei parallelen unbeugsamen Tragebalken, *tigna transversaria*, welche mit ihren in dieselben eingezapften Querröhmern, *transtra*, den Radständern, *orbusculae*, als natürliche Stütze dienten und mit letzteren durch die nötigen Eisenbänder wie Schrauben unverrückbar vereint waren. Wie berührt, mußten wiederum die beiderseitigen Tragebalken, *transversarii*, durch die gebührende Verspannung zu einheitlich festem tektonischen Körper vereint werden, damit bei Bewegung und Wenden der Maschine die Motion der gegenseitigen Räder in identischer Weise erfolgte. Da die Räder schon für sich der Regel nach eine stattliche Höhe beanspruchten und die, *foramina*, Löcher, für die, *vectes*, Hebelstangen, zu deren Fortbewegung nur oberhalb der Räder in die, *laminae ferreae*, Eisenplatten, durchgelassen werden konnten, überdies die Bedienung der letzteren ein Aufrechtgehen der beorderten Mannschaft verlangte, so mußten die *tigna*, Balken, des oberen Wagenrostes mindestens 7 Fuß (2,1 m) über den Boden erhoben sein. Die *Vectes* mochten hiernach in allen Fällen nur von großgewachsenen Leuten bedient werden und konnte deren Fortbewegung bei gewaltigen Dimensionen einzig durch Vermittlung einer besonderen Vorrichtung von Stangenwerken von statten gehen.

Da ferner bei der mächtigen Erschütterung, welche durch den Betrieb der Widderbalken und dem auf dem Plateau stattfindenden Abschießen der Balisten und Katapulte notgedrungen entstand, die Achsen der Räder leicht zerbersten mochten, so pflegte man zu deren Entlastung beim Stillstand der Maschinen nach Bedarf besondere mobile Unterständer, *sphenes*, σφήνες, Keilständer, (von σφάξω, verkeilen), aufzustellen, welche, unter den Tragebalken festgekeilt, dem Drucke der Geschütze wie Gewicht des Oberbaues begegneten. Diese technisch wichtige Beigabe erhellt aus Apollodors *πολιρκήτικα*, 157 f.: Παρά δὲ τοὺς τροχίσκους τοὺς βαστάζοντας τὴν χελώνην ὑπὸ τὰ ζυγὰ σφήνες ἐγκείμεναι, οἱ βαστάζουσιν αὐτὴν εὐεργόν. Οὕτως γὰρ αἱ περόναι τῶν τροχίσκων οὐ βαστάζουσι μόναι τὸ ἔργον. Neben den (die Maschine) stützenden Rädern soll man unter die Jochbalken keilförmige



Fuß in der Dicke messen. Diese Tragbalken sollen ungefähr  $1\frac{1}{2}$  Fuß voneinander abstehen und seien in deren (durch die Querriegeln, transtra, gebildeten) vier Oeffnungen kurze Pfähle, arbuscula, von unten eingesetzt,

Klötze (scil. Ständer mit einer Art Kapitell und Basis) unterschoben, welche derselben einen festen Stützpunkt gewähren. Auf solche Weise haben nämlich die Räder für sich allein nicht die volle Drucklast auszuhalten.

Eine weit vielseitigere Kombination als jene des Radrostes erforderte das Untergerüst (Rost), basis, βάσις, machinae, des Wagens, das gleicherweise für sich eine abgeschlossene technische Struktur bildete, welche nur durch Verzapfung, Schrauben und Metallbeschlag mit ersteren vereinigt war. Das Grundelement beruhte hier in dem stets sich wiederholenden, horizontalen Balkenwerk, tignae, das aus den umrahmenden, unbeugsamen Stegen und Schemeln (Seiten- und Vorderstücken) nebst der nach Breite des Wagens wechselnden Zahl der Längsbäume (Mittelträger) sich zusammengliederte und naturgemäß durch die (zufällig von Vitruv nicht erwähnten und deshalb in den Restaurationen nahezu allenthalben fehlenden) den Rost unten zusammenbindenden Achsenstöcke vervollständigt wurde. Ueber diesen unvermeidlichen Gliedern einer beweglichen Kriegsmaschine wurde dann unmittelbar auf dem Rostbalken oder durch nochmalige Balken-, Dielenlage vermittelt der, Compactio, Aufbau der, testudo, Schildkröte in Gestalt eines scheunenähnlichen Raumes mit hohem Schirmdache errichtet, welches letzteres einen überaus reichen Wechsel seiner Größe wie Gestalt (so als einfaches Schirmdach des Mauerbohrers) gestattete, und als Stütze und Träger der beweglichen Türme mit Geschütz- und Widderanlage in der antiken Belagerungskunst die hervorragendste Bedeutung beanspruchen durfte.

Die in diesem Kapitel beschriebene prototypische Schildkrötenmaschine, testudo, welche zum Transport von Material, so zur Ausfüllung irgend einer passenden Stelle des feindlichen Festungsgrabens, ad congestionem fossarum parata, hergerichtet wurde, bestand zunächst aus dem das Räderwerk bergenden Roste, basis (eschara) rotarum, der auf den vier stets wiederkehrenden transversaria, Tragbalken, ruhte, in welche jeweilig in einem Abstände von  $1\frac{1}{2}$  Fuß parallel zu beiden Seiten von unten die, arbusculae, amaxopodes, aus eisenhartem Holze (sideroxylon) gefertigten Wagenständer eingefügt waren. (Taf. 70, Fig. 1. II. V. IV.) Besondere Zwerghölzer, transtra, dienten hierbei als bindende Elemente der Ständer, welche samt dem übrigen Holzwerk unter sich wie mit dem Auflager der oberen Achsenstöcke des Wagens durch Verzapfung, Schrauben und Eisenbänder einen festen Zusammenschluß erhielten. Die untere Seite jener Ständer, welche die Mutter (Pfanne), matrix, zur Aufnahme des, embolus, Zapfens der, cardines, Kurbeln enthielt, war mit, laminis ferreis, starkem, unbiegsamem Eisenblech beschlagen, gleichwie die unteren, arbusculae rotarum, Radständer mit stabilen Eisenplatten umgeben waren, welche oberhalb die, foramina, Löcher zum Durchstecken der vectes, Hebelstangen (mittels welchen die Maschine durch aufrecht stehende Mannschaften weiterbewegt wurde), unten jene zum Durchlaß der, axes rotarum, Radachsen, enthielten, wonach jene laminae, Eisenumkleidung, zugleich als Stütze des Räderwerkes diente, das im vorliegenden Fall aus vier Rädern bestand.

Da jede, insbesondere seitliche Bewegung der Maschine eine unverrückbare Struktur der Tragbalken nebst Arbusculae bedingte, so mußten die transversariae (Taf. 70, Fig. 1A.) untereinander mittels unbiegsamen, pertica ferrea, Eisenstangen u. sowie horizontal und kreuzweis eingesetzten Holzbalken, tignae,  $\delta$ , eine Verstrebung erhalten, die wiederum durch die nötige Verschraubung, cochleae, die erforderte Stabilität erlangte.

Auf die transversariae nebst Oberseite der Arbusculae sich aufliegend war der, basis machinae, eigentliche Rost des obern Wagens gebreitet, der in unserem Falle



die auf Griechisch *Amaxopodes*, Wagenfüße, heißen, unter welchen die Achsen der Räder, durch eisernes Plattenbeschlag seitlich umschlossen, sich bewegen. Diese Radrostträger müssen so gestaltet sein, daß in deren Mitte drehbare Pfannen, *cardines*, angeordnet sind, in welche man durchgehende Löcher, *foramina* (über den Rädern) einfügt, in die man Hebelstangen, *vectes*, durchstecken und hiernach die Maschine derart fortzubewegen vermag, daß dieselbe vor und zurück, nach der rechten und linken Seite, sowie, falls es nötig ist, auch in diagonalen Richtung mittels der unteren drehbaren Radständer, *arbusculae versatiles*, fortgedrückt werden kann. (Taf. 70, Fig. I. VI.)

2. Ueber den Wagenrost breitet man sodann zwei Zimmerbalken, *tigna*, welche nach den beiden Seiten um sechs Fuß über sein Untergerüst

aus einer 25 Fuß im Geviert großen Holzumrahmung bestand, welche aus je zwei Längsbäumen und Schemel nebst den entsprechenden mittleren (Tragstöcken) Zwergbalken zusammengezimmert und unterhalb von den querlaufenden, mit dem oberen wie unteren Holzlager der Räderträger verzapften Achsenstöcken getragen wurde (Taf. 70, Fig. V. VI. Fig. II  $\alpha \beta \gamma \delta$ ).

