

**Anmerkungen zum Problem der Geschossgewichte für Ballisten
aus Vitruvs *De architectura* 10,11,3**

Hans Michael Schellenberg

Abstract:

Der Beitrag behandelt eine Reihe von Problemen in Vitruvs *De architectura* 10,10-16, mit besonderem Schwerpunkt auf der Übersicht über die Geschossgewichte römischer Ballisten in 10,11,3. Es wird die These vertreten, dass Vitruv einen veröffentlichten griechischen Text und nicht eine Vorlesungsmitschrift aus seiner Architekturausbildung verwendet hat. Bei diesem Text handelt es sich entweder um ein unbekanntes Werk über den Geschützbau („Belopoiika“) oder um das verlorene Werk eines Agesistratos. Bei der Übersetzung der Angaben in 10,11,3 ist Vitruv ein gravierender Umrechnungsfehler unterlaufen, indem er die Geschossgewichte von griechischen Minen in römische Pfund mit dem Faktor 1:2 statt 1:1,33 Periode übersetzt hat. Dieser Fehler wurde in der bisherigen Forschung erstmals 1975 von OTTO LENDLE erkannt, sein Beitrag aber nicht zur Kenntnis genommen.

The article deals with a number of problems in Vitruvius' *De architectura* 10,10-16, with particular emphasis on the overview of the projectile weights of Roman *ballistae* in 10,11,3. It is argued that Vitruvius used a published Greek text and not a lecture transcript from his training days as architect. This text is either an unknown work on Artillery construction („Belopoiika“) or the lost work of an Agesistratus. When translating the information in 10,11,3, Vitruvius made a serious conversion error by translating the projectile weights of Greek mines into Roman pounds with a factor of 1:2 instead of 1:1.33 period. This error was first recognised in 1975 by OTTO LENDLE, but his contribution was not taken into account so far.

Vitruv beginnt in seinem Werk über Architektur in Buch 10 in Kapitel 10 mit der Beschreibung von Skorpionen und Ballisten.¹ Dabei betont er die Bedeutung der Berechnung des Lochdurchmessers im Spannrahmen für die Spannsehnenbündel, da aus diesem alle Größenangaben für alle anderen Bauteile abgeleitet werden. Vitruv gibt für die Skorpione die Faustformel an, dass der Lochdurchmesser ein Neuntel der Länge des zu werfenden Geschosses beträgt (= L:9). Beispiele zu seiner Berechnung nennt er nicht. Im Abschnitt 10,11,2 verhält es sich anders. Vitruv betont hier nachdrücklich, dass er im Folgenden nur das wiedergibt, was er aus eigener Erfahrung und von seinen Lehrern weiß.

Vitr. 10,11,2: „Itaque ut etiam qui geometricen non nouerunt habeant expeditum, ne in periculo bellico cogitationibus detineantur, quae ipse faciundo certa cognoui quaeque ex parte accepi a praeceptoribus finita expondam, et

¹ Im Abschluss des Kapitels 10,11,9 werden daraus Ballisten und Katapulte, während im Kapitel 10,16,1 Skorpione, Katapulte und Ballisten genannt werden. Vgl. für Vitruvs Benennungen und die damit verbundenen Probleme FLEURY 1981 und 1993, 223-239.

quibus ponderibus Graecorum pensiones ad modulos habeant rationem, at ea ut etiam nostris ponderibus respondeant, tradam explicata.“²

„Damit also auch die, die keine Geometrie verstehen, die Sache sofort zur Hand haben und bei Kriegsgefahr nicht erst nachdenken brauchen, will ich auseinandersetzen, was ich aus eigener Praxis sicher weiß und was ich zum Teil von meinen Lehrern festgestellt übernommen habe, und welches Verhältnis in den Schriften der Griechen die Gewichte zu den Größenabmessungen haben, will ich überliefern, indem ich sie nach diesem Verhältnis so erläutere, daß sie auch unseren Gewichten entsprechen.“³

Da die Berechnung des Lochdurchmessers für Ballisten anscheinend schwieriger ist als für Skorpione, vereinfacht er das Problem für seine Leser und bietet in Abschnitt 10,11,3 eine Aufzählung von Lochdurchmessern für die Geschossgewichte von Ballisten an, welche von 2 bis 360 römischen Pfund reichen. Er verzichtet auf die Angabe des Rechenwegs. Die Aufzählung in 10,11,3 besteht aus der Nennung des Geschossgewichts in römischen Pfund (pondo), gefolgt von der Angabe des jeweiligen Lochdurchmessers in Digiten (digitus) oder Fuß (pes) und Digiten. Ein Teil der Gewichts- und Längenangaben sowie der Bruch- und Trennzeichen ist in den Handschriften nicht eindeutig überliefert. „S“ steht im Text für „semis (halb)“ und „9“ für „dreiviertel“.

Vitr. 10,11,3: „Nam quae ballista duo pondo saxum mittere debet, foramen erit in eius capitulo digitorum V; si pondo IIII, digitorum sex; [et] <si pondo sex>, digitorum VII; decem pondo, digitorum VIII; uiginti pondo, digitorum X; XL pondo, digitorum XIIS 9; LX pondo, digitorum XIII et digiti octaua parte; LXXX pondo, digitorum XV; CXX pondo, I pedis et sesquidigiti; C et LX, pedis I9; C et LXXX, pedis et digitorum V; CC pondo, pedis et digitorum VI; CC et X<L pondo>, pedis I et digitorum VII; CCCLX <pondo> pedis IS.“

„Die Balliste, welche einen Stein von zwei Pfund werfen soll, erhält ein Loch [für Spannsehn] im [Spann-]rahmen von 5 Digiten, für 4 Pfund, sechs Digiten, [und] <für sechs Pfund>, 7 Digiten, zehn Pfund, 8 Digiten, zwanzig Pfund, 10 Digiten, 40 Pfund, 12³/₄ Digiten, 60 Pfund, 13 Digiten und der achte Teil, 80 Pfund, 15 Digiten, 120 Pfund, 1 Fuß und anderthalb Digiten, 160 [Pfund], 1¹/₄ Fuß, 180 Pfund, (ein) Fuß und 5 Digiten, 200 Pfund, (ein) Fuß und

2 Siehe zu weiteren Problemen bei der Textkonstituierung von 10,11,2 den kritischen Apparat bei CALLEBAT/FLEURY 1986, 35-36 und insbesondere ihren Kommentar auf S. 221 und 224. DIELS (SCHRAMM 1917, 727) meint, dass ... et quam in libris Graecorum ... gelesen werden sollte, während MARSDEN 1971, 190 von ... et quam in omnibus rebus ... ausgeht. CALLEBAT/FLEURY 1986, 35-36 übersetzen: „Ainsi pour que la chose soit accessible à ceux mêmes qui ignorent la géométrie et de manière que, dans un péril de guerre, ils ne soient pas arrêtés par des calculs, je présenterai ce dont j'ai personnellement reconnu l'exactitude par la pratique, ce que, pour partie aussi, j'ai appris de mes maîtres qui le formulaient; et je donnerai une liste des poids pour lesquels, chez les Grecs, un rapport est établi entre unités de charge et modules, mais de manière que ces données aussi s'accordent avec nos poids.“

3 FENSTERBUSCH 1991, 505. Seine Übersetzung beruht auf der von SCHRAMM 1917, 727, wobei er die dort vorhandenen Druckfehler korrigiert hat (vgl. S. 576-577 Anm. 646).

6 Digen, 2<40 Pfund>, (ein) Fuß und 7 Digen, 360 <Pfund>, anderthalb Fuß.“⁴

Die Angaben aus Vit. 10,11,3 ergeben folgende tabellarische Übersicht. Zur Vereinfachung werden die Angaben in Pfund, Digen und Fuß in Kilogramm und Zentimeter umgerechnet.

1. Geschossgewicht (Pfund)	2. Lochdurchmesser (Digen)	3. Geschossgewicht (Kilogramm)	4. Lochdurchmesser (Zentimeter)
2	5	0,655	9,25
4	6	1,310	11,1
<6>	7	1,965	12,95
10	8	3,275	14,8
20	10	6,550	18,5
40	12,75	13,10	23,5875
60	13,125	19,65	24,28125
80	15	26,2	27,75
120	17,5	39,9	32,375
160	20	52,4	37
180	21	58,95	38,85
200	22	65,5	40,7
2<40>	23	78,6	42,55
360	24	117,9	44,4

Tabelle 1: Übersicht zu den Geschossgewichten und Lochdurchmessern aus 10,11,3. Ein Fuß entspricht 16 Digen. Römische Pfund und Digen werden nach den verbreiteten Idealangaben im Bereich der Forschung zur antiken „Artillerie“ von MARSDEN 1969, XIX und 1971, XVIII, die auf HULTSCH 1882 beruhen, mit jeweils 327,5 g und 1,85cm umgerechnet.

Der Text aus 10,11,3 ist in Bezug auf die Geschossgewichte handschriftlich eindeutig genug. Allerdings trifft das aufgrund der vorhandenen Bruch- und Trennzeichen nicht auf die Lochdurchmesser zu. Es ist nicht eindeutig festzustellen, welche Teile aus 10,11,3 von Vitruv selbst aus seiner eigenen Erfahrung stammen und welche von seinen nicht namentlich genannten Lehrern übernommen wurden. Ob es sich bei den Lehrern um Personen, um schriftliche Vorlagen oder um eine Mischung aus beidem handelt, ist unklar; damit auch, ob 10,11,3 aus seiner persönlichen Notizsammlung oder aus einem bereits existierenden und veröffentlichten Werk stammt. Die Forschung geht mehrheitlich davon aus, dass er eine bestehende Übersicht übernommen hat, ohne dass deren Form näher thematisiert wird.⁵

4 Siehe den Anhang für den Text von CALLEBAT/FLEURY 1986 für 10,11,3 mit textkritischem Apparat, der im obigen Zitat nicht wiedergegeben werden kann. Die Versuche, die Längenangaben wiederherzustellen, fallen in der Forschung mitunter deutlich unterschiedlich aus. Siehe dafür den mittleren Vergleichsapparat im Anhang, der den Text von ROSEN/MÜLLER-STRÜBING 1867, KROHN 1912, SCHRAMM 1917 und MARSDEN 1971 zum direkten Vergleich bietet. Die wichtigsten Handschriften, die diese Stelle enthalten, können im Internet eingesehen werden: Harleianus 2767 (Sigle H), Par. Lat. 10277 (Sigle P) und Gudianus 69 (Sigle G). Siehe für die Hyperlinks die Bibliografie.