Ueber dieser horizontalen Unterlage breitete man abermals in der Quere zwei sechs Fuß vorspringende, *tigna*, stabile Balken, welche mit ihren zugeordneten Trägern am Ende ihrer, *projectura*, Ausladung von zwei Stoßbalken (Schemel) zusammengebunden wurden. — Oberhalb diesem mit, *tabulae*, Dielen belegten Roste (Taf. 70, Fig. III  $\alpha \beta \gamma$ ) richtete man über den Mittelrahmen, *postes compactiles*, durch Nuten und Schrauben vereinte doppelte Pfosten (Ch. potelets faits d'assemblage, zusammengefügte Pföstchen) in einem jeweiligen Abstände von  $1\frac{1}{2}$  Fuß und Höhe von 9 Fuß auf, über die *rings*, *tigna*, *tegumena*, Deckbalken gebreitet wurden, welche wiederum durch die, *trabes interordinates*, unterhalb eingekerbten, in die Verzapfung der, *tigna*, Deckbalken eingreifenden Deckenbalken überspannt wurden und zugleich die Unterlage der Dachstruktur erfüllten. In letztere ließ man zunächst in geziemendem Abstände, *capreoli*, schiefe Streben (Ch. arbaletiers, Spannriegel) von 9 Fuß senkrechter Höhe ein, die nach der Mitte in den hier unvermeidlichen, *quadraten*, *culmen*, Firstständer eingriffen, der als Stütze den gleich unentbehrlichen, *columen*, Firstbalken als Abschluß des Dachsparrenwerkes trug. Seitlich wurden dann auf die, *Capreoli*, Streben die, *tignae laterariae*, letztere überbindende Pfetten (Ch. poutres clouées, aufgenagelte Balken) gebreitet, welche einerseits die Streben untereinander verspannten, andererseits die Unterlage des, *tabulae*, Dielenwerkes (Ch. voliges, Schindelbretter) der Dachabdeckung bildeten. Letztere bestand aus möglichst dünnen, noch saftvollen Zweigen geflochtenen, *crates*, Fashinen, welche man nebst der ganzen Maschine äußerlich nochmals mit, *percrudis coriis*, möglichst frisch geschlachteten, doppelten Häuten, die mit Seegras oder essigbefeuchteter Spreu ausgefüllt wurden, umkleidete, damit diese den Zündstoff der Brandpfeile sowie die Wucht, *plaga*, der Geschosse vereitelten.

Der innerlich dreigeteilte Raum der Maschine war in der Mitte zur Bergung des Materials, das zur Auffüllung bestimmt war, vorgesehen, wogegen in den Nebenräumen über der *Projectura* der seitlichen Rostbalken die bedienende Mannschaft stand, welche nach genügender Annäherung an den Festungsgraben ihre betreffende Arbeit unternahm. Die Maschine war seitlich mit Fenstern versehen und stand nach beiden Fronten durch Türen offen, von denen breite Stiegenleitern, *scalae*, zum Boden herabführten.



hinausragen, an deren Enden man zwei weitere Balken anfügt, die an Dicke und Breite den Unterbalken gleichen, so daß ihre Außenkante um sieben Fuß vor dem Abschluß des Mittelteiles des Rostes vortritt. Oberhalb des unverrückbar zusammengebundenen mittleren Rahmen- und Balkenwerkes, *compactio*, richtet man eng nebeneinander gestellte Pfosten, *postes compactiles*, auf, deren Höhe ohne die oben angebrachten Zapfen, *cardines*, neun Fuß beträgt, während sie in der Dicke allseit  $1\frac{1}{2}$  Fuß messen und außen  $1\frac{1}{2}$  Fuß voneinander abstehen. Diese Pfosten seien oben mittels Deckbalken, die auf der Unterseite mit Einkerbungen (die in die unteren Zapfen einpassen) besitzen, *intercardinatis trabibus*, überbunden, auf welchen man schiefe Streben, *capreoli*, die beiderseits in die unteren Deckbalken eingezapft sind und neun Fuß hoch sich erheben, aufrichtet. Von oben wird zwischen diese Streben ein vierkantiger Balken, *quadratum tignum*, der überdies als Giebelständer, *columen*, dient, (nebst Firstbalken, *culmen*), eingesetzt, welche letztere zugleich die Verstrebung der *capreoli* ermöglichen.

3. Diese selbst werden aber nach der Langseite untereinander durch unterschchnittene Pfetten, *lateraria*, verspannt und mit Dielen aus einer möglichst vorzüglichen Holzart<sup>1</sup> überdeckt; wenn solche aber nicht habhaft sind, so wähle man eine immerhin gediegene Holzart, wobei das der Fichte oder Erle aus dem Grunde ausgeschlossen bleibt, da diesem eine zu geringe Tragkraft innewohnt und dasselbe sich leicht entzündet. Ueber der äußeren Bretterverschalung soll man Faschinen, *crates*, die man aus sehr eng geflochtenem Reisig gefertigt hat, anbringen, während man das ganze Wagengerüst mit tunlichst frisch geschlachteten, völlig ungegerbten Rindshäuten, *percrudis coriis*, die doppelt übereinander genäht, *consutis*, und mit in Essig eingeweichtem Seegras oder Spreu, ausgestopft sind, überkleidet; nach welchen Vorkehrungen der Anschlag, *plaga*, der Balistengeschosse gleich der Einwirkung der Brandstoffe ohne Schaden anzurichten von der Maschine abprallen muß.

<sup>1</sup> *tabulis maxime palmis*, vorzüglich aus Palmenholz gearbeitete Bretter, muß wegen der allbekannten Weichheit des Palmenholzes als verschrieben betrachtet werden und dürfte füglich in *tabulae maximae firmis*, Tafeln aus möglichst dauerhafter harter Holzgattung, umzuändern sein. Fig. III.

Es sei hier eingeschaltet, daß die vorzügliche wortgetreue Uebersetzung von Apollodors *πολιορκήματα*, Belagerungskunst, durch Rudolf Schneider mit ihren beigegebenen den Handschriften des Autors entnommenen Bildern, viele weitere Anhaltspunkte zur Kenntnis der Schildkrötenarten wie sonstiger Belagerungsmaschinen in verschiedener Formgebung darbietet. Es wäre zu wünschen, daß der Verfasser sein verdienstreiches Werk durch Hinzufügung technisch klar erläuterter und aufgezeichneter Restaurationen der näher beschriebenen Objekte vervollständigte, welche zugleich eine bisher nicht gekannte Einsicht in mannigfache Konstruktionen der antiken Tektonik zu eröffnen geeignet wären.



## KAPITEL XV.

### WEITERE ALS SCHIRMDÄCHER VERWANDTE SCHILDKRÖTENMASCHINEN.

1. Man bedient sich aber noch einer andern Form von Schildkröten, testudes (Taf. 71, Fig. I, II), welche alle Bestandteile, wie die oben beschriebenen, mit Ausnahme des von schiefen Streben, capreoli, verspannten Dachwerkes, besitzen, indem an dessen Stelle eine aus Brettern errichtete horizontale Brustwehr<sup>1</sup>, pluteum, mit daselbst eingefügten Zinnen aus Dielen, pinnae ex tabulis, gefertigt sich befindet, über denen nach vorn abgeschrägte, vorspringende Wetterdächer<sup>2</sup>, subgrundae proclinatae, emporragen, die äußerlich mit starken Holzlagen, tabulis, und fest darübergezogenen Rindshäuten, coriis firmiter fixis, abgedeckt sind, auf deren äußerer Fläche man eine mit Haaren durchknetete Tonschicht, argilla, in solcher Dicke anhäuft, daß die feindlichen Feuerbrände, ignes, der Maschine in keiner Weise einen Schaden beizufügen imstande sind. Wenn die Verhältnisse es erfordern, so können derartige Maschinen auch länglich, mit acht Rädern versehen, hergestellt werden, sobald nämlich die Beschaffenheit der Umgebung der Feste solches gebietet. Jene Gattung

<sup>1</sup> pluteum, grader Dachabschluß, Brustwehr (Ch. parapet, Brustwehr) mit den aus Dielen gefertigten, pinnae ex tabulis, bekrönt, welche zur Deckung der Krieger sowie als Schießscharten dienten. Taf. 71, Fig. I. II. e. d.

<sup>2</sup> subgrundae proclinatae, nach den Frontseiten schief vorstehende Schirmdächer (Ch. des appentis inclinés de bas en haut, von unten nach oben geneigte Schirmdächer), eine Anlage, die füglich am besten als eine Art festen, das Plateau der Maschine rings überragenden Dachgerüsts gedeutet wird, unter dessen Schutz die Legionäre nach Belieben ihre Kriegsdienste verrichten konnten. Der Vorteil lag in dem leichteren Aufbau und dem Umstande, daß die Angreifer durch die feste Brustwehr mit ihren Zinnen eine allseitig mehr gedeckte Position erhielten und man eine größere Zahl von Truppen auf dem Plateau vereinen konnte.



von Schildkröten dagegen (Taf. 71, Fig. III, IV), die zur Errichtung von unterirdischen Schanzgräben<sup>1</sup>, fodere (minieren), angefertigt werden und auf griechisch oryges, Grabwerkzeuge, heißen, werden völlig nach dem System der vorher beschriebenen zusammengestellt. Eine Ausnahme bilden allein deren Stirnseiten, frontes, welche spitz nach Art der Schenkel eines Dreiecks zulaufen, damit, sobald von der Feste aus Geschosse, tela, auf dieselbe geschleudert werden, deren Anprall, plaga, auf keine hori-

<sup>1</sup> testudo ad fodiendum parata, die zur Herstellung von Schanzgräben, minieren bestimmte Schildkröte (Ch. tortues, qui sont disposées en rue de saper, zum Untergraben hergestellte Schildkröten), ὄρυγες, Grabwerkzeuge. Taf. 71, Fig. III, IV. Während die zuletzt besprochene Form von Schildkröten eine Art beweglichen Turmplateaus bildete, mußten die zum Minieren angefertigten Maschinen den Arbeitern einen gesicherten Zutritt zu dem untern Terrain vor der feindlichen Bastion darbieten, der am sichersten durch die Anlage eines spitz zulaufenden Schirmdaches mit Beigabe der nötigen Leiterstiegen ermöglicht wurde.