5 In der Forschung gibt es unterschiedliche Ansichten zur Quelle für Vitruvs Kapitel 10,10-12. Während CALLEBAT/FLEURY 1986, XXVII-XXXI und FLEURY 1993, 285, 325 davon ausgehen, dass Vitruv

Philon von Byzanz berichtet in seinem Werk über den Geschützbau („Belopoiika“),⁶ dass die symmetrische Bauweise von Katapulten, die sowohl Pfeile als auch Steine werfen können, von alexandrinischen Technikern nach vielen Versuchen und mit Unterstützung der ptolemäischen Könige entwickelt wurde (Bel. 50,20-40 Th.). Heron von Alexandria geht in seinem gleichnamigen Werk (Bel. 31 [50,8-24 Th.]), das an dieser Stelle eine missverständliche Kurzfassung der Angaben Philons bietet, nicht näher darauf ein.⁷ Die bei

Vorlesungen eines Agesistratos gehört hat, ist MARSDEN 1971, 4-5 der Ansicht, dass Vitruv dessen Werk als Vorlage für 10,10-12 und 13-16 verwendet hat, was von FLEURY 1993, 283-286 ausdrücklich abgelehnt wird. WHITEHEAD/BLYTH 2004, 17-31 gehen ebenfalls von Vorlesungen aus, jedoch nur als Vorlage für 10,13-16. LENDLE 1992, 189-190 und GATTO 2010, 495-498 vertreten die Ansicht, dass für 10,13-16 eine schriftliche Vorlage angenommen werden muss. BOIVIN 2018, 141-148 fasst diese Forschungsdiskussion zusammen und stimmt der Annahme einer schriftlichen Vorlage für 10,13-16 ebenfalls zu. Siehe dafür auch die Diskussion der Forschungspositionen zu 10,11,3, beginnend mit BUETONIS 1559 und endend mit WILKINS 2024, weiter unten.

6 Spätestens seit KÖCHLY/RÜSTOW 1853 und DIELS/SCHRAMM 1918 ist das die gebräuchliche deutsche Fassung auch des Buchtitels von Herons gleichnamigem Werk. Belo-poi-ika bedeutet vereinfacht „Geschoss(werfer)-mach-kunst“. Die Buchtitel für beide Werke sind sinngemäß überliefert („Geschützbau“), aber nicht unbedingt die von beiden Autoren verwendeten. Für Herons Titel siehe SCHELLENBERG 2008, 102-113. Die Angaben zum Buchtitel der Handschrift P (Par. gr. 2442) bei SCHELLENBERG 2008 sind nicht korrekt und beruhen auf DIELS/SCHRAMM 1918, 5, deren Angaben zum Buchtitel von P und F (Vind. Phil. gr. 120) ebenfalls nicht korrekt sind. Die richtigen Angaben finden sich bei WESCHER 1867, 71. Zur Sicherheit wurde der Buchtitel direkt an den Handschriften M (Par. gr. suppl. 607), P V (Vat. gr. 1164) und F überprüft. M 44r (Anfang) 55r (Schluss), P 71r (nur Anfang), V 117r (nur Schluss): Ἡρώνοϋ Κτησιβίου Βελοποιϊκά (Heron[:] Ktesibios' [?] Geschützbau), F 16r (nur Schluss): Τέλος τῶν Ἀρχιμέδου Βελοποιικῶν τῶν ἐξηγηθέντων παρὰ Ἡρώνοϋ Κτησιβίου (Sinngemäß: Ende der Erklärungen von Heron Ktesibios' [?] zu Archimedes' Geschützbau). Im Titel wurden vermutlich ein oder mehrere Worte ausgelassen. Daher ist unklar, was hier mit „des Ktesibios“ gemeint ist. Der Titel in den Handschriften MPVF ist nicht authentisch. Warum ausgerechnet die beiden Namen hinzugefügt wurden, ist unklar.

7 Auf welchen Zeitpunkt sich Philon bezieht, ist unklar. Laut MARSDEN 1969, 62 könnte Philon sich frühestens auf die Regierungszeit von Ptolemaios II. (ca. 286/246 v.u.Z.) beziehen. Philon wird durch einen Brief von Eratosthenes an Ptolemaios III. (246/222 v.u.Z.) indirekt bestätigt. Für eine Diskussion zur Echtheit des Briefes siehe die Zusammenfassung bei GEUS 2011, 195-205 und insbesondere zum mathematischen Inhalt KNORR 1989, 131-151. Eutokios zitiert in seinem Kommentar zu Archimedes' Werk „Sphäre und Zylinder“ den Brief, ohne seine Vorlage zu nennen. In ihm wird die Konstruktion eines Geräts namens „Mesolabos“ beschrieben. In GEUS' 2011, 195 Anm. 238 Worten: „Es handelt sich um einen ‚Spezialrechenchieber‘ zum Auffinden zweier mittlerer Proportionalen zwischen gegebenen Größen ...“. Eutokios Komm. Archim. Sph. Zyl. 2 (S. 90, 21-27 H./S. = S. 62,22-27 M.): „Χρήσιμον δὲ ἔσται τὸ ἐπινόημα καὶ τοῖς βουλομένοις ἐπαύξειν καταπαλτικὰ καὶ λιθοβόλα ὄργανα· εἴ γὰρ ἀνάλογον ἅπαντα αὐξηθῆναι καὶ τὰ πάχη καὶ τὰ μεγέθη καὶ τὰς κατατρήσεις καὶ τὰς χοινικίδας* καὶ τὰ ἐμβαλλόμενα νεῦρα, εἰ μέλλει καὶ ἡ βολὴ ἀνάλογον ἐπαυξηθῆναι, ταῦτα δὲ οὐ δυνατὰ γενέσθαι ἄνευ τῆς τῶν μέσων εὐρέσεως. GEUS 2011, 197: „Die Erfindung wird auch für diejenigen nützlich sein, die ihre Pfeil- und Steingeschütze vergrößern wollen. Denn alles muß proportional erweitert werden: die Bügel, die Rahmen, die Öffnungen, die Naben und eingespannten Sehnen, wenn auch die Schußkraft proportional gesteigert werden soll. Dies kann aber nicht ohne das Auffinden der mittleren Proportionalen geschehen.“ *Philon und Heron bezeichnen mit diesem Begriff die sogenannten Spannbuchsen der Katapulte. Sie sitzen oben und unten in den Spannrahmen, und durch sie werden die Spannsehnenbündel geführt. NETZ 2023, 250-251 ist in Bezug auf den Bedarf einer derartigen eratosthenischen Lösung skeptisch. Er vertritt die Auffassung, dass der Bau von Katapulten in der Antike eine größere Verbreitung aufweist als das Auffinden zweier mittlerer Proportionen mittels einer technischen Lösung. Seiner Ansicht nach ist die Verwendung einer geometrischen Lösung dafür irrelevant und auch ihre zeichnerische Richtigkeit nur bedingt sicherzustellen. Wenn etwas proportional vergrößert oder verkleinert werden soll, dann ist die Ziehung der Kubikwurzel notwendig. Die lässt sich jedoch verhältnismäßig einfach mittels einer Näherungsrechnung finden, für die aus seiner Sicht ein geübter Benutzer lediglich wenige Minuten benötigt.

Philon und Heron beschriebene Bauweise wird auch von Vitruv in 10,10-12 behandelt und ist somit Teil dieser Traditionslinie und nicht unabhängig davon zu betrachten. Aus diesem Grund wurden und werden in der Forschung die Werke Philons von Byzanz und Herons von Alexandria zur Überprüfung der Angaben Vitruvs herangezogen.

Philon gibt dieselbe Faustformel zur Berechnung der Lochdurchmesser für Katapulte an, die Pfeile werfen, wie Vitruv (L:9). Für Katapulte, die Steine werfen, Vitruvs Ballisten, gibt er mehrere Möglichkeiten an. Die folgende Methode Philons und Herons wird in der Forschung und im Folgenden als „Kaliberformel“ bezeichnet:

Philon Bel. 51,23-34 Th.: „Τὸ τοῦ λίθου βάρους, πρὸς <δ> ἂν δέη τὸ ὄργανον συστήσασθαι, εἰς μονάδας ἀγαγεῖν καὶ τοῦ συναχθέντος πλήθους ὅσων <ἂν ἦ> μονάδων ἢ <κυβικῆ> πλευρά, τοσούτων δακτύλων τὴν τοῦ τρήματος διάμετρον ποιεῖν προσθέντα ἔτι τὸ δέκατον μέρος τῆς εὐρεθείσης πλευρᾶς· ἐὰν δὲ μὴ ἔχη ῥητὴν πλευρὰν τὸ βάρους, <τὸ> ὡς ἔγγιστα λαμβάνειν, καὶ ἐὰν μὲν ὑπεράγη, τὸ δέκατον μέρος ἐλασσοῦν πειρᾶσθαι [τῷ ὡς ἔγγιστα] τῷ κατὰ λόγον, ἐὰν δὲ ἀπολείπη, προσθέντα τὸ δέκατον προσαναπληροῦν.“

„Das Gewicht des Steins, auf Grund dessen man das Geschütz zu bauen hat, wird in Einheiten (Drachmen) umgerechnet und aus der gewonnenen Zahl die Kubikwurzel gezogen. So viel Daktylen werden als der Durchmesser des Bohrlochs genommen, und dann noch ein Zehntel* der gefundenen Wurzel hinzugerechnet; hat aber das Gewicht eine nicht aufgehende Wurzel so nimmt man den dieser möglichst nahe kommenden Wert: und wenn es den zehnten Teil überschreitet, so versucht man die Zahl verhältnismäßig zu verkleinern; ist es darunter, so setzt man zu und macht das Zehntel voll.“⁸

8 DIELS/SCHRAMM 1918, 10. *Der Bruch wird hier ausgeschrieben. In Bezug auf seine schriftlichen Werke erwähnt Philon in Bel. 49,3 Th. sein Werk über den Hafenaufbau („Limenopoiika“), in Bel. 59,18 Th. sein Werk über Hebel („Mochlia“) und in Bel. 56,13 Th. sowie Bel. 78,39 Th. sein Gesamtwerk „Über Mechanik (Mechanike Syntaxis)“. In Bel. 78,38 Th. erwähnt er sein Buch über den „Geschützbau (Belopoiika)“. Abgesehen von Polykleitos (Bel. 50,6 Th.) zitiert er in den erhaltenen Teilen keine weiteren schriftlichen Vorlagen. Die Bücher, die in der Forschung als „Paraskeuastika (Über Vorbereitungen)“ und „Poliorketika (Belagerungswesen oder -kunst)“ bezeichnet werden, sind in den Handschriften ohne Titel und Teilung überliefert. Es lässt sich aus Herons Werk über den Automatenbau (SCHMIDT 1976, 404 Z.13-14; 408 Z.10 = GRILLO 2019, 64 Z.10,66 Z.7) erschließen, dass auch Philon darüber geschrieben hat. Es besteht eine gewisse Unklarheit, ob sich Phil. D 102,47-50 Th. auf ein Buch über Geheimbriefe bezieht oder ob es sich um einen Verweis aus seiner Vorlage (Aineias *Taktikos*) handelt. In den noch vorhandenen Quellen ist kein Hinweis darauf vorhanden, auch nicht in der byzantinischen Überlieferung, was im Gegensatz zu bisherigen Annahmen der Forschung steht. Eine ausführliche Darstellung dazu findet sich bei RANCE 2018, 347-356. ARNIM 1912, 164 datiert Philon aus sprachlichen Gründen in das 3. Jh. v.u.Z. Nach DRACHMANN 1948, 41 & 1951, 2 lebte er eine „Generation“ nach Ktesibios, nach SCHIEFSKY 2015, 616 ein oder zwei „Generationen“ später und um 200 v.u.Z.. Nach LAWRENCE 1979, 70 war Ktesibios nicht mehr unter den Lebenden, als Philon sein Werk schrieb. Er datiert Philon aber um 250 v.u.Z., ebenso LEWIS 1997, 20-22. MARSDEN 1971, 8 datiert Philon ins letzte Drittel des 3. Jh. v.u.Z. GARLAN 1974, 284 datiert ihn um 225 v.u.Z., so auch GILLE 1980, 104; FILEMONOS-TSOPOTOU 2004, 168 auf vor 225 v.u.Z. FRASER 1972a, 623 Anm. 445 hält Philon für einen Schüler des Ktesibios, gefolgt von MEIBNER 1999, 39 und HORSTER 2003, 162, was mangels Quellen weder be- noch widerlegt werden kann. Siehe dazu auch WHITEHEAD 2016, 20-25, der für die Handschriften durch RANCE 2018a zu ergänzen ist. Siehe auch BOIVIN 2018, 51-55 und SANTAGATI 2021, 92-99 & 2023, 9; die vorangehenden Angaben sind zusammengefasst nach SCHELLENBERG

Auch Heron von Alexandria gibt in seinem Werk über den Geschützbau diese Kaliberformel an. Seine Version ist jedoch weniger genau, was das Runden der Ergebnisse betrifft.

Heron Bel. 32 (= 50,25-51,17): „Δεῖ οὖν τὸ τοῦ λιθοβόλου ὄργανου τρῆμα συνίστασθαι οὕτω. Ὅσων ἐὰν ἦ μῶν ὁ μέλλων ἐξαποστέλλεσθαι* λίθος, ταῦτα ἑκατοντάκις ποιήσας, λάβε τῶν γενομένων κυβικὴν πλευρὰν, καὶ ὅσων ἐὰν εὐρησῇ μονάδων τὴν πλευρὰν προσθεῖς ταῖς εὐρεθείσαις τὸ δέκατον μέρος, [καὶ] τοσοῦτων δακτύλων ποιεῖ τὴν τοῦ τρήματος διάμετρον. Οἷον ἔστω ὁ λίθος διάμετρον. οἷον ἔστω ὁ λίθος μῶν ὀγδοήκοντα· ἑκατοντάκις ταῦτα γίνεται < ,η· ἢ δὲ κυβικὴ πλευρὰ > κ' καὶ τὸ δέκατον αὐτῶν δύο· γίνεται κβ'· τοσοῦτων ἔσται ἡ τοῦ τρήματος διάμετρος. Ἐὰν δὲ μὴ ἔχη ὁ γενόμενος κυβικὴν πλευρὰν, ὡς ἔγγιστα δεῖ λαμβάνοντα τὸ δέκατον μέρος προστιθέναι.“ [*K./R.; W.; Mar.; ἐξαποσιέλλεσθαι D./S. (Druckfehler)]

„Es werden die genannten Geschütze, d. h. alle ihre einzelnen Teile, nach dem Durchmesser des Loches bestimmt, welches den Spannnerven aufnimmt (Kaliber); denn der Spannnerv ist die Grundlage und das Maß. Es muss nun das Kaliber des Steinwerfers folgendermaßen bestimmt werden: die Zahl der Minen, welche der Stein wiegt, der von ihm geworfen werden soll, multipliziert man mit 100, zieht aus dem Produkt die Kubikwurzel, addiert zu dem Gefundenen seinen zehnten Teil, und gibt dann dem Kaliber soviel Daktylen. Z. B. der Stein wiegt 80 Minen, die Kubikwurzel daraus ist 20, das Zehntel davon 2, gibt 22; so groß wird das Kaliber gemacht. Kommt bei der Kubikwurzel keine ganze Zahl heraus, so muss man dem wahren Resultat so nahe als möglich bleiben und davon den zehnten Teil hinzufügen.“⁹

2008, 109-110 mit Anm. 75-78 und wurden hier um weitere Beiträge ergänzt. Eine Sichtung und Sicherung der authentischen Testimonien und Fragmente Philons in arabischen Quellen steht immer noch aus. Die gegenwärtig einzige arabische Edition von Philons „Pneumatik (?)“ stammt von CARRA DE VAUX 1903. PRAGER 1974 bietet eine englische Übersetzung und Abbildungen aus den Handschriften. Siehe zum Problem der Bedeutung des überlieferten Buchtitels in den arabischen und lateinischen Versionen von Philons „Pneumatik“ insbesondere BELLUCCI 2016.

9 KÖCHLY/RÜSTOW 1853, 235, 237. Die Schreibweise wurde hier geringfügig modernisiert. Zur Datierung und den authentischen Werken siehe die Zusammenfassung bei SCHELLENBERG 2008. Die Widerlegung der Datierung der Mondfinsternis von Herons Dioptra 35 (SCHÖNE 1976, 302-307 = DECORPS-FOULQUIER/GUILLAUMIN 2022, 91-98, siehe aber auch ACERBI/VITRAC 2014, 103-107) auf den 13. März des Jahres 62 durch NEUGEBAUER 1938, 1939 und 1975, 845-848 (siehe dazu auch ROME 1923), von SIDOLI 2005, gefolgt von SCHELLENBERG 2008 ist falsch; siehe KROJER 2009, 35-38; korrigiert von SIDOLI 2011, dem NETZ 2020, 672 Anm. 75 folgt. Der neue Ansatz von MAIA 2015 hierzu ist problematisch, siehe dazu insbesondere GRILLO 2019, 291-295 (Anhang 5). Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass Dioptra 35 für die Datierung Herons ungeeignet ist. Vgl. die Datierungsansätze von ACERBI/VITRAC 2014, 15-22, BOIVIN 2018, 55-57, GRILLO 2019, XXII-XXVIII, DECORPS-FOULQUIER/GUILLAUMIN 2022, VII-XII und ROBY 2016, 222 sowie 2023, 9-15, die sich so teils auch bei SCHELLENBERG 2008 finden, teils von diesem widerlegt werden. Heron könnte im Zeitraum vom 1. bis zum Beginn des 3. Jahrhunderts n.u.Z. gelebt haben (Tendenz eher zum 2. Jahrhundert), eine genauere Datierung ist nicht möglich.

Die philonisch-heronische Kaliberformel wird in der Forschung verkürzt zu:

$$\text{Lochdurchmesser} = 1,1 \times \sqrt[3]{M \times 100}.^{10}$$

Weder Philon noch Heron geben an, nach welcher Methode sie die Kubikwurzel ziehen, so dass unklar ist, wie genau sie dies tun oder ob sie sich mit einer ausreichend genauen Näherung begnügen. Anhand von Herons Metrika 3,20 kann eine antike Methode der Näherungsrechnung beim Kubikwurzelziehen aufgezeigt werden, und zwar im Vergleich zur Berechnung des Lochdurchmessers eines 1-Miners nach der Kaliberformel. Das heißt: Die Kubikwurzel aus $1 \times 100 = 100$ beträgt laut Taschenrechner 4,6415888 (= 4,64), die Addition eines Zehntels des Ergebnisses ergibt 5,1057477 (= 5,10). In einem kleinen Exkurs beschreibt Heron seine arithmetische Methode, die Kubikwurzel aus 100 zu ziehen.

Heron Metrika 3,20: „Ὡς δὲ δεῖ λαβεῖν τῶν ρ μονάδων κυβικὴν πλευρὰν νῦν ἐροῦμεν. Λαβὲ τὸν ἔγγιστα κύβον τοῦ ρ τὸν τε ὑπερβάλλοντα καὶ τὸν ἐλλείποντα· ἔστι δὲ ὁ ρκε καὶ ὁ ξδ. Καὶ ὅσα μὲν ὑπερβάλλει· μονάδες κε· ὅσα δὲ ἐλλείπει· μονάδες λς· καὶ ποιήσον τὰ ε ἐπὶ τὰ λς· γίνεταί ρπ· καὶ τὰ ρ· γίνεταί σπ· <καὶ παράβαλε τὰ ρπ παρὰ τὰ σπ·> γίνεταί θ ιδ´· πρόσβαλε τῇ τοῦ ἐλάσσονος κύβου πλευρᾷ, τουτέστι τῷ δ· γίνεταί μονάδες δ καὶ θ ιδ´. Τοσοῦτων ἔσται ἡ τῶν ρ μονάδων κυβικὴ πλευρὰ ὡς ἔγγιστα ...“.

„Nimm die 100 nächstkommende Kubikzahl, sowohl die nächstgrößere als die nächstkleinere. Es sind 125 und 64. $125 - 100 = 25$. $100 - 64 = 36$. $5 \times 36 = 180$. $180 + 100 = 280$. $180/280^* = 9/14$. $4 + 9/14 = 4 \frac{9}{14}$. So groß wird annähernd die Kubikwurzel* aus 100 sein.“¹¹

Die Dezimalzahl für $4 \frac{9}{14}$ ist ca. 4,6428571 (= 4,64). Wenn man ein Zehntel (0,46) zu dieser Zahl addiert, ergibt das 5,1. Dies ist nahezu, in Bezug auf die Nachkommastellen, das gleiche Ergebnis wie bei der Kubikwurzelberechnung oben mit der Kaliberformel. Diese vergleichsweise geringe Abweichung von der Kaliberformel deutet darauf hin, dass Philon von Byzanz auch mit dieser Methode gerechnet haben könnte (s. Tab. 4 unten). Heron zeigt hier auch, wie man die Kubikwurzel durch eine Annäherungsberechnung erhalten kann, indem man in diesem Fall $5 \times 5 \times 5 = 125$ und $4 \times 4 \times 4 = 64$ potenziert. Die

¹⁰ Es ist unklar, warum ein Zehntel der Kubikwurzel zum Ergebnis addiert werden muss. Weder Philon noch Heron treffen dazu eine Aussage. Einige Forscher wie MARINI 1836, HULTSCH 1876, VON ROEDER 1911 (siehe unten für ihre Positionen) und RIHLL 2007, 287 halten dieses Zehntel für irrelevant und beziehen es daher nicht in ihre Berechnungen ein.

¹¹ SCHÖNE 1976, 179. *Der Schrägstrich „/“ dient hier als Bruchzeichen; **ausgeschrieben statt Wurzelzeichen. ACERBI/VITRAC 2014, 351 übersetzen: „Mais comment faut-il prendre un côté cubique des 100 unités, nous le dirons maintenant. Prends le cube le plus proche de 100, aussi bien celui par excès que celui par défaut; or ce sont 125 et 64. Et ce par quoi l’un excède est 25 unités, ce par quoi l’autre est en défaut est 36 unités; et fais les 5 par les 36: il en résulte 180; plus les 100: il en résulte 280; <et applique les 180 aux 280:> il en résulte $9/14^*$; ajoute-les au côté du plus petit cube, c’est-à-dire au 4: il en résulte 4 unités et $9/14$. Autant que cela sera le côté cubique des 100 unités à très peu près.“ *Der Schrägstrich „/“ dient hier als Bruchzeichen. Siehe zu diesem Beispiel Herons ACERBI/VITRAC 2014, 121-124 (Annexes 3) für weitere Informationen. Siehe auch die Rezension von HØYRUP 2018 zu ihrer Ausgabe. NETZ 2023, 251 weist auch auf die Möglichkeit der Potenzierung hin (siehe Anm. 7 oben).