Die hierselbst beschriebenen Belagerungsmaschinen bewahrten in ihrem Untersatze die analogen bereits in Kap. XIV angegebenen tektonischen Elemente, indem ihr Oberbau in gleicher Gestalt auf dem unteren, basis machinae, Wagenrost, sowie dem beweglichen Rädergestelle, basis rotarum, in der typisch stets wiederkehrenden Gestalt und Verbindung sich erhob. Die mit Brustwehr, pluteum, und Zinnen, pinnae, nebst flachem Dache abgeschlossene Maschine diente füglich zum Vorschub einer größeren Soldatentruppe an eine schon durch Breche zersprengte oder doch unschwer zugängliche feindliche Mauer, da dieselbe in ihrem unteren Raume sowie auf dem oberen Plateau leicht eine Menge von Leuten befördern konnte, welche im Schutze des allseitig vorspringenden schrägen Daches mittels besonderer Sturmleitern, ascensus, und Fallbrücken rasch in Masse auf die feindliche Mauer oder ins Innere der Bastion zu gelangen vermochten. Zur Erreichung ihres Zweckes mußte die Maschine schnell vorwärts bewegt werden und setzte dieselbe, neben der stabilen Struktur ihres mit Häuten und Lehm überstrichenen Dachwerkes, in allen Teilen eine möglichst leichte Formgebung ihrer Bestandteile bei Verwendung des gediegensten Materials voraus.

Im Gegensatze verlangte die zum Unterminieren der Feindesschanzen errichtete Schildkröte, testudo ad fodiendum, oryges, bei der gleichgestalteten Substruktion einen möglichst gediegen konstruierten Baukörper mit starkem, die feindlichen Geschosse abwehrenden spitzen Dache. Da überdies die Minierarbeiten stets längere Zeit in Anspruch nahmen und hierbei die Maschine dauernd an einer Stelle den Anschlägen der Verteidiger ausgesetzt blieb, so war zugleich eine feuersichere, widerstandsfähige Abdeckung der schiefen Dachflächen geboten, welche mittels frischen über die Bretter gespannten Häuten und einer dicken darüber gebreiteten, mit Haaren durchkneteten, Lehmschicht erreicht wurde. Zum Schutze der unten vor der Maschine arbeitenden Schanzgräber wurde im Zusammenhang mit dem Hauptdache ein vorn spitz im Dreieckwinkel zulaufendes, starres Schirmdach vorgebaut, welches den Arbeitern einesteils Deckung verlieh, andernteils den Feinden den Einblick in die Art und Richtung der Minierarbeiten vereitelte. Taf. 71, Fig. IV u. Das in dem Körper der Schildkröte mitgeführte Werkzeug nebst den Leitern und zugehörigen leiterartigen Treppen zum bequemen Abstiege von dem Wagenroste, wie sonstige zur Verteidigung bei etwaigem feindlichen Ausfall erforderlichen Waffen vervollständigten die kriegstüchtige Ausrüstung der fraglichen Maschine, welche der Regel nach mit vier, zum Transporte einer größeren Mannschaft ebenso mit acht Rädern und dem entsprechenden Baugerüste ausgestattet war.



zontale Fläche erfolgt, sondern von den abgeschrägten Seiten, *planae frontes*, aufgefangen wird und dementsprechend die unter dem Schutzdache beschäftigten Soldaten ungefährdet ihre Minierarbeit zu verrichten vermögen.

2. Ich halte es nun für zweckmäßig von jener Schildkrötenmaschine, *testudo*, zu handeln, welche einst der Byzantiner Hegetor aufbauen ließ und zu erklären, nach welchem Schema dieselbe errichtet war. Die Länge ihres Wagenuntergestelles, *basis*<sup>1</sup>, betrug 60 Fuß bei einer Breite von 42 Fuß, während die vier Eckständer, *arrectaria*, welche über den Unterbau der Maschine, *compactio*, emporragten und aus je zwei (mit den oberen Widderständern) unten zusammengekämmten Balken, *binis tignis compacta*, bestanden, eine Höhe von 36 Fuß (von Basis bis Plateau) bei je  $1\frac{1}{4}$  Fuß Dicke,  $1\frac{1}{2}$  Fuß in der Breite zeigten. Das untere Rostwerk, *basis*, des Wagens ruhte auf acht Rädern<sup>2</sup>, *rotae octo*, durch welche dieser fortbewegt wurde, deren Durchmesser ( $6\frac{3}{4}$ ) V I S ÷ Fuß betrug, die Stärke der Radspeichen belief sich hierbei auf drei Fuß, und waren letztere aus dreifachen Holzlagen, *triplici materia*, nebeneinander zusammengezimmert, wobei man die einzelnen Stücke gegenseitig durch Schwalbenschwänze, *subscudibus*, verklammerte, während deren Felgen äußerlich mit Eisenblechplatten, die man auf kaltem Wege, *frigidae ducti*, gehämmert hatte, zusammengebunden, *alligatae*, erschienen. Taf. 72, Fig. I-VI.

3. Die Räder liefen in den Achsen, welche in die (von oben sie umschließenden) Radständer, *arbusculi*, auch *Hamaxopodes*, Wagenfüße, benannten Metallplatten durchgelassen waren. Weiterhin wurden auf die horizontalen Querbalken, *planitiem transtrorum*, welche man über den Wagenrost<sup>3</sup> gebreitet hatte Pfosten, *postes*, in Höhe von  $18 \div$  Fuß, bei einer Dicke von ( $\frac{1}{2}$ ) S : — und Breite von ( $1\frac{1}{2}$ ) F Z Fuß aufgestellt, die je ( $1\frac{1}{2}$ ) I S : — voneinander abstanden, während darüber gespannte,

<sup>1</sup> *basis*, Umrahmung des Wagenrostes.

<sup>2</sup> *radius rotae*, Radumfang, Felge, welche 3 Fuß = 0,9 m breit aus einer dreifachen Holzlage, *triplici materia*, nebeneinander gezimmert war, die einzeln durch schwalbenschwanzähnliche Eisenkeile, *subscudes inter se coagmentata*, untereinander verklammert und mit Reifen aus kalt gehämmertem Eisen, *lamini ferrei frigido ducti*, umschlossen waren.

<sup>3</sup> Der auf acht Rädern laufende Radrost, *basis rotarum* (Taf. 72, Fig. I. II. II A.), zeigte die normale Struktur, welche aus den obern, *arbusculi*, *ἡμαξόποδες*, Wagenständern aus hartem Holzwerke mit den sie umbindenden, *transversaria et transtra*, Tragbalken und Querbälkern nebst der Mutter, *matrix*, der unten angefügten Kurbel, *cardo*, bestand. In letztere waren die Stifte, *emboli*, des unteren Teiles der Kurbel, die in die Eisenplatten, *laminae ferreae*, daselbst eingriff, eingelassen, welche das untere Radgestelle umgaben und als Stütze der Radachsen, *axes rotarum*, dienten. Hierbei wurde durch die doppelte Gliederung der Radständer die freie Umdrehung der Kurbeln und hiernach die beliebige Bewegung der Wagenachsen bewerkstelligt.



rings fest untereinander verzapfte Deckbalken, *circumclusae trabes*, von  $(1\frac{1}{4})$  I  $\div$  Stärke und  $(\frac{2}{3})$  S  $\div$  Fuß Dicke das gesamte Untergeschoß, *compactio*<sup>1</sup>, zusammenhielten, auf welchem die schiefen Dachstreben, *capreoli*<sup>2</sup>, in einer Höhe von 12 Fuß sich erhoben, während ein (in der Mitte aufgerichteter) Firstständer, *tignum* (nebst Firstbalken, *culmen*), den Deckbalken des Dachwerkes daselbst den nötigen Verband verlieh. Ueberdies waren hierselbst nach der Langseite laufende Pfetten, *lateraria in transverso*, von oben über die *Capreoli* gespannt, welche die Unterlage des rings aufgenagelten, als Abdeckung des unteren Dachraumes dienenden Bretterbelages, *contabulatio*, bildeten. Taf. 72, Fig. II A.