Möglichkeiten für eine solche Rechnung lassen sich am einfachsten anhand der folgenden Tabelle nachvollziehen.

Kubikwurzel aus		Kubikwurzel aus	
1	1	16	4096
2	8	17	4913
3	27	18	5832
4	64	19	6859
5	125	20	8000
6	216	21	9261
7	343	22	10648
8	512	23	12167
9	729	24	13824
10	1000	25	15625
11	1331	26	17576
12	1728	27	19683
13	2197	28	21952
14	2744	29	24389
15	3375	30	27000

Tabelle 1a: Übersicht über die Kubikwurzeln für 1 bis 30.¹²

Philon beschreibt noch zwei weitere Möglichkeiten, wie der Lochdurchmesser bestimmt werden kann (Phil. Bel. 51,57-52,47 [P.2] und 52,48-53,10 Th. [P.3]). Die Methode mittels der Würfelvervielfältigung, welche die Lösung des sogenannten Delischen Problems beinhaltet, ist die aufwendigere der beiden [P.2].¹³ Philon weist darauf hin, dass er bereits in der Einleitung seines Gesamtwerks auf diese eingegangen ist (Phil. Bel. 51,51-52,1 Th.), sie jedoch im Teil über den Geschützbau nochmals wiederhole (Phil. Bel. 51,57-52,47).¹⁴ Zur zweiten Methode erwähnt er lediglich, dass andere sie auch auf diese Art und Weise anwenden würden. Wer diese anderen sind, bleibt unerwähnt (Phil. Bel. 52,48-53-10 Th. [P.3]). Beide Methoden setzen jedoch nach Philon die Kenntnis eines Lochdurchmessers voraus, der mittels der Ziehung der Kubikwurzel ermittelt wurde. Philon verwendet als Beispiel in P.2 das Geschossgewicht von zehn Minen, das eine Kubikwurzel mit ganzer Zahl (10) ergibt und einen Lochdurchmesser mit einer ganzen Zahl (11). Anscheinend ist die Kaliberformel unverzichtbar, um eine vitruvianische Balliste nach der symmetrischen Bauweise herzustellen.

¹² Übernommen aus der Online-Enzyklopädie der Zahlenfolgen = OEIS A000578, siehe: <https://oeis.org/A000578>. Dass derartige tabellarische Übersichten weder neu noch ungewöhnlich sind, zeigt beispielsweise BM 92698 aus der Zeit um 1600 v.u.Z.: https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_92698.

¹³ Siehe dazu ausführlich KNORR 1989, 1-245 (Part I) und vgl. dazu allgemein auch NETZ 2023, 246-251 sowie zu Platons „mechanischer“ Lösung der Würfelverdoppelung die Ausführungen von LATTMANN 2019, 212-244. Die in Eutokios' Kommentar zu Archimedes' „Werk Sphäre und Zylinder“ erwähnten Methoden der Würfelverdoppelung lassen sich am einfachsten zusammen mit den handschriftlich überlieferten Diagrammen bei NETZ 2004 nachvollziehen.

¹⁴ Die entsprechende Stelle ist daher als Testimonium und paraphrasiertes Fragment aus diesem Buch aufzufassen.

Zu den bisher angesprochenen Problemen kommt nun noch das der Umrechnung der Geschossgewichte hinzu. Hier ergibt sich ein Widerspruch zwischen den Angaben in 10,11,3 und den weiteren Angaben Vitruvs in 10,16,4. In 10,16,3-8 beschreibt Vitruv den Belagerungsturm eines Epimachos von Athen, der bei der Belagerung von Rhodos durch Demetrios Poliorketes um 305/304 v.u.Z. eingesetzt worden sein soll.¹⁵ Ein Teil des Vitruv-Textes der Kapitel 10,13-16 stimmt mit dem überlieferten Werk eines sonst unbekanntes Athenaios überein.¹⁶ Die Forschung geht daher davon aus, dass die übereinstimmenden Teile beider Werke auf eine gemeinsame Vorlage zurückgehen. Dabei handelt es sich um das verlorene Werk eines Agesistratos. Vitruv nennt ihn nur als Autor in seiner Aufzählung der benutzten Werke in der Einleitung zum siebten Buch (7, pr. 14), während Athenaios schreibt, er gebe wieder, was er bei ihm gelesen habe (7,6-7 W = G. 51-52).¹⁷ Agesistratos

15 Vgl. zum Belagerungsturm: Diod. 20,91,2-8; Plut. Demetr. 21,1-2; Amm. Marc. 23,4,10-13 und Ath. Mech. 27,2-6 W = G. 245-249 und besonders die Anekdote bei Vitruv. 10,16,3-8. Eine Ekphrasis eines Diokleides von Abdera findet sich bei Ath. Deip. 5,206d-e erwähnt. Die Forschung geht davon aus, dass die Beschreibung des Belagerungsturms bei Diodor, Athenaios und Vitruv auf eine militärmechanische Quelle zurückgeht, siehe dazu die Forschungsdiskussion bei: MARSDEN 1971, 84-85; HORNBLLOWER 1981, 57-60; LENDLE 1981, 335 und 1983, 58; WIEMER 2001, 249 (wiederholt 2002, 39-41 und 2013, 298-303); PIMOUGET-PÉDARROS 2011, 33-36; WHEATLEY 2016, 47-48, 57-58 und WHEATLEY/DUNN 2020, 179-201. Diese Diskussion wird nicht erwähnt von RATHMANN 2016, 255-266. Der Umgang mit technischen Details und der Quellenforschung bei Diodor, Athenaios und Vitruv sind in dieser Diskussion insgesamt problematisch. So vermutet z. B. PIMOUGET-PÉDARROS 2011, dass Diognetos der Verfasser eines militärmechanischen Textes war, der die Grundlage für die auch bei Diodor vorhandene Überlieferung gewesen sein könnte. Dies wiederum ist z.B. nicht mit OKANISH 2019, 88-93 vereinbar, der davon ausgeht, dass die Beschreibung in Vitruv. 10,16,3-8 fiktiv ist, was m. E. die überzeugendere Erklärung ist.

16 Siehe die Zusammenfassung bei BOIVIN 2018, 141-148 und die Hinweise in Anm. 5 oben. Der in den Handschriften überlieferte Titel: „Ἀθηναίου περὶ μηχανημάτων – Athenaios' Über Maschinen“ ist anscheinend nicht authentisch. Der Anon. Byz. Par. Pol. 198,1-3 W (= 1,11-13 S.) bietet eine Paraphrase des Buchtitels aus einer ihm vorliegenden und heute nicht mehr erhaltenen Sammelhandschrift: „... τὰ Ἀθηναίου πρὸς Μάρκελλον ἐκ τῶν Ἀγησιστράτου καὶ ἐτέρων σοφῶν πρὸς πολιορκίαν ἐκτεθέντα ὑπομνήματα ...“ SCHNEIDER 1909, 5: „... „Anweisungen für Belagerungen von Athenaios“, nach Agesistratos und anderen Meistern zusammengestellt und dem Marcellus gewidmet ... (... commentaries on Siege warfare ... SULLIVAN 2000, 27)“. Der ursprüngliche Buchtitel dürfte sinngemäß „Poliorketische Abhandlungen“ oder „Abhandlungen zur Belagerungskunst“ gelautet haben. Hypomnemata sind hier nicht im Sinne von „Kommentaren oder Anmerkungen“ oder Schneiders „Anweisungen“ zu verstehen. Die Verwendung des Titels „Περὶ μηχανημάτων“ durch WESCHER 1867, SCHNEIDER/SCHWARTZ 1912, WEST 1969, WHITEHEAD/BLYTH 2004 und GATTO 2010 ist aufgrund des Testimoniums des Anon. Byz. Par. Pol. abzulehnen.

17 Athenaios wird derzeit in der zweiten Hälfte des 1. Jahrhundert v.u.Z. verortet. Diese Datierung ist unsicher und hängt davon ab, wer der Adressat des Werkes namens Marcellus ist. Vgl. die Zusammenfassung der Forschungsdiskussion bei BOIVIN 2018, 77-80. Der entscheidende Satz lautet hier: „Διὸ ὅσα περ ἀνεγνώκαμεν τοῦ μηχανικοῦ Ἀγησιστράτου περὶ αὐτῶν, διέξιμεν.“ SCHNEIDER/SCHWARTZ 1912, 13: „Wir wollen nun durchgehen, was wir bei dem Mechaniker Agesistratos über unseren Gegenstand gelesen haben“. Im Sinne eines gelesenen Textes verstehen diese Stelle THÉVENOT 1693, 2, WEST 1969, 38, MARSDEN 1969, 88 Anm. 3 und GATTO 2010, 241, denen hier gefolgt wird. Anders DE ROCHAS D'AIGLUN 1884, 783, FLEURY 1993, 285 und WHITEHEAD/BLYTH 2004, 47, die davon ausgehen, dass hier gemeint ist, was Athenaios von Agesistratos gelernt hat. Diese Diskussion ist Teil des Problems, ob Athenaios und Vitruv Vorlesungen von Agesistratos gehört oder (s)ein(e) Werk(e) gelesen haben. Die Datierung des Agesistratos selbst hängt von der Lebenszeit seines Lehrers Apollonios ab, die unbekannt ist. Athenaios Mech. 8,9-13 W (= G. 65-69) erwähnt, dass er große Steine auf die Hafentmole von Rhodos brachte. CICHORIUS 1922, 271-272 geht davon aus, dass hier die Befestigung der Stadtmauer und des Hafens gemeint ist, wie sie bei Appian Mithr. 24 im Vorfeld der Belagerung von Rhodos im Jahr 88 v.u.Z. in einem Halbsatz erwähnt wird. Ath. Mech. 8,9-13 W (= G. 65-69) erwähnt weder einen militärischen Zusammenhang noch die Bestimmung der Steine, sondern

und Epimachos werden nur von Athenaios und Vitruv namentlich erwähnt. Während Athenaios nur eine kurze Beschreibung des Belagerungsturms gibt, erzählt Vitruv eine ausführliche Anekdote, wie der rhodische Architekt Diognetos seine Heimatstadt mit einfachsten Mitteln auf scharfsinnige Weise vor dieser Kriegsmaschine rettet. Entscheidend ist hier der gemeinsame Text:

Athenaios 27,5-6 W = G. 247-249: „Γίνεται δὲ τῷ σχήματι πυργοειδῆς ὑπομένει δὲ πληγὴν ὡς τριταλάντου¹⁸ λίθου.“

„... sie ist nach der Art eines Turms gestaltet. Sie hält den Aufschlag eines dreitalentigen Steines (118 kg) aus.“¹⁹

Vitruv 10,16,4: „Ita eam ciliciis et coriis crudis confirmavit, ut posset pati plagam lapidis ballista inmissi pondo CCCLX; ...“

„Er sicherte die Helepole so mit Haardecken und rohen Häuten ab, daß sie den Aufschlag eines von einer Balliste geschleuderten Steines im Gewicht von 360 Pfund (118 kg) aushielt.“²⁰

In der Beschreibung der Widderschildkröte des Hegetor von Byzanz rechnet Vitruv ebenfalls mit dem Faktor 1:2. Hegetor ist nur durch Athenaios und Vitruv, d.h. durch das Werk des Agesistratos bekannt. Seine Widderschildkröte ist in der überlieferten Form nicht funktionsfähig.²¹

nur die die Zeitgenossen in Erstaunen versetzende Leistung des Agesistratos bei ihrem Transport. Genau darauf hat bereits WEST 1969, 10 hingewiesen. Unklar bleibt, wie dieser mutmaßlich aufwendige Steintransport mit einer kurzfristig durchgeführten Reparatur der rhodischen Befestigungsanlagen in Einklang zu bringen ist. D.h. Apollonios könnte auch im 2. Jh. v.u.Z gelebt haben und Agesistratos im späten 2. und frühen 1. Jh. v.u.Z. Dann könnte Vitruv keine Vorlesungen bei ihm gehört haben und Athenaios nur, wenn er in der ersten Hälfte des 1. Jh. v.u.Z. gelebt und sein Werk einem entsprechenden Marcellus aus dieser Zeit gewidmet hätte. Dies wäre nicht vereinbar mit WHITEHEAD/BLYTH 2004, 15-31, 170-174, die CICHORIUS 1922 folgen, aber gerade noch mit FLEURY 1993, 285, der einen M. Claudius Marcellus, Konsul des Jahres 51 v.u.Z., als Adressaten des Werkes des Athenaios annimmt.