4. Von kurzen (auf dem Dachgebälk der Maschine), aufgesetzten Ständern<sup>3</sup>, *taberculae*, unterstützt, hatte man fernerhin (Taf. 72, Fig. I. II.) ein weiteres Gebälkewerk, *contabulatio*, mit Dielenbelag (über dem Dachfirst) angeordnet, auf dem man Skorpionen und Katapulten aufzupflanzen pflegte. Weiterhin wurden daselbst zwei (mit den unteren Ständern) zusammengebundene Städbalken, *arrectaria compacta*<sup>4</sup>, aufgerichtet, welche eine Höhe von 35  $\therefore$  Fuß (über dem oberen Gebälk) bei einer Dicke von  $(1\frac{1}{2}) \therefore$  Fuß und Breite von zwei Fuß erreichten, und wurden diese (vier Ständer) an der Spitze jeweilig in diagonalen Richtung durch zwei in erstere eingezapfte Querbalken, *transversaria cardinata tigna*<sup>5</sup>, zusammengespannt (Taf. 72,

<sup>1</sup> *compactio*, wird hier auf den ganzen Aufbau bezogen.

<sup>2</sup> *capreoli*, die gleichfalls sich allerorten wiederholenden schiefen Streben als Träger des oberen Sparren- und Dachwerkes, welche stets mit einem mittleren Firstständer, *columen*, und oberen Firstbalken, *tignum culmen*, vereint sein mußten.

<sup>3</sup> *taberculum*, ein kurzer Ständer, Tragholz, bezeichnet im allgemeinen jene Ständer, *postes*, im Dachwerk (Taf. 72, Fig. I. II A.), welche als Stützen der Querriegel, *transtra*, zur Verstärkung der Dachflächen angeordnet werden. Im vorliegenden Falle müssen die *Taberculi* als besondere Mittelständer (Fig. II  $\gamma$   $\delta$ ) erachtet werden, welche auf den Deckenbalken der Schildkröte sich aufsetzten und vereint mit den unteren *Arrectaria* die stützende Unterlage der oberen Plateaus, *media contabulatio*, in der Mitte des Dachwerkes bildeten, auf dem die Geschütze Aufstellung fanden. Andererseits darf unter *tabercula* auch jene Mittelstütze (Fig. IV  $\alpha$ , Fig. VI  $\delta$ ) erkannt werden, die in gleicher Höhe als der hier unentbehrliche Mittelträger (Fig. II  $\gamma$ ), *arrectaria mediana*, über der analog gestalteten unteren Mittelstütze sich erhob.

<sup>4</sup> *arrectaria compacta*, zusammen verbundene Ständer, kann hier nicht im Sinne zweier nebeneinander befindlicher Pfosten gedeutet werden, sondern sind letztere als die vier Eckpfosten des Widdergestelles zu betrachten, welche tektonisch zum erforderlichen Halte unbedingt bis zum Boden der Basis der Maschine herabreichen mußten und hierselbst (Taf. 72, Fig. II  $\alpha$ , Fig. IV i m) von den doppelt nebeneinander aufgepflanzten Ständern, *arrectaria*, *binis tignis compacta*, umfassen und mit diesen durch Bänder wie Schrauben zu einem Körper verbunden waren. Die oberen Tragständer, *arrectaria*, des Widdergestelles konnten niemals als freistehende Pfosten ihre Funktion verrichten und muß diese Stelle mit »je zwei diagonal gegenüber aufgerichtete Ständer« übersetzt werden, welche mittels den (unsere Auffassung bekräftigenden) <sup>5</sup> *tigna transversaria cardinata*, in diagonalen Richtung die Spitzen, *ca-*



Fig. V S. D.) und weitere in der lichten Stärke der Eckständer mitten zwischen die Querbalken, inter scapos, eingefügte Holzstreben, i, sowie laminis ferreis, Einbänder (und Schrauben) unverschiebbar untereinander verbunden<sup>1</sup>; während man in der Mitte der Konstruktion in die, durch die sich durchkreuzenden Holzstücke und Querbalken gebildete Oeffnung, von oben einen eisenharten Holzklotz, materies<sup>2</sup>, einfügte, der mittels eiserner Schrauben und Winkelbändern, cheloniis et anconibus, allseit unverrückbar in die umgebende Balkenteile eingebunden wurde. An diesem Holzklotze waren (durch bewegliche Pfannen, Haken und Metallbänder vermittelt) zwei auf der Drehbank gefertigte Rollen, axiculi, befestigt, über deren Scheiben man die Taue, funes alligati, schlang, an deren Enden der Sturmbock, aries, befestigt war.

5. Mitten über diesem sich kreuzenden Balkenwerk, das den Widderbalken<sup>3</sup> aufnahm, hatte man ein, einem Türmchen, turriculum, ähnliches Schilderhäuschen, pluteum, dergestalt aufgebaut, daß zwei darin stehende Soldaten in sicherer Deckung, sine periculo, in die Ferne spähen und über die Anschläge der Feinde Bericht zu erstatten vermochten. Der daselbst angebrachte Sturmbock, aries, besaß eine Länge von (180) 104 :::: Fuß, bei einer hinteren Dicke von  $\frac{1}{2}$  ::::, und einer mittleren Stärke von 1 :::: Fuß, welche Größe sich nach dem Haupte zu auf 1 :::: — Fuß Dicke und ( $\frac{1}{2}$ ) S — Fuß Breite verschmälerte. Taf. 72, Fig. II ρ.

6. Die Spitze dieses Widders lief aber in eine einem Schnabel glei-

pita, der Ständer umklammerten (Fig. V δ, V A) und als eingezapfte Querbalken wechselseitig die arrectaria überspannten und dementsprechend in der Mitte eine natürliche Oeffnung zur Einkeilung des den Widder tragenden Klotzes, materies, darboten.

<sup>1</sup> Da zu diesem Zwecke wie der nötigen Verstrebung der beiderseitigen Querbalken eine mittlere Verbindung desselben gefordert wurde, so fügte man mitten zwischen die beiden Querbinder in der lichten Stärke der Eckständer jene, mediano inter duos scapos, Balkenstücke (Fig. V ι), ein, welche, cardinato et laminis ferreis religata, durch Einzapfung wie Anlage von verschraubten Eisenbändern dem ganzen diagonalen Balkenwerk eine unverrückbare Struktur verliehen, während die Arrectaria mittels Fig. I π, Fig. V y, conjunctio in forma crucis, Andreaskreuze (fultura erismatorum, Neben-, Gegenstützen) untereinander seitlich verstrebt wurden.

<sup>2</sup> materies, ein der arbusculi ähnlicher Holzklotz aus tunlichst hartem Holze Fig. I. II. V x, welcher von oben in die Balkenstruktur eingelassen wurde und an seinem unteren Ende mit verschraubten metallenen Bändern, cheloniis et anconibus, umgeben war, welche den beweglichen Haken, ancon versatilis, trugen, an dem die λ Kloben nebst Rollen, axiculi, befestigt waren, um die die μ funes et catenae, Taue und Ketten, geschlungen waren, welche den ν aries, Widdersturmbock aufnahmen. Eine besondere an dem Kloben, trochlea, angebrachte obere drehbare Kurbel (Fig. VII o), cardo, ermöglichte die seitliche Drehung des Widders.

<sup>3</sup> caput, obere Fläche des Widdergestelles, auf dessen Mitte das einem Türmchen, turricula, ähnliche Schilderhäuschen, ρ pluteum, stand.



chende, aus Stahl<sup>1</sup> geschmiedete Umhüllung, *rostrum ferro duro*<sup>2</sup>, aus, wie diese in ähnlicher Form am Buge der großen Kriegsschiffe üblich ist, und zwar erstreckten sich vom Schnabel ab vier Stahlbänder, *laminae ferreae*<sup>3</sup>, gegen 16 Fuß über den Holm des Widders, an dessen Holzwerk sie durch Stifte befestigt waren. Von der Spitze, *capite*, bis zum äußersten Ende (*calcem*<sup>4</sup>, Ferse) des Sturmbockes waren überdies ringsum vier, je acht Zoll im Durchmesser starke Seile, *funes*, in der Form gespannt, so wie man solche bei einem Schiffe vom Hinterteile, *puppis*, bis Vorderbuge, *prora*<sup>5</sup>, (und dem Maste) anzulegen pflegt, überdies schlang man über diese Umgürtung, *praecinctura*, zum nötigen Zusammenhalte noch in der Quere Stricke, *funes*, welche in einem jeweiligen Abstände von 1½ Fuß sich wiederholten. Fig. I A. Aeüßerlich hüllte man ferner den Sturmbock in ungegerbte Häute, während die Stücke der Taue (die zum Zwecke seiner Bewegung) herabhingen<sup>6</sup>, aus einer aus vierfachen Stäben geschmiedeten Eisenkette, *catena quadruplex*, bestanden, die sämtlich nochmals mit rohem Rindsleder umgeben waren.

7. Ebenso verwahrte man am Vorderteile, *projectura*<sup>7</sup>, der Maschine, eine aus Holzstangen, *tabulis*<sup>8</sup>, gezimmerte, stabil durchgeführte Sturmleiter, *arca* (Taf. 72, Fig. Iξ, Fig. I C), über deren (aus dicken Tauen bestehende) rauhe Sprossen die Leute, ohne auszugleiten, leicht die feindliche Mauer zu erklimmen imstande waren. Diese so gestaltete Maschine konnte hierbei nach sechs Richtungen<sup>9</sup> hin ihre Wirkung entfalten, indem ihr Sturmbock (durch

<sup>1</sup> Inwieweit jenes wohl durch Hämmern, andernteils durch eine uns heute nicht überlieferte Technik der Schmiedekunst gehärtete Eisen unserem Stahle gleich ist unbekannt, darf jedoch nach den Leistungen eines Mauerbrechers (und-bohrers), welcher harte Sandsteine zersprengte und zermalmte, als ein würdiges Äquivalent betrachtet werden.

<sup>2</sup> *rostrum arietis ferro duro*, die einem Schiffsschnabel gleichende Spitze des Sturmbockes, welche aus gehärtetem Eisen geschmiedet wurde. Fig. I v σ.

<sup>3</sup> *laminae ferreae*, geschmiedete Eisenbänder, welche von dem Rostrum ausgehend auf 15 Fuß nach jeder Seite über den Holm des Widder sich erstreckten.

<sup>4</sup> *calx arietis*, Ende, Ferse des Sturmbockes.

<sup>5</sup> *a puppi ad proram*, die vom Hinterteil bis zum Vorderteil des Schiffes reichenden Taue, *funes*, welche zugleich den in der Mitte befindlichen Hauptmast, *molum*, mit verspannten.

<sup>6</sup> *catena quadruplex*, aus vierfachen Stäben geschmiedete Kette.

<sup>7</sup> *projectura*, der vordere Teil, Raum der Maschine mit dem Dachvorsprunge daselbst.

<sup>8</sup> *tabulae*, Holzstangen, die als Seitenständer der, *arcae*, Sturmleitern verwendet wurden, während deren Stufen, *gradus*, aus dicken, rohen Seilen, *rudentes*, gefertigt waren, damit die Aufsteigenden nicht ausglitten.

<sup>9</sup> Durch die über den, *axiculi*, Rollen, angebrachten drehbaren Kurbeln (Pfannen) war man in der Lage, dem Sturmbocke eine beliebige Richtung zu verleihen, wozu dann eine mehr oder weniger starke Anspannung der Taue nebst Wendung des Standes bei der Schwingung genügte.



Drehung) vor und rückwärts, nicht minder seitlich nach rechts und links, wie durch Aufrichtung seines Schnabels nach oben und Neigung desselben nach unten hin verwendbar war. Seine technische Struktur war aber derart hergerichtet, daß die Spitze des Widders zur Zerspaltung, *dispiendum* (Taf. 72, Fig. I), einer Mauer bis zu einer Höhe von nahe 100 Fuß emporgerichtet werden konnte, sowie die Sturmwanne anderseits, sobald man sie von ihrem rechten bis linken Treffpunkte hin bewegte, einen Abstand von ungefähr 100 Fuß bestrich, Fig. V A k z, *perstringebat*. Diese Widderschildkröte verlangte zu ihrer Bedienung 100 Mann, zudem dieselbe ein Gewicht von 4000 Talenten<sup>1</sup>, das dem von 480 000 Pfund entspricht, besaß.

<sup>1</sup> talentum, Talent, hatte als Gewicht ein sehr verschiedenes Maß, so war das talentum Atticum 60 minos = 60 Pfund Attisch. Das römische Talent entsprach ca. 80 Pfund.

Was hiernach die Gestalt der von Vitruv als einstiges besonderes Meisterstück hervorgehobenen Widderschildkröte (Taf. 72, Fig. I) betrifft, welche der Architekt Hegator nach seiner besonderen Aufzeichnung errichten ließ, so bildete letztere eine höchst komplizierte Maschine, welche die Funktion des Schutzhauses zum Sturmangriff, des Widdersturmbockes verbunden mit Raum für das übrige Geschützwerk und den nötigen Sturmleitern nebst Fallbrücke erfüllen sollte. Dieselbe hatte im Mittelkörper eine Länge von 60 bei einer Breite von 42 Fuß und zeigte in ihrer fundamentalen Anlage die typische Bildung von fest zusammengefügttem Roste, *basis machinae*, der auf dem normalen unverrückbar verbundenen Roste des Räderwerkes, *basis rotae*, ruhte. Da jedes Rad eine Höhe von  $6\frac{3}{4}$  Fuß bei einer Speichenstärke von 3 Fuß erreichte und über letzteren die nötigen Räume für die Löcher, *foramina*, der Hebel, *vectes*, zur Fortbewegung der Maschine und die über diesen befindlichen Pfannen, *cardines*, zu deren Drehung bleiben mußten, sowie endlich die Tragbalken, *transversarii*, der Radständer mindestens  $1\frac{1}{2}$  Fuß in Anspruch nahmen, so mußte die Entfernung vom Boden bis Unterkante des Wagenrostes sich mindestens auf 10 Fuß belaufen. Den mächtigen Rädern, welche hierbei durch Menschenhände und Druck der Hebel mit besonderer Vorrichtung fortbewegt wurden, pflegte man Eisenplatten unterzuschieben, während die Maschine im ruhigen Stande durch die eingestellten Tragständer, *sphenes* (Fig. II. 4), die man an allen überlasteten Punkten aufstellte, eine Unterstützung erhielten.

Der Rost selbst bestand aus einer überaus kräftigen Umrahmung, wobei seine äußeren, *tigna*, Balken (Steg wie Schemel) durch Verzapfung und Metallbänder zusammengebunden und in der Mitte durch die Längsbäume und die unteren Quert Träger (Achsenstücke) zu einem unverschiebbaren Ganzen, *compactio*, vereint erschienen. Dieser Rost war wiederum durch Verzapfungen und angeschraubten Eisenbändern mit dem Roste des Räderwerkes (Taf. 72, Fig. III 1, a b c) unzertrennlich vereint. Da jedes Rad durch seine besondere Pfanne, *cardo*, für sich beweglich war, so mußte (da eine von Rad zu Rad quer durchgeführte Achsenbildung im heutigen Sinne ausgeschlossen blieb) (Taf. 72, Fig. III 1, d) die Junktur der beiderseitigen Tragbalken, *tigna transversaria*, mittels Verstrebungen in gerader Richtung sowie Andreaskreuzgestalt, in *forma crucis*, die aus Holzwerk und festen Eisenstangen bestanden, bewerkstelligt werden.

Eine überaus schwierige Lösung bietet im vorliegenden Falle der Oberbau dar. Nach wörtlicher Uebersetzung des gewiß etwas lückenhaften Textes ist dieselbe überhaupt nicht tektonisch lösbar noch ausführbar und führte, wie die allge-



meinen Restaurationen erweisen müssen, zu verschiedenen Rekonstruktionen, welche in Wirklichkeit niemals die Bestimmung einer so mächtigen Belagerungsmaschine erfüllen konnten. Da nun einmal die Erneuerung der betreffenden, in ihrem wahren Bilde heute uns fremden, Maschinerie höchstens einen annähernd maßgebenden Wert beanspruchen darf und in den Details überhaupt nicht über die Skizze reichen kann, so ersuchen wir auch unsere, auf den traditionellen Angaben des Vitruv mit teilweise freier Ergänzung einzelner Elemente beruhende Wiederherstellung in diesem Sinne zu beurteilen. Taf. 72, Fig. I—VII.

Nach Vitruvs Angabe bestand der über den ganzen Rost sich erstreckende Oberbau aus 18 Fuß hohen verklammerten Pfosten, postes, die je  $1\frac{1}{2}$  Fuß voneinander abstanden und dementsprechend das Gewicht der Maschine erleichterten. Diese Pfosten waren unten (Fig. II A) in besondere, über den Rost gespannte Balken, <sup>2</sup> transtra, eingelassen und oben durch in deren Enden eingezapfte Deckbalken, <sup>3</sup> trabes circumclusae, zusammengebunden, während die so geschaffenen Umfassungswände oben konstruktiv durch quergelegte Deckenbalken, <sup>4</sup> tegumena (tigna), zusammengeschlossen wurden. Parallel zu den Frontseiten waren in den nötigen Abständen in jene tegumena (tigna) schiefe Streben, <sup>5</sup> capreoli, eingelassen, welche in der Höhe von 12 Fuß in den unvermeidlichen Mittelständer, <sup>6</sup> columnen, eingriffen, welche letzterer wiederum den Firstbalken, <sup>7</sup> culmen, aufnahm und mit den Capreoli durch doppelte Querriegel, transtra, zusammengespannt waren, die nochmals durch Ständer, <sup>9</sup> tabercula, unterstützt wurden. Nach der Langseite waren außer Balken, <sup>10</sup> lateraria transversa, über die Capreoli gebreitet, welche pfettenartig mit den ersteren verbunden, diese zugleich gegenseitig verstreuten und auf solche Art dem Dachwerk, das mit Bretterbelag, <sup>11</sup> cantabulatio, bedeckt wurde, einen stabilen Halt verliehen. In diesem hausähnlichen Wagenaufbau war in der Mitte das Untergerüst für die Geschosse sowie das obere Widdergerüste folgendermaßen eingebaut.