18 Schneider verbessert die Lesung der Handschrift M (Par. suppl. gr. 607 [10. Jh.]) von τρια ταλάντου zu τριταλάντου; Gatto übernimmt diese Verbesserung. Die Handschriften F (Vindob. Phil. gr. 120 [14. Jh.]), P (Par. gr. 2442 [10./11. Jh.]), V (Vat. gr. 1164 [10./11. Jh.]) bieten τριάκοντα ταλάντου, d.h. dreißig Talente. Vgl. zu den Stemmata der Handschrift die neueste textkritische Edition von GATTO 2010, 147-188. LENDLE 1983 und auch WHITEHEAD/BLYTH 2004, 135-136 gehen davon aus, dass hier Schneider zuzustimmen und mit M drei Talente zu lesen ist. Dies war auch schon der Vorschlag von SCHOTT 1615, 238 im Vergleich zu Vitruv. Schott weist ausdrücklich darauf hin, dass ein Talent bei Athenaios 120 Pfund bei Vitruv entspricht.

19 LENDLE 1983, 64, 67. In seiner Übersetzung erfolgt eine Umrechnung der Gewichtsangaben, wie sie in den Werken von Athenaios und Vitruv zu finden sind, nach Vitruvs Faktor 1:2 von Mine zu Pfund. Dies stellt keinen Widerspruch zu seiner früheren Annahme dar, da er diese lediglich als mögliche Hypothese betrachtet. Für weiterführende Erläuterungen siehe die nachfolgenden Ausführungen. Die Werte von 118 kg sind aufgerundet.

20 LENDLE 1983, 66.

21 So zumindest WHITEHEAD/BLYTH 2004, 120-134, 187-189, 204-207 mit Abb. 12-15 und WHITEHEAD 2008, 146-147. Vgl. zur Widderschildkröte die Forschungsdiskussion bei SACKUR 1925, 75-85 mit Abb. 45-47; SCHRAMM 1928, 235 mit Abb. 71 auf Tafel 19; LAMMERT 1938, 322-329; LENDLE 1975, 48-86 mit Abb. 19-34; CALLEBAT/FLEURY 1986, 263-275 mit Abb. 42-44; FLEURY 1993, 311-321 (mit drei Abbildungen im Text ohne Nummerierung); ROWLAND/HOWE 2002, 314 mit Abb. 137; GATTO 2010, 395-420 mit Abb. 11.

Athenaios 26,4-5 W = G. 243-244: „Οιακίζεται δὲ ὑπὸ ἀνδρῶν ρ', ἔχουσα τὸ σύμπαν βάρος τάλαντα τετρακισχίλια.“

„Sie (die Maschine) wird von 100 Mann bedient; sie hat ein Gesamtgewicht von 4 000 Talenten (= 157,160 Tonnen).“²²

Vitruv 10,15,7: „Gubernabant eam homines C habentem pondus talentum quattuor milium, quod fit CCCCLXXX pondo.“

„Es bedienten sie (die Maschine) 100 Mann; sie hatte ein Gewicht von 4000 Talenten, das sind 480 000 Pfund (= 157,160 kg).“²³

LENDLE hat darauf aufmerksam gemacht, dass Vitruv in 10,11,3, 10,15,7 und 10,16,4 mit dem Umrechnungsfaktor 1:120 möglicherweise einen Fehler gemacht hat und eher der Faktor 1 Talent zu 80 Pfund, also 1 Mine zu 1 1/3 Pfund (1:1,33 Periode) anzunehmen ist.²⁴ Das bedeutet ein Minengewicht von 436,6 g und ein Talentgewicht von 26,2 kg. Nach ihm bliebe zu prüfen, ob es nahe liege, dass Agesistratos mit einem Minengewicht von 655 g gerechnet habe, oder ob man eher von 436,6 g ausgehen müsse. Einschränkend bemerkt er, dass das Gebiet der antiken Metrologie so problematisch ist, dass in diesem Punkt keine Hypothese mit hinreichender Sicherheit vertreten werden kann.²⁵ Im vorliegenden Fall ist das anders, wie zu zeigen sein wird.

LENDLE hat das eigentliche Problem erkannt. Da er HULTSCH und SCHRAMM hinsichtlich der Minengewichte in den Werken von Philon und Heron über den Geschützbau folgt, die deutlich höhere Werte (710 g) annehmen, und da er mit der Forschung zur antiken Artillerie nicht ausreichend vertraut war, blieb ihm die eigentliche Lösung aber verborgen.²⁶ Stellt man eine Tabelle für die Umrechnungsfaktoren 1:2 und 1:1,33 Periode und die Umrechnung von Pfund in Minen auf 436,6 g auf, so ergibt sich folgende Übersicht:

24 und 11.25; GATTO 2012, 240-245 mit Figur 1-2; SAMMOUR 2017 sowie allgemein BOIVIN 2018. Siehe auch MARINI 1836a Tafel CXL Fig. 3; CHOISY 1909, 285-290 und 1909b mit Tafel 84-85; CAMPBELL 2006, 87-92.

22 SCHNEIDER/SCHWARTZ 1912, 17, vgl. auch LENDLE 1975, 69.

23 LENDLE 1975, 86.

24 LENDLE 1975, 69-70 mit Anm. 87

25 WHITEHEAD/BLYTH 2004, 133 nehmen das Problem bei LENDLE 1975 zur Kenntnis, missverstehen aber Lendles Lösung, die seiner Meinung nach zu hohen Gewichtsangaben Vitruvs zu reduzieren, und erkennen nicht, dass er sich auf das Umrechnungsproblem mit dem Faktor 1:2 bezieht.

26 HULTSCH 1882, 644 und SCHRAMM 1928, 220.

1. Römische Pfund (327,5 g)	2. Pfund zu Minen mit Faktor 2:1	3. Pfund zu Minen Faktor 1:33 Periode	4. Pfund zu Minen Umrechnung mit 436,6 g
2	1	1,33	1,5
4	2	2,66	3
<6>	3	3,99 = 4	4,5
10	5	6,66	7,5
20	10	13,33	15
40	20	26,66	30
60	30	39,99 = 40	45
80	40	53,33	60
120	60	79,99 = 80	90
160	80	106,66	120
180	90	119,99 = 120	135
200	100	133,33	150
2<40>	120	159,99 = 160	180
360	180	239,99 = 240	270

Tabelle 2: Vergleich zwischen Pfund und Mine mit Umrechnungsfaktor 2:1 und 1:1,33 Periode sowie Umrechnung von Pfund zu Minen mit 436,6 g.

Aus dem Vergleich zwischen Athenaios 27,5-6 W = G. 247-249 und Vitruv 10,16,4 geht hervor, dass Vitruv den dreitalentigen Stein mit einem 360 pfundigen Geschoss gleichsetzt. Dies wird deutlich, wenn man die letzte Zeile der Spalten 1 und 2 vergleicht.²⁷ Alle Gewichtsangaben von Vitruv in Spalte 1 lassen sich glatt halbieren. Rechnet man die Angaben in Spalte 2 mit dem Faktor 1:1,33 Periode um, so ergeben sich in Spalte 3 achtmal Geschossgewichte mit ganzen Zahlen und Brüchen und nur sechsmal mit ganzen Zahlen. Das ist mit Vitruvs glatten Gewichtsangaben nicht vereinbar. Außerdem ergeben drei Talente zweihundertvierzig Pfund und damit einen Widerspruch zu 10,16,4. Werden die Angaben aus Spalte 1 mit dem Minengewicht von 436,6 g umgerechnet, ergibt sich Spalte 4. Dreihundertsechzig Pfund ergeben dort aber zweihundertsiebzehn Minen und damit viereinhalb Talente – erneut ein Widerspruch zu seiner Aussage in 10,16,4.

Dass Philon von Byzanz mutmaßlich mit einer Idealmine von 436,6 g rechnete, kann anhand von Geschossfunden aus Zypern, Rhodos und auch Pergamon wahrscheinlich gemacht werden. Auf den Geschossen aus Salamis und Rhodos ist das Gewicht in Buchstaben angegeben. Als Beispiel werden hier nur die Funde aus Rhodos nach SHATZMANN wiedergegeben.²⁸

²⁷ Zur sprachlichen Vereinfachung werden im Folgenden griechische Katapulte, die Steine werfen, und römische Ballisten einfach nach dem Gewicht der Geschosse benannt, z.B. 10-Miner oder 360-Pfänder.

²⁸ SHATZMANN 1995, 57. Ein Teil seiner Angaben wurde hier nicht übernommen.

1. Gewichtsangabe in Buchstaben auf den Geschossen	2. Geschossgewicht in Minen	3. Anzahl der gefundenen Geschosse	4. Durchschnittliches Geschossgewicht in Kilogramm
Π	5	1	2,40
Δ	10	46	4,35
ΔΠ	15	56	6,50
ΔΔ	20	36	8,75
ΔΔΠ	25	85	10,25
ΔΔΔ	30	83	13,00
ΔΔΔΔ	40	7	16,80
Γ	50	7	21,00
Τ	60	7	24,50
ΤΔ	70	5	29,50
ΤΔΔ	80	7	33,00
ΤΔΔΔ	90	2	37,50
Η	100	4	43,50
ΤΤΔΔΔ	150	1	67,80
ΤΤΤ	180	1	78,40

Tabelle 3: Geschossfunde aus Rhodos mit angegebenen antiken Gewichten und deren Nachwiegung.