Aus der überaus schwer zu erklärenden Stelle des Autors geht soviel mit Bestimmtheit hervor, daß die Grundlage des Mittelbaues aus den im Beginne erwähnten vier arrectaria ex linis tignis compacta bestand, welche, auf dem unteren Roste der Maschine aufgesetzt, in einer Höhe von 36 Fuß emporgerichtet waren (Fig. II) und dementsprechend noch um einige Fuß über den First des Daches, fastigium, des Wagenaufbaues, compactio, hervorragten. Eine an Stelle des unteren Wagengebälkes ε durchgeführte kräftige Balkenlage, tabulatio, die durch einen Mittelständer γ nebst Pfetten und Unterzügen unterstützt wurde, bildete bei dem Mittelbau das vermittelnde Element des durch analoges Trag- und Balkenwerk getragenen, von kurzen Mittel- und Seitenständern (Fig. VI δ γ), trabeculae, unterstützten Plateaus ζ über dem Dachfirste, das zum Betrieb schwerer Geschütze den nötigen Haltpunkt bieten mußte.

Da nun das in Höhe von gegen 35 Fuß sich über das Geschützplateau erhebende Widdergestell, welches bei Bewegung des ebenso gewichtigen wie langen Stoßbalkens einem gewaltigen seitlichen Schub ausgesetzt war, eine unmittelbare tektonische Verbindung seiner Tragständer, arrectaria, mit dem Unterbau erforderte, so kann (wie schon berührt) eine technische Lösung einzig in dem Sinne gedacht werden, daß jene oberen Arrectari (Fig. V β) bis zum Boden des Wagenrostes herabreichten und hierselbst von den unteren Arrectaria (Taf. 72, Fig. IV im, Fig. IV 1 2) die aus je zwei Tragständern bestanden, umklammert und mittels der erforderlichen Bänder und Schrauben zu einheitlichem Körper verbunden wurden. Die wohl noch dunklere Darstellung der Gestalt des oberen Widdergestelles kann desgleichen nur in dem Sinne eine baulich befriedigende Lösung erhalten, wenn man je zwei Arrectaria annimmt die 35 Fuß frei über das Geschützplateau emporragten und an ihren Spitzen in diagonalen Richtung an beiden Seiten, transversario cardinato tigno, durch je zwei mit den Ständern verzapften und verschraubten Querbalken θ verspannt waren (Taf. 72, Fig. II, Fig. V θ β). Da diese Verspannung der Arrectaria nur unter einander durchführbar war und die Querbalken zur nötigen mittleren gegenseitigen Verstrebung, in mediano inter duos scapos, besondere kleine Balkenstücke (Fig.



V i) voraussetzten, ergab sich in der Mitte der Kreuzung der Querbalken ein offener von allen Seiten fest eingebundener Raum, der zur Aufnahme jenes eisenfesten Klotzes  $\kappa$ , materies, eine gewünschte Stelle darbot, an dessen unterem Ende mit Eisenwerk die  $\sigma$  Rollen befestigt wurden, welche die  $\mu$  Tragseile des  $\nu$  Widders aufnahmen.

Der teilweise von Tauen, teilweise von Ketten getragene Widderbock, aries, konnte allein in seiner Hin- und Herbewegung (insbesondere dessen Rückzug nach dem Anpralle) dadurch geleitet und reguliert werden, daß man das eine Ende der Tragseile, funes, an dessen Vorderteile befestigte, hierauf durch die Axiculi, Rollen,  $\lambda$  am oberen, materies, Tragklotze schlang, sodann zu einer in der Mitte des Sturmbockes angebrachten Rolle, Ring (Fig. I y) herabführte, von hier nochmals oben um die zweite Rolle (an der trochlea) Welle schlang und dann an dem hinteren Teile des Sturmbockes abermals befestigte. Hiernach lag es einzig in der Hand der unten zur Seite stehenden Leute, den Holm auf Wunsch nach den verschiedenen Richtungen hin zu schleudern und wieder in die normale horizontale Lage zurückzubringen.

Bei allen diesen Konstruktionen muß noch hervorgehoben werden, daß die, Arrectaria, Balkenständer, wo immer tunlich eine innere seitliche Verstrebung bedingten, welche mittels gerader Streben (Fig. I  $\pi$ , III A) wie solcher in Kreuzesform bewerkstelligt wurden. Was endlich die technische Durchbildung der Maschine als Kriegswerkzeug betrifft, so war dieselbe geschaffen, alle Funktionen der einzelnen Belagerungsmaschinen zugleich zu erfüllen, indem dieselbe im unteren Raume den Transport von Kriegsmaterial mit Sturmleitern nebst Truppen gestattete, ihr mittlerer Aufsatz mit Plateau die Bestimmung eines Turmes mit schwerem Geschütze ersetzte, und endlich der obere gewaltige Sturmbock zur Zertrümmerung feindlicher Mauerteile im weitesten Sinne diente. Die militärische Bedeutung dieser Widderschildkröte bestand füglich darin, daß man die vor der Aktion schon völlig montierte Maschine tunlichst nahe an die Bastion der Feinde heranrückte und dann, nachdem der Widder eine Bresche geschlagen, die Geschütze einesteils dessen Funktion unterstützten, andernteils Zinnen und Mauern noch weiter zu zertrümmern strebten, bis die defekte feindliche Mauer einen Sturm auf letztere ermöglichte, der hierauf über die im Vorderteile, projectura, der Maschine bewahrten, arcae, Sturmleitern und Fallbrücken erfolgte. Bei dieser strategischen Aktion leistete das in der Mitte, caput, auf dem Widdergestell (Taf. 72, Fig. II  $\rho$ ) aufgesetzte, turriculum, Türmchen, das als, pluteum, Schilderhäuschen zur Aufnahme von zwei Kriegern geschaffen war, vorzügliche Dienste, da erstere die Feindeszinnen zu überschauen und den unteren Legionären genauen Bericht über die Anschläge der Verteidiger zu erteilen in der Lage waren. Wie allenthalben so pflegte man auch hier sämtliche Außenflächen der Maschinenteile mit rohen Rindshäuten und den sonstigen Schutzmitteln gegen Brandpfeile wie Geschosse der Verteidiger zu überkleiden.



## KAPITEL XVI.

### ÜBER DIE FORM DER VERTEIDIGUNG.

1. Von den Skorpionen, Katapulten und Balisten, wie auch Schildkröten nebst den Belagerungstürmen habe ich die mir am wichtigsten dünkenden Verhältnisse dargetan, ferner habe ich deren Erfinder und die Art ihrer Herstellung kundgegeben. Eine Beschreibung der Sturmleitern<sup>1</sup>, *scalarum*, und Krahnen<sup>2</sup>, *carchesiorum*, deren Anfertigung einen geringeren technischen Aufwand erfordert, hielt ich hingegen nicht für geboten, zudem die Soldaten jene eigenhändig herzustellen pflegen, und diese Objekte nicht überall die nämliche Gestalt zeigen noch in derselben Weise nutzbar sind, da die Art der Befestigung<sup>3</sup> einer Stadt, *munitio*, sowie die Tapferkeit der Völker, jeweilig eine verschiedene Form wie Mittel zur Abwehr verlangen. In solchem Sinne erscheint es geboten, andere Hilfsmittel zur Verteidigung<sup>4</sup>, *machinationes*, gegen kühne und unbesonnene Feinde, andere wieder bedachtsame, und wieder andere gegen furchtsame Gegner zur Anwendung zu bringen.

2. Wer immer hiernach die anbefohlenen Vorschriften zu beherzigen strebt, unter ihrer vielfach wechselnden Art die richtige Wahl trifft und diese bei der Zurüstung<sup>5</sup>, *comparatio*, zu Kriegszwecken in Anwendung bringt, dem wird es nicht an den nötigen Verteidigungsmitteln, *auxiliis*,

<sup>1</sup> *scala*, Sturmleiter.

<sup>2</sup> *carchesium*, *καρχήσιον*, der obere Teil am Mastbaum, sonst Krahinständer, eine Maschine zum Emporheben der Kriegswerkzeuge (Ch. *plates-formes*, Terrasse ist schwerlich dem Sinne entsprechend).

<sup>3</sup> *munitio*, Befestigungsanlage sowie Angriffsmittel, Verteidigungsart.

<sup>4</sup> *machinationes*, Gegenstände, Mittel.

<sup>5</sup> *comparatio*, Zurüstung der Feste mit den gebührenden *auxiliis*, Verteidigungsmitteln.



gebrechen, sondern in der Lage sein, ein jegliches Kriegswerkzeug, wie es für den Fall und die Ortsverhältnisse gerade paßt, ohne Bedenken herzustellen. Was die zur Verteidigung dienenden Gegenstände<sup>1</sup>, repugnatoriae res, anbelangt, so dürfte hier eine schriftliche Aufzeichnung nicht am Platze sein, da die Feinde beim Baue ihrer Belagerungsmaschinen<sup>2</sup>, oppugnatoriae res, sich nicht nach unsern kriegswissenschaftlichen Werken, scriptis, richten, vielmehr werden der Erfahrung nach deren Belagerungsmaschinen am erfolgreichsten nach ebenso raschem wie sinnreichen Entschluß des öftern ohne alles Beiwerk zu nichte gemacht, welcher Fall sich auch bei den Rhodiern zugetragen hat.