Auch die Funde aus Salamis, wo z.B. ebenfalls ΔΔΔΔ für 40 Minen steht, Pergamon und Tel Dor, wo allerdings ein anderes Zahlensystem für die Gewichte verwendet wird: IE (15), IH (18), KB (22), KΔ (24), Λ (30), M (40), geben das ideale Minengewicht von 436,6 g an.²⁹

Philon stand nach eigenen Angaben in Kontakt mit alexandrinischen und rhodischen Militärmechanikern, worauf insbesondere seine Beschreibung des außergewöhnlichen Erz- (67,43-73,32 Th.) und Luftspanners des Ktesibios (77,8-78,39 Th.) hindeutet, über den er von ungenannten Gewährsleuten unterrichtet wurde. Seine Beschreibung des Schnellladers (Polybolon) eines unbekanntenen Dionysios von Alexandria dürfte Philon in der Polis Rhodos nach eigener Anschauung angefertigt haben (73,32-77,8 Th.).³⁰

²⁹ Alle Angaben nach SHATZMANN 1995, 56-60, siehe insbesondere die Beispiele aus Tel Dor mit Beschriftung S. 71-72 mit Abb. 4-6. Auch MARSDEN 1971, XVIII geht davon aus, dass die antiken „griechischen Artilleristen“ die attisch-euböische Mine verwendeten. Siehe auch seine Zusammenfassung 1969, 81-83; für weitere hellenistische Funde siehe AYBECK/DREYER 2011 und POLLASTRINI 2012 dort mit Abbildung der Geschosse (1-3 Minen) S. 92 Abb. 3 (Ausgrabungen auf Nelson-Insel bei Abukir, Ägypten, datiert um -270). Für römische Funde siehe auch allgemein CAMPBELL 2002 und besonders Abb. 48, 50, 58-60 im Anhang; WILKINS 2003 und ausführlicher WILKINS 2017 und 2024; mit einzelnen Hinweisen auch allgemein RIHLL 2007 und KUBRAK 2018. RATHGEN 1911, 237 vermerkt, dass ein Teil der Geschossfunde aus Karthago vom Ende des Dritten Punischen Krieges (146 v.u.Z.) mit „punischen“ Buchstaben versehen waren; weder die Buchstaben noch die Gewichte der entsprechenden Geschosse werden von ihm angegeben.

³⁰ Die obigen Stellenangaben schließen Philons Exkurse mit ein. Hervorzuheben ist hier Bel. 69,12-27 Th., wo er ausführt, dass angeblich schwerere Gewichte schneller zu Boden fallen würden als leichtere Gewichte, was nachweislich physikalisch falsch ist.

Philon Bel. 51,12-23 Th.: „Τῆς δὲ βελοποικῆς ὄρος ἐστὶν τὸ μακρὰν ἀποστέλλειν τὸ βέλος εὐτονον τὴν πληγὴν ἔχον, περὶ οὗ καὶ τὴν πεῖραν συνέβαινε γίνεσθαι καὶ τὴν πλείστην ζήτησιν. Ἱστορήσομεν οὖν σοι, καθότι καὶ αὐτοὶ παρελήφαμεν ἔν τε Ἀλεξανδρείᾳ συσταθέντες ἐπὶ πλείον τοῖς περὶ τὰ τοιαῦτα καταγινομένοις τεχνίταις, καὶ ἐν Ῥόδῳ γνωσθέντες οὐκ ὀλίγοις ἀρχιτέκτοσι καὶ παρὰ τούτοις κατανοήσαντες τὰ μάλιστα τῶν ὀργάνων εὐδοκιμοῦντα σύνεγγυς πίπτοντα τῇ μελλούσῃ μεθόδῳ λέγεσθαι οὕτως.“

„Die Aufgabe der Geschützbaukunst ist es aber, das Geschöß weit und mit großer Durchschlagskraft zu entsenden, und hierüber gerade sind auch die Versuche und meisten Nachforschungen angestellt worden. Ich will Dir* nun darüber berichten, wie ich es selbst in Erfahrung gebracht habe, da ich sowohl in Alexandrien vielfach mit den betreffenden Fachtechnikern verkehrt, als auch in Rhodos mit nicht wenigen Baumeistern Bekanntschaft gemacht und bei diesen die bewährtesten Geschütze gesehen habe, die mit der im Folgenden beschriebenen Methode in dieser Weise übereinstimmen.“³¹

Nach Philon (Bel. 51,12-23 Th.) ist davon auszugehen, dass er im Katapultbau das gleiche Maßsystem verwendet, wie es auf Rhodos und auch in Alexandria üblich war. Wäre das nicht der Fall und er hätte z.B. mit einem Minengewicht von 655 g gerechnet, so hätte er das vermerken müssen, da die Kaliberformel auf einem Minengewicht von 436,6 g beruht und alle Angaben entsprechend umgerechnet werden müssen. Dies wiederum stünde im Widerspruch zu seinen eigenen Worten aus Bel. 51,12-23 Th.

Aus Qasr Ibrim in Südägypten liegen Funde von römischen Ballistengeschossen vor, die etwa auf das Jahr 23 v.u.Z. datiert werden und noch aus der Lebenszeit Vitruvs stammen könnten. Ein Teil dieser Geschosse ist mit lateinischen Zahlzeichen und entsprechenden griechischen Zahlzeichen beschriftet, die das Gewicht in römischen Pfund angeben. Auf einem dieser Geschosse (British Museum EA 71837) ist z.B. folgendes angegeben: Π (13) | P XIII; es hat gegenwärtig noch ein Gewicht von 3,9 kg und sollte idealerweise eher 4,257 kg wiegen. P steht für römische Pfund. Multipliziert man das Gewicht dieses Geschosses der Einfachheit halber mit sechs, so erhält man 78 römische Pfund bzw. 23,4 kg. Auch die anderen bekannten Geschosse weisen auf ein ideales Pfundgewicht von 327,5 g hin.³²

Aus hellenistischen und römischen Geschossfunden mit Gewichtsangaben geht somit hervor, dass das Standardgewicht einer „Katapultmine“ im Idealfall 436,6 g beträgt.

31 DIELS/SCHRAMM 1919, 10. *Gemeint ist der unbekannte Adressat des Werks: Ariston. Vgl. zur Definition der Geschützbaukunst Heron Bel. 3 (8,1-6): „Ὅρος δὲ τῆς βελοποικῆς ἐστὶ τὸ μακρὰν ἀποστέλλειν τὸ βέλος ἐπὶ τὸν δοθέντα σκοπόν, εὐτονον τὴν πληγὴν ἔχον, περὶ οὗ δεῖ πᾶσαν τὴν φροντίδα ποιῆσαι <ἐπὶ> τοῖς εἰρημένοις ὀργάνοις.“ DIELS/SCHRAMM 1918, 8: „Die Aufgabe der Geschützbaukunst ist es, das Geschöß auf große Entfernung und mit Wucht gegen das Ziel zu senden“. Zur Frage, ob Heron hier Philon zitiert oder ob diese Definition auf eine gemeinsame Vorlage zurückgeht, vgl. SCHELLENBERG 2008, 112.

32 Alle Angaben nach WILKINS 2003, 63 Abb. 49; 2006, 73-74 mit Taf. 7; 2017, 118 mit Abb. 106 und 2024, 139 mit Abb. 120, der den Fund auch in Vitruvs Lebenszeit datiert. Zu Vitruvs Lebenszeit und der Entstehungszeit seines Werkes (ca. 35 bis 25 v.u.Z.) siehe die Zusammenfassung bei BOIVIN 2018, 80-82.

Anhand des Geschosses aus Qasr Ibrim mit der Inschrift Γ | P XIII lässt sich erkennen, dass 80 römische Pfund im Idealfall einem Talentgewicht von 26,2 kg entsprechen. Daraus ergibt sich ein Umrechnungsfaktor von Talent zu Pfund von 1:80 und von Mine zu Pfund von 1:1,33 Periode. Da Agesistratos nach Athenaios (8,6-11 W = G. 62-65) besonders leistungsfähige Katapulte baut und sogar das Gewicht seiner Spannsehnenbündel in Minen angibt, ist davon auszugehen, dass er auch in seinem verlorenen Werk mit einem Minengewicht von idealerweise 436,6 g arbeitet.³³ Das bedeutet weiter, dass sich aus den Geschossfunden des römischen Heeres, in dem Vitruv selbst als „Geschützbauer“ diente (Vitr. 1, pr. 2), ein nicht auflösbarer Widerspruch zu seinem Umrechnungsfaktor von Mine zu Pfund von 1:2 ergibt.

Vitruv rechnet also nicht nur in 10,16,4 mit dem Faktor 1:2 um, sondern auch in 10,11,3. Deshalb stimmen die Angaben in Tabelle 2 in Spalte 1 und 2 überein. Das zeigt auch, dass die Angaben in den Spalten 3 und 4 *nicht* die Grundlage für Vitruvs Übersicht gewesen sein können. Vitruv hat hier anscheinend eine bestehende Übersicht übernommen, die in seiner Vorlage so vorhanden gewesen sein muss. Dass derartige Übersichten innerhalb von Werken zum Geschützbau dazugehören, zeigen sowohl Philons (s. u.) als auch Herons Werke (Her. Bel. 32 [50,25-51,16 Th.]). Die nächste Frage, die sich stellt, ist, wie die Lochdurchmesser im überlieferten Text bei Vitruv zustande kommen. Dazu empfiehlt sich ein Blick auf die vergleichbare Übersicht des Philon, deren handschriftliche Überlieferung ebenfalls nicht eindeutig ist.

Philon Bel. 51,34-46 Th.: „Εἰσὶ δ’ αἱ μεθόδῳ τοιαύτῃ γινόμεναι διάμετροι τρημάτων τοῦ μὲν δεκαμναίου δακτύλων ια’, τοῦ δὲ πεντεκαϊδεκαμναίου δακτύλων β’ ἡμίους καὶ τετάρτου, τοῦ δὲ εἰκοσαμναίου δακτύλων ιδ’ [ἡμίους τετάρτου], τοῦ δὲ τριακονταμναίου δακτύλων ιε’ cd’*, τοῦ δὲ πεντηκονταμναίου δακτύλων ιη’ ἡμίους τετάρτου, τοῦ δὲ ταλαντιαίου δακτύλων κα’, τοῦ δὲ πενθημιταλαντιαίου δακτύλων κε’, τοῦ δὲ τριταλαντιαίου δακτύλων κζ’· ἢ μὲν <οὔν> τοῦ κύκλου διάμετρος τοῦ μέλλοντος τὸν τόνον δέ χεσθαι ταύτῃ τῇ μεθόδῳ λαμβάνεται.“ [* Als c hier wiedergegeben, statt L bei D.–S.; ιε’ cd’ = $\frac{3}{4}$.]

„Es sind aber nach dieser Methode gefundenen Durchmesser der Bohrlöcher:
des 10-minigen = 11 Daktylen, 15m. = $12\frac{3}{4}$ “, 20m. = 14“, 30m. = $15\frac{3}{4}$ “, 50m.

33 Als Faustformel gibt Philon an, dass das Gewicht der Sehnenbündel dem fünfundzwanzigfachen Gewicht der Geschosse der steinwerfenden Katapulte entspricht (Phil. Bel. 54,38-40 Th.). Vitruv und Heron sagen dazu nichts weiter. MARSDEN 1971, 161 Anm. 30 ist skeptisch gegenüber diesem Wert. In einem Papyrus (KRAMER 2004, 68 mit Z.12 = P. Vindob. G 40162 Recto) aus dem Jahr 185/184 v.u.Z. wird in einem Bericht über die Verpachtung der Ledersteuer im ptolemäischen Ägypten, der Philons Lebenszeit nahesteht, erwähnt, dass dort sechs Talente Sehnen für Skorpione zu entrichten sind. D.h. es könnten damit 30 x Dreispithamer vom Typ des Agesistratos mit einem Gewicht der Spannsehnen von je 12 Minen gebaut werden, siehe Anm. 115 unten, aber die Spannsehnen würden nicht einmal für einen 15-Miner (25 x 15 = 375 Minen) ausreichen. Warum hier ausdrücklich von Skorpionen und nicht allgemein von Katapulten die Rede ist, bleibt unklar. Ebenso, ob es eine Unterscheidung zwischen Sehnen für Katapulte, die Pfeile werfen, und Sehnen für Katapulte, die Steine werfen, gibt.

= $18\frac{3}{4}$ ", 1 Talent = 20", $2\frac{1}{2}$ t. = 25", 3t. = 27". *Der Durchmesser des Kreises, der den Spannnerven fassen soll, wird also auf diese Weise genommen.³⁴

1. Minen	2. Lochdurchmesser im Text in Daktylen	3. Lochdurchmesser errechnet in Daktylen nach Philon	4. Lochdurchmesser nach Philons Vorgaben gerundet
10	11	11	11
15	$12\frac{3}{4}$	12,59	$12\frac{3}{4}$
20	$14\frac{3}{4}$	13,85	$13\frac{3}{4}$
30	$15\frac{3}{4}$	15,86	$15\frac{3}{4}$
50	$19\frac{3}{4}$	18,80	$18\frac{3}{4}$
60	21	19,98	20
150	25	27,12	$27\frac{1}{4}$
180	27	28,82	$28\frac{3}{4}$

Tabelle 4: Geschossübersicht mit Gewichten und Lochdurchmessern nach Philon Bel. 51,34-46 Th. Im Ergebnis werden nur zwei Nachkommastellen angegeben.

Fünf der acht überlieferten Lochdurchmesser sind falsch überliefert. Da die Ergebnisse für 10, 15 und 30 Minen korrekt sind, deutet das eher auf ein Problem in der handschriftlichen Überlieferung als auf Rechenfehler Philons hin. Aus dem Vergleich von Spalte 2 mit Spalte 3 ist ersichtlich, dass Philon auf den Vierteldaktylos auf- oder abrundet. Wenn er seinen eigenen Rechenweg durchgängig und fehlerfrei befolgt hat, was nicht völlig sicher ist, müsste seine Übersicht wie in Spalte 4 aussehen. Nur zwei der acht Ergebnisse sind ganze Zahlen, sechs sind ganze Zahlen mit Brüchen. Nur das Gewicht von 10 Minen ergibt eine ganze Zahl; die Kubikwurzel aus 1000 ist 10, plus 1 ergibt 11. Nicht zufällig hat Heron in seinem einzigen Beispiel das Gewicht von 80 Minen gewählt, denn die Kubikwurzel aus

34 DIELS/SCHRAMM 1919, 10-11 und KÖCHLY/RÜSTOW 1853, 247; m. = Mine, t. = Talent, " (Zollzeichen) = Daktylos; * aus K./R. Für den Text siehe die Handschriften Par. gr. 2442 93r-v (10. Jh.), etwa ab der vierten Zeile von unten gezählt auf 93r, und Vat. gr. 1164 139r-v (10./11. Jh.), ab der fünften Zeile von unten gezählt. Ich danke Herrn Dr. Philip Rance (Sofia) für seine Hilfe bei der Lesung der Brüche in PV. Vgl. dafür auch SCHÖNE 1893 mit 51 Th. Zeilen 34-46. Die Ausgabe von Schöne ist unpaginiert, er zählt nach den Seiten und Zeilen der Ausgabe von THÉVENOT 1693. Die textkritische Ausgabe von DIELS/SCHRAMM 1918, 10-11 weicht im Text in der Wiedergabe der Zahlenangaben ab, entsprechend anders ist die Kaliberübersicht S. 11 in Anm. 1. Vgl. auch MARSDEN 1971, 108-109 und seinen Kommentar in Anm. 11 auf S. 158-159. Eine entsprechende Übersicht bietet auch SCHMIDT 1902, 93 mit einer rechnerischen Überprüfung der Angaben Philons im Vergleich zur Methode Herons, der ausdrücklich vor einer Änderung des Textes für die Lochdurchmesser bei Philon warnt. KÖCHLY/RÜSTOW 1853, 244-247 beruht auf einer schlechteren handschriftlichen Grundlage, siehe aber ihren Kommentar S. 336-337 zur Stelle. DEVOTO 1996, 10-11 bietet den Text von K./R. und einen kurzen Kommentar S. 82 Anm. 5. Die Ansicht von DRACHMANN 1953, 280, gefolgt von MARSDEN 1971, 158, dass der Text für die Gewichte von 2,5 (πενθημιταλαντιαίου) und 3 (τριταλαντιαίου) Talenten, beide Male Zahlwörter, entgegen der handschriftlichen Überlieferung geändert werden sollte, ist ein unbegründeter Eingriff in den Text. Philon verweist in dem Teil seines Werkes, der sich mit der Belagerung befasst, mehrfach auf die Geschossgewichte von Katapulten zwischen 2 und 60 Minen: 2-Miner (D 99,17 Th. = D 17 Wh.), 10-Miner (C 91,16 Th. = C 6 Wh.; C 93,2 Th. = C 26 Wh.; D 98,12 Th. = D 17 Wh.), 30-Miner (C 95,17 Th. = C 57 Wh. [Hs. PV = 4-Miner]; C 95,50 Th. = C 67 Wh.), 60-Miner (A 85,2,8 Th. = WHITEHEAD A 70-71 Wh.). Nur der 2-Miner wird in der obigen Übersicht nicht erwähnt. Darüber hinaus gilt es hervorzuheben, dass seine Dimensionsangaben aus Bel. 51,42 Th. zu den Abmessungen des Eintalenters und den Angaben aus A 85,1-5 Th. (= A 71-72 Wh.) nicht direkt vereinbar sind, so zumindest RIHLL 2007, 293, anders WHITEHEAD 2016, 203.

8000 ist 20, plus 2 ergibt 22 (Her. Bel. 32 [50,25-51,16 Th.]). Die Abweichung in den fehlerhaften Angaben beträgt etwa 0,75 bis 2,12 Daktylen. Das mag nicht viel erscheinen, ist es aber. Dies lässt sich in diesem Zusammenhang besser nachvollziehen, wenn man sich die Berechnung der Lochdurchmesser für Gewichte von einer bis neun Minen und von zehn bis dreihundertsechzig Minen in einer Tabelle genauer ansieht. Zusätzlich sind nach dem Gewicht von 9 Minen weitere Gewichte in Fünferschritten (kursiv) angegeben.

1. Minen	2. Lochdurchmesser	3. Minen	4. Lochdurchmesser	5. Minen	6. Lochdurchmesser
1	5,10	10	11	190	29,35
2	6,43	20	13,85	200	29,85
3	7,36	30	15,86	210	30,34
4	8,10	40	17,46	220	30,82
5	8,73	50	18,80	230	31,28
6	9,27	60	19,98	240	31,72
7	9,76	70	21,04	250	32,16
8	10,21	80	22	260	32,58
9	10,62	90	22,88	270	33
25	<i>14,92</i>	100	23,69	280	33,40
35	<i>16,70</i>	110	24,46	290	33,79
45	<i>18,16</i>	120	25,18	300	34,17
55	<i>19,41</i>	130	25,86	310	34,55
65	<i>20,52</i>	140	26,51	320	34,92
75	<i>21,53</i>	150	27,12	330	35,28
85	<i>22,44</i>	160	27,71	340	35,63
95	<i>23,29</i>	170	28,28	350	35,98
105	<i>24,08</i>	180	28,82	360	36,32

Tabelle 5: Geschossgewichte mit Lochdurchmessern in Daktylen nach der Kaliberformel von 1-360 Minen. Im Ergebnis werden nur zwei Nachkommastellen angegeben.

Wie aus Tabelle 5 ersichtlich, ist eine Abweichung im berechneten Ergebnis bei Lochdurchmessern von 0,75 bis 2,12 Daktylen problematisch. Im Hinblick auf die Auf- und Abrundung nach Philon auf den Vierteldaktylos genau wird hier daher eine Abweichung von mehr als einem Vierteldaktylos als signifikant bewertet. Vergleicht man die Angaben Vitruvs mit einer Berechnung nach der Kaliberformel Philons, so zeigt sich, dass die Angaben bis auf die erste deutlich voneinander abweichen:

1. Geschoss- gewicht (Pfund)	2. Lochdurch- messer (Digitus)	3. Geschoss- gewicht (Minen) Faktor 2:1	4. Lochdurch- messer Daktylos	5. Lochdurch- messer von Daktylen zu Digiten
2	5	1	5,10	5,32
4	6	2	6,43	6,70
<6>	7	3	7,36	7,67
10	8	5	8,70	9,07
20	10	10	11	11,47
40	12,75	20	13,85	14,44
60	13,125*	30	15,86	16,54
80	15	40	17,46	18,21
120	17,5	60	19,98	20,84
160	20	80	22	22,95
180	21	90	22,88	23,86
200	22	100	23,69	24,71
2<40>	23	120	25,18	26,26
360	24	180	28,82	30,06

Tabelle 6: Vergleich von Vitruv 10,11,3 mit den Ergebnissen, die mittels der Kaliberformel erzielt werden können. Im Ergebnis werden nur zwei Nachkommastellen angegeben, mit Ausnahme des Achteldigitus (*).

Die Angaben für zwei Pfund, zwanzig Pfund und sechzig Pfund sind bei Vitruv handschriftlich eindeutig überliefert. Im Gegensatz zu Philon rechnet Vitruv die Ergebnisse auf ein Achteldigitus herunter, d.h. eine Abweichung von mehr als einem Achtel wird auch hier als signifikant bewertet. Wenn Vitruvs Rechenmethode das Ziehen der Kubikwurzel beinhaltet, müssen in 10,11,3 mehr Ergebnisse aus ganzen Zahlen und Brüchen vorhanden sein, auch wenn er vorhandene Ergebnisse nur umgerechnet hat. Das einzige Ergebnis, das bei einem Vergleich zwischen Vitruv und einer Berechnung des Lochdurchmessers nach Philon übereinstimmt, ist das für den 2-Pfünder. Bei den 4- bis 10-Minern erscheint es so, als ob sie gerundet mit den 2- bis 5-Pfündern übereinstimmen, aber die Ergebnisse weichen um mehr als ein Achtel ab und sind daher als signifikant einzustufen. Bei den 20- bis 360-Pfündern beträgt die Abweichung zu den 10- bis 180-Minern 1 bis 4,82 Daktylen. Die Umrechnung der Angaben von Daktylen in Digiten in Spalte 5 zeigt, dass die eigentlichen Abweichungen zwischen Vitruvs Zahlen und den Ergebnissen nach Philon noch größer sind und zwischen 0,3 und 6 Digiten liegen.