3. Diognetos wirkte zu Rhodos als Architekt, und erhielt alljährlich von seiten der Gemeinde (als Stadtbaumeister) für seine kunsttechnischen Leistungen einen Ehrensold. Als zu jener Zeit ein Baukünstler aus Arados, mit Namen Kallias nach Rhodus gekommen, hielt dieser in öffentlicher Versammlung einen Vortrag<sup>3</sup>, acroasin, wobei er das Modell einer Festung vorzeigte, auf deren Wall er eine kleine Maschine mit drehbarem Krahn, carchesio versatili, aufstellte, mit dem er eine (in Miniatur nachgebildete) Stadteroberungsmaschine, helepolim, beim Annähern an die Festungsmauern ergriff, und in den Stadtbezirk hinein hob. Sobald die Bürger von Rhodus dieses Experiment in Augenschein genommen hatten, so entzogen sie, von Bewunderung erfüllt, dem Diognetos den jährlich bewilligten Gehalt und übertrugen seine Stelle als Stadtbaumeister an den Kallias.

4. In jener Epoche führte der König Demetrius, der wegen seines unentwegten Tatendrangs<sup>4</sup>, pertinacia, der Städtebezwinger<sup>5</sup>, poliorcetes, hieß, auf seinem gegen Rhodus geplanten Feldzuge den hervorragenden Baukünstler Epimachos aus Athen mit sich (als leitenden Ingenieur) in das Kriegslager. Dieser erbaute aber daselbst mit gewaltigem Geldaufwand, beharrlichem Fleiße und Hülfsnahme aller technischen Hilfsmittel<sup>6</sup>, labore, eine Belagerungsmaschine<sup>7</sup>, helepolim, welche 125 Fuß

<sup>1</sup> res repugnatoria, zur Verteidigung dienende Gegenstände, ἀμυντήριον, προβολή, Mittel zur Verteidigung (ἀπολογία). (Ch. choses de la défense.)

<sup>2</sup> res oppugnatoria, zur Belagerung, Bestürmung dienende Objekte, μηχανή, μηχανήμα, πολιορκητικόν, ὄργανον, Maschine, Kriegswerkzeug zur Belagerung, Bestürmung (πολιορκία, τειχομαχία) einer Feste.

<sup>3</sup> acroasis, ἀκρόασις, Vorlesung, Vortrag (Ch. fit une conférence, Unterredung halten, vielleicht treffender elocution oder leçon publique).

<sup>4</sup> pertinacia, Ausdauer, Tatendrang.

<sup>5</sup> poliorcetes, πολιορκητής, Städteeroberer.

<sup>6</sup> labor, Bemühung in materiellem Sinne, arbeiten mit den nötigen technischen Mitteln.

<sup>7</sup> helepolis, ἐλέπολις, eine Belagerungsmaschine, die Städteeroberin benannt. Nach der Angabe Vitruvs bildete diese Schöpfung des Epimachos eine Kombination



emporragte, und in der Breite 60 Fuß maß, die er außen mit ausgestopften Decken<sup>1</sup>, ciliciis, nebst rohen Rindshäuten so dick umhüllen ließ, daß deren Wände selbst den Anprall eines aus einem Balisten geschleuderten Steine im Gewicht von 360 Pfund schadlos ertrugen, während sich das Gewicht der ganzen Maschine auf 360 000 Pfund belief. Indem nun Kallias von den Rhodiern den Auftrag erhielt, wider jene Angriffsmaschine eine Gegenwehr zu errichten und erstere nach seinem gegebenen Versprechen über die Mauer in die Stadt zu heben, so gestand derselbe, dieses nicht zu vermögen.

5. Man kann einmal nicht alles nach dem nämlichen Schema ausführen; denn es gibt wohl Gegenstände, welche nach unbedeutenden Modellen, exemplaribus, ins Große übertragen einen Erfolg erzielen, andere gestatten überhaupt kein Modell, sondern lassen sich nur in natürlicher Größe herstellen, einige hinwieder, welche im Modell richtig gestaltet erscheinen, verlieren bei der Uebertragung in größere Verhältnisse jeglichen Wert, wie dies aus folgendem Beispiele zu ersehen ist. Mit einem Bohrer<sup>2</sup>, terebra, höhlt man leichthin ein halbzölliges, ein zölliges wie selbst 1½ Zoll breites Loch aus, versuchte man dagegen ein handbreites auf dieselbe Weise herzustellen, so wäre dies nicht ausführbar. Die Durchführung eines halbfüßigen oder gar noch breiteren dürfte niemand in den Sinn kommen.

6. In dieser Beziehung läßt sich eben vieles, das in kleiner Nachbildung anscheinend seinen Zweck erfüllt, nicht in derselben Form ins Große übertragen. Auch die Rhodier hatten, von dieser falschen Voraussetzung getäuscht, dem Diognetos Unrecht mit Schmach angetan. Als sie aber inne wurden, daß der Feind sie ernstlich angreife<sup>3</sup>, und daß die Belagerungsmaschine zum Sturme auf die Stadt bereit stehe, so warfen sie, die Gefahr der Knechtschaft fürchtend und nichts anders als die Plünderung<sup>4</sup>, vastitatem, der Stadt erwartend, dem Diognetos sich zu den Füßen und flehten, die Vaterstadt vor dem Untergange zu retten.

---

von Schildkröte mit hohem Turme, der durch die zugehörigen Geschütze (Kata-pulte, Balisten) armiert war. Die gegebenen Größenverhältnisse sind so gewaltig, daß ihr Holzwerk einzig aus den zeitlichen Urwaldbeständen der härtesten, tragfähigsten Baumgattungen (so der Zypressen, Zedern, Wintereichen, immergrünen Eichen) hergestellt werden konnte, nach unseren heutigen Forstverhältnissen einfach statisch in Holzwerk nicht mehr rekonstruierbar wären.

<sup>1</sup> cilicium vestimentum, Decke aus groben Ziegenhaaren.

<sup>2</sup> terebra, eiserner Holzbohrer.

<sup>3</sup> infestare, angreifen.

<sup>4</sup> vastitas, Zerstörung, Plünderung.



7. Dieser weigerte sich anfänglich der Bitte zu willfahren, als jedoch edle einheimische Jungfrauen<sup>1</sup>, ingenuae virgines, und Jünglinge, ephebi, in Begleitung der Priesterschaft zu ihm kamen und ihn mit Bitten bestürmten, so sagte er Hülfe unter der Bedingung, legibus, zu, daß die Maschine, falls er sie erobert hätte, ihm als Eigentum zufalle. Nachdem solches verabredet, ließ er an der Stelle, gegen welche die Maschine vorgerückt wurde, in die Stadtmauer Scharten<sup>2</sup> einbrechen, und erteilte den Befehl, daß alles Wasser, Kot und Schlamm, was im städtischen wie im Privatbesitze aufzutreiben wäre, durch jene Scharten, fenestrae, über vorgeschobene Rinnen vor die Stadtmauer geschüttet würde. Nachdem man dann über Nacht an dem besagten Platze eine große Menge Wasser, Schlamm und Kot ausgegossen hatte, so versank am folgenden Tage die im Anrücken begriffene, zur Eroberung der Stadt erbaute Maschine, helepolis, noch ehe sie genügend an die Feste herangerückt war, so tief in dem künstlich geschaffenen Sumpfe, daß dieselbe weder vorwärts bewegt noch später rückwärts gezogen werden konnte. Sobald hierauf Deme- trius erkannte, daß er durch die Klugheit des Diognetos überlistet sei, so segelte er mit seiner Flotte davon.

8. Die Rhodier, welche somit durch die Erfindungsgabe des Diognetos von der Kriegsgefahr befreit waren, sprachen demselben im Namen des Staates ihren Dank aus und übertrugen ihm alle Ehrenbezeichnungen und Würden. Diognetos befahl dagegen, jene Belagerungsmaschine in den Stadtbezirk hineinzuschieben und stellte sie an einem öffentlichen Platze mit der Inschrift versehen auf: «Diognetos hat von der Kriegsbeute<sup>3</sup> dieses der Bürgerschaft zum Geschenke gegeben». Aus diesem Beispiele ist ersichtlich, daß bei der Verteidigungskunst im Vordergrunde nicht allein die Kriegsgeräte, sondern vielmehr die klugen Ratschläge den Ausschlag geben.

9. Auf ähnliche Art wurde Chios entsetzt, denn als daselbst die Feinde auf ihren Schiffen schon Sturmbrücken<sup>4</sup>, sambucae, hergerichtet hatten, warfen die Bürger zur Nachtzeit Erde, Sand und Steine vor der Stadtmauer in die Meerdüne hinein. Während hierauf am folgenden Tage die Feinde zu landen versuchten, so liefen ihre Schiffe auf der

<sup>1</sup> virgo ingenua, in der Stadt geborene, freie Jungfrau.

<sup>2</sup> pertundere, durchbohren, fenestras, Scharten in die Mauer brechen.