Angesichts dieser durchgängigen Abweichungen, wie sie in Tabelle 6 dargestellt sind, fällt es schwer anzunehmen, dass Vitruv die Kaliberformel oder eine der beiden geometrischen Versionen, die Philon nennt, verwendet. Die Frage ist: Muss er das überhaupt? Er hat anscheinend eine vorhandene Übersicht mit Geschossgewichten aus seiner Vorlage umgerechnet, sollte man daher nicht eher annehmen, dass er auch die entsprechenden Lochdurchmesser übernommen hat und sie nur von Daktylos auf Digitus umrechnen musste? Da er schon bei den Gewichten den falschen Umrechnungsfaktor von 1:2 statt 1:1,33 Periode verwendet hat, wäre es möglich, dass ihm bei den Lochdurchmessern ein

ähnlicher Fehler unterlaufen ist. Das ist jedoch schwer mit den Kapiteln 10,14-16 in Einklang zu bringen. Der Vergleich der von Athenaios und Vitruv überlieferten Zahlenangaben zeigt zumindest dort, wo sie handschriftlich eindeutig überliefert sind, dass Vitruv zitattreu ist, sowohl wenn er griechische Längenangaben ohne Umrechnung übernimmt, als auch wenn er sie umrechnet. Mehr als einmal rechnet er Daktylos mit dem Faktor 1:1 in Digitus um, aber er weicht auch davon ab, zum Teil extrem. Die folgenden Beispiele sollen die Problematik nur andeuten und sind keine repräsentative Stichprobe. In Beispiel 1 kann man Vitruvs Genauigkeit bei der Übersetzung von Zahlenangaben verfolgen, in 2 und 3 zusätzlich seine Umrechnungsfaktoren.

Bei der kurzen Erwähnung des großen und kleinen Belagerungsturms von Diades, einem Militärarchitekten/Militärmechaniker im Dienste Alexanders des Großen, übernimmt er die griechischen Längenangaben ohne Umrechnung.³⁵ Wie zuvor (s.o.) ist auch hier das Werk des Agesistratos die Vorlage von Vitruv und Athenaios; zur besseren Nachvollziehbarkeit sind hier alle Zahlen und Längenmaße fett hervorgehoben:

Athenaios 11,4-8 W = G. 98-102: „Τὸν μὲν οὖν πύργον τὸν ἐλάχιστον, φησί, δεῖ γενέσθαι τὸ ὕψος **πηγῶν ξ'**, τὸ δὲ πλάτος ἔχοντα **πήχεις ιζ'**. συναγωγὴν δὲ τοῦ πλάτους εἰς τὸ ἄνω τὸ **πέμπτον μέρος**. τῶν δὲ σκελῶν τοῦ πύργου τὰ **πάχη** ἔχειν κάτωθεν μὲν **τριπάλαιστα**, ἄνωθεν δὲ **ἑπταδάκτυλα***. Εγένετο δὲ αὐτῷ ὁ τηλικούτος **δεκάστεγος**, περιπτέρου οὔσης ἐκάστης χώρας.“ [*Verbessert zu ὀκταδάκτυλα von S./S. 1912.]

„Der kleinste Turm, sagt er, muß eine Höhe von **60 Ellen** (= 26,61 m) haben; und eine Breite von **17 Ellen** (= 7,54 m), die nach oben hin allmählich um **ein Fünftel** abnahm; die Schenkel des Turmes müssen unten eine Dicke von **3 Palaisten** (= 22,2 cm), oben von **8 Zoll*** (14,8 cm) haben. Einen Turm von dieser Größe machte er **zehnstöckig**, und jedes Stockwerk bekam eine Gallerie.“ [*Nach dem gr. Text von S./S.]³⁶

Vitruv 10,13,4: „Turrem autem minimam ait oportere fieri ne minus altam **cubitorum LX***, latitudinem **XVII**, contracturam autem summam imae **partis quintam**, arce|taria turre in imo **dodrantalia**, in summo **semipedalia**. Fieri autem ait oportere eam turrem tabulatorum **decem**, singulis partibus in ea fenestratis.“ [* Hs. IX, VIII oder als Wort „novem“.]

35 Außerhalb der Werke von Vitruv und Athenaios wird er nur in P. Lat. Alex. 8,12-15 (= P. Berol. 13044r) aus dem 2. Jh. v.u.Z. erwähnt, wo es heißt, er habe an der Belagerung von Tyros teilgenommen, ohne dies näher zu erläutern. Seine Lebenszeit und sein Geburtsort sind unbekannt. Siehe zu seinen Kriegsmaschinen: SCHNEIDER/SCHWARTZ 1912, 57-59, 67-68, SACKUR 1925, 99-122 mit Abb. 49-52; WEST 1969, 73-80; LENDLE 1975, 33-47 mit Abb. 14-18; LENDLE 1983, 71-77 mit Abb. 21, 128-132 mit Abb. 36-37; CALLEBAT/FLEURY 1986, 242-254 mit Abb. 35-37; FLEURY 1993, 289-301 mit Abb. 71-73; ROWLAND/HOWE 2002, 311-312 mit Abb. 134-135; WHITEHEAD/BLYTH 2004, 84-108, 174-187, 194-199 mit Abb. 3-7; WHITEHEAD 2015, 82-89 (Ergänzungen); GATTO 2010, 280-287 (Kommentar zum Text) sowie Kapitel 11 mit Erläuterungen zu den Kriegsmaschinen; GATTO 2011; SAMMOUR 2017. Vgl. auch GARLAN 1974, 225-239 mit Abb. 11-14 und FIORUCCI 2021; 2022.

36 SCHNEIDER/SCHWARTZ 1912, 17, vgl. auch LENDLE 1983, 72.

„Der kleinste Turm, so schreibt er, dürfe nicht weniger als **60 Ellen** hoch, **17 Ellen** breit sein; seine Verjüngung ganz oben müsse **1/5** der unteren Fläche betragen. Die Standbalken des Turmes müßten unten $\frac{3}{4}$ Fuß betragen, ganz oben $\frac{1}{2}$ **Fuß**. Dieser Turm, so sagt er, müsse **10 Stockwerke** haben, jeder Teil daran fensterartige Öffnungen.“³⁷

Gegenüberstellung: $\pi\chi\omega\acute{\nu} \xi' \neq$ cubitorum IX; $\pi\acute{\eta}\chi\epsilon\iota\varsigma \iota\zeta' =$ XVII; $\pi\acute{\epsilon}\mu\pi\tau\omicron\upsilon\upsilon \mu\acute{\epsilon}\rho\omicron\varsigma =$ partis quintam; $\tau\rho\iota\acute{\alpha}\lambda\alpha\iota\sigma\tau\alpha =$ dodrantalia; $\acute{\epsilon}\pi\tau\alpha\delta\acute{\alpha}\kappa\tau\upsilon\lambda\alpha \neq$ semipedalia; $\delta\epsilon\kappa\acute{\alpha}\sigma\tau\epsilon\gamma\omicron\varsigma =$ decem. Vier von sechs Angaben stimmen miteinander überein.

In Beispiel 2 beschreiben Vitruv und Athenaios die Widderschildkröte Hegetors von Byzanz (siehe auch das obige Zitat vom Ende der Beschreibung).

Athenaios 21,2-6 W = G. 197-201: „Τῆς δὲ ὑπὸ Ἠγήτορος τοῦ Βυζαντίου ἠύρημένης χελώνης γίνεται τὸ μὲν μήκος τοῦ ἔσχαρίου **πηχῶν μβ'**, πλάτος δὲ **κη'**. Τὰ δὲ σκέλη τὰ ἐπὶ τοῦ ἔσχαρίου πηγνύμενα **δ'** συντίθεται καὶ ἕκαστον ἕκ **β'** ξύλων συνημμένων τὸ μήκος ἐχόντων **πήχεις κδ'**, τὸ δὲ πάχος **ε' παλαιστάς**, τὸ δὲ πλάτος **πηχυαῖα**.“

„Bei der Schildkröte, die von Hegetor von Byzanz konstruiert worden ist, beträgt die Länge des Grundgestells **42 Ellen** (18,62 m), die Breite 28 Ellen (12,42 m). Die auf dem Grundgestell befestigten vier Ständer sind jeweils aus zwei zusammengeführten Balken zusammengesetzt, die eine Länge von **24 Ellen** (10,64 m), eine Dicke von **5 Palaisten** (37 cm), eine Breite von **1 Elle** (44,4 cm) haben.“³⁸

Vitruv 10,15,2: „Non mihi etiam uidetur esse alienum de testudine, quam Hegetor Byzantius fecit, quibus rationibus sit facta, exponere. Fuerat enim eius baseos longitudo **pedum LXIII**,* latitudo **XLII**** . Arrectaria, quae supra compactionem erant quattuor conlocata, ex binis tignis fuerant compacta, in altitudinibus singulo **pedum XXXVI**, crassitudine **palmopedali**, latitudine **sesquipedali**.“ [*Hs. LX; **XIII.]

„Es scheint mir nicht unangebracht, auch hinsichtlich der Schildkröte, die Hegetor von Byzanz gebaut hat, zu berichten, nach welchen Prinzipien sie gebaut wurde. Die Länge ihres Grundgestells betrug nämlich **60 Fuß** (17,74 m), die Breite **13 Fuß*** (= 3,84 m). Die vier Ständer, die über dem Gestell angebracht waren, waren aus je zwei Balken zusammengekämmt, jeder mit einer Höhe von **36 Fuß** (10,64 m), einer Dicke von **1 ¼ Fuß** (37 cm), einer Breite von **1 ½ Fuß** (44, 4 cm).“ [*L. folgt den Hss.]³⁹

Gegenüberstellung: $\pi\chi\omega\acute{\nu} \mu\beta' \neq$ pedum LX; $\kappa\eta' \neq$ XIII; $\pi\acute{\eta}\chi\epsilon\iota\varsigma \kappa\delta' =$ pedum XXXVI; $\epsilon' \text{ παλαιστάς} =$ palmopedali; $\pi\chi\upsilon\alpha\acute{\iota}\alpha =$ sesquipedali. Drei der fünf Einträge stimmen überein.

37 FENSTERBUSCH 1991, 513, vgl. auch LENDLE 1983, 72.

38 LENDLE 1975, 49, 52.

39 LENDLE 1975, 72-73.

Zur besseren Übersicht empfiehlt es sich, die Angaben beider Autoren jeweils in Daktylos und Digitus umzuwandeln, um die Längenangaben besser vergleichen zu können. ... $\pi\eta\chi\upsilon\alpha\acute{\iota}\alpha = 1$ Peschus = 24 Daktylen = *sesquipedali* = 1,5 Fuß = 24 Digiten. ... $\pi\acute{\eta}\chi\epsilon\iota\varsigma \kappa\delta' = 24$ Peschen = 576 Daktylen