<sup>3</sup> manubium, Kriegsbeute.

<sup>4</sup> sambuca, σαμβούκη, ein dreieckiges Saiteninstrument (nach Vegetius 4. 21 eine Art Zither), nach welchem man eine gewisse Form von leiterartiger Sturm- brücke (Polybinus 8. 3) benannte, die zum Zwecke der Bastionersteigung von den Türmen oder den Schiffen aus hergerichtet wurden (Ch. ponts-levis, Zugbrücke).



unter der Wasserfläche künstlich geschaffenen Untiefe<sup>1</sup>, aggeratio, fest, so daß sie weder an die Stadt heranzurücken noch rückwärts das offene Meer zu gewinnen imstande waren, worauf sie mit Brandstoff umhüllten, glühenden Pfeilen<sup>2</sup>, malleolis, beschossen wurden, bis die Schiffe in Flammen aufgingen. Als ebenso auch Apollonia von allen Seiten von den Feinden eingeschlossen<sup>3</sup> war, und die Belagerer mittels Anlegung von Minen<sup>4</sup>, specus, heimlich in die Stadt einzudringen versuchten, dieser Anschlag jedoch durch Kundschafter<sup>5</sup>, speculatoribus, den Appolloniern verraten wurde, so verloren sie, durch die Nachricht bestürzt und aus Furcht ratlos, völlig den Mut, da sie unfähig waren zu bestimmen, zu welcher Zeit und an welcher Stelle das Hervorbrechen<sup>6</sup>, emersus, der Feinde erfolgen würde.

10. In dieser Not befahl Trypho aus Alexandria, der in der Stadt als Architekt sich niedergelassen hatte, innerhalb des Festungsgürtels mehrere Minen zu ziehen und beim Graben dieselben in dem Erdreich ungefähr<sup>7</sup> eine Pfeilschußweite, sagittae emissio, über die Festungsgrenze hinauszuführen, wobei er in jeden der Gänge eine Bronzeglocke aufhängen ließ. Als dann in einem jener Gräben<sup>8</sup>, fossura, der als Mine gegen die Feinde unterhalb getrieben war, die daselbst aufgehängten Bronzegefäße bei den Schlägen der Eisenwerkzeuge der Belagerer zu tönen begannen, so erkannte man von welcher Richtung her die Gegner ihre Mienen anlegten und woselbst sie in die Stadt einzubrechen beabsichtigten. Nachdem auf solche Weise die Stellung<sup>9</sup> der Feinde (in den Minen) offenkundig war, befahl Trypho Bronzegefäße mit kochendem Wasser und Teer gefüllt sowie Menschenkot mit glühendem Sande über den Köpfen der in den Gruben beschäftigten Feinde anzuhäufen; ließ dann zur Nachtzeit zahlreiche Löcher in die Stollen der Feinde herabgraben,

<sup>1</sup> aggeratio, Ausfüllung des Wassers und dadurch erzeugte Untiefe.

<sup>2</sup> malleolus, Brandpfeil, d. h. mit Brandstoff auf eine heute nicht mehr bekannte Weise getränkte Pfeile, welche nach Erreichung des Zieles ihre Gluthitze noch so lange bewahrten, daß sie selbst widerstandsfähige Gegenstände, wie Eichenholz allmählich in Flamme setzten.

<sup>3</sup> circumsidere urbem, eine Stadt rings belagern, einschließen.

<sup>4</sup> specus, unterirdischer Graben, Mine (Ch. galeries souterraines, unterirdische Minengänge).

<sup>5</sup> speculator, Kundschafter, Ausspäher, Spion.

<sup>6</sup> emersus (von emergo), hervortreten, hervorbrechen, Ausfall machen.

<sup>7</sup> duntaxat, ungefähr.

<sup>8</sup> fossura, Graben, wird hier mit specus, Stollen, Mine, identifiziert. Im vorliegenden Falle waren die von den Verteidigern angelegten Gräben höher als die Minen der Belagerer angelegt, so daß erstere bei Kreuzung derselben die unteren Gruben mit dem angehäuften Wasser und Unrat nach Belieben anfüllen konnten.

<sup>9</sup> limitatio, Stellung, Richtung.



und indem man plötzlich den ganzen Vorrat von Unrat in die untere Mine herabschüttete<sup>1</sup>, wurden sämtliche in den Gruben beschäftigten Leute getötet.

11. In ähnlicher Weise ereignete es sich bei der Belagerung von Massalia, woselbst die Gegner schon mehr als 30 Minen getrieben hatten und die Massalier, dieses vermutend, den ganzen um die Stadt laufenden Graben<sup>2</sup> durch einen weiteren Aushub so vertieften, daß alle äußeren Minen der Belagerer in den letzteren einmünden mußten. An den Orten hingegen, woselbst der Graben nicht tiefer als die Stadtmauer herabgeführt werden konnte, legten sie eine tiefe Höhlung, barathrum, von gewaltiger Länge und Breite, einem Fischteiche ähnlich, jener Stelle gegenüber an, woselbst die Mine von den Gegnern gegraben wurde, und füllten diese Grube mit dem Wasser aus den städtischen Brunnen und dem des Hafens aus. Als hierauf der feindliche Stollen plötzlich auf einen jener ausgehöhlten Abteufungen<sup>3</sup>, nares, stieß, so riß<sup>4</sup> die Macht des eindringenden Wassers das Rüstwerk, futura, des Stollens nieder, wonach die in demselben befindlichen Soldaten durch die Wassermasse wie den Einsturz den Minenwerkes insgesamt erstickten.

12. Als weiterhin von den Belagerern ein Damm<sup>5</sup>, agger, gegen die Stadt aufgeworfen wurde und man zu diesem Zwecke gefälltte Baumstämme zur Ueberbrückung des Festungsgrabens anhäufte, so schleuderten die Verteidiger mittels Balisten glühende Eisenpfeile<sup>6</sup>, vectes ferreos, in deren Holzmasse und setzten so den ganzen aufgeschichteten Wall in Brand. Nachdem man ferner eine Widderschildkröte, testudo arietaria, als Mauerbrecher an die Feste herangeschoben hatte, ließen die Verteidiger einen Fallstrick<sup>7</sup>, laqueum, von der Zinne herab, und zogen, nachdem sie die Spitze des Sturmbockes umschlungen hatten, mit einer um ein Rad gedrehten Winde diesen derart in die Höhe, daß sein Stoß nirgends mehr die Festungsmauer treffen konnte. Zum Schlusse zündeten sie die ganze Maschine mit weißglühenden Brandpfeilen<sup>8</sup>, malleolis candentibus,

<sup>1</sup> perfundere, hinabschütten.

<sup>2</sup> barathrum, βάραθρον, Abgrund, tiefe Aushöhlung teichartiger Gruben (Ch. gouffre, Abgrund).

<sup>3</sup> naxis, Ausmündung der Minen, Abteufung.

<sup>4</sup> supplantare futuras, das Stützwerk des Stollens zusammenreißen, einstürzen.

<sup>5</sup> agger, ἄγγμα, Damm zur Ueberbrückung des Festungsgrabens.

<sup>6</sup> vectis ferreus candens, glühender Eisenpfeil (Ch. barres de fer incandescentes, in Glut versetzte Eisenstäbe).

<sup>7</sup> laqueus, Fallstrick zur Umschlingung der Widderspitze und Verhinderung ihrer unmittelbaren schadenbringenden Wirkung.

<sup>8</sup> malleoli candentes, weißglühende Brandpfeile.

Die voraussichtlich lange andauernde Weißglut setzt eine besondere Präparierung der als «Brandpfeile» bezeichneten Geschosse voraus, die vielleicht mit dem



an und richteten dieselbe durch die Wurfgeschosse der Balisten vollends zugrunde. Auf diesem Wege verdankten jene Städte ihre Siege nicht der Macht der Kriegsmaschinen, vielmehr blieb ihnen infolge der Hilfsmittel, welche das Genie ihrer Stadtbaumeister zur Abwehr wider die anstürmenden Belagerungsmaschinen ersonnen hatten, die Freiheit bewahrt.

Was immer ich nach bestem Wissen über die Beschaffenheit der für die friedlichen Zwecke wie zu Kriegszeiten dienlichen Maschinen als am meisten nutzbringend erachtete, versuchte ich in diesem Buche zu entwickeln. In den neun vorhergegangenen habe ich nacheinander über die einzelnen Stilgattungen und besonderen Abteilungen des Baufaches mich verbreitet, damit das gesamte Werk alle Gebiete der Architektur in seinen zehn Büchern umfasse.

---

sog. griechischen Feuer in Zusammenhang stand (Ch. traits enflammés, entzündete Pfeile bietet keine nähere Erläuterung dar, wie uns überhaupt der klare Einblick in so mannigfache chemische wie physikalische Erfahrungen im Reiche der Technik, Natur- und Heilkunde (wir erinnern nur an die heute noch als Geheimnis aus Byzanz bewahrte Wundsalbe der Zigeuner, die jede kleinere Verletzung per primam heilt) der klassischen Völkergruppen noch einer künftigen Enthüllung harret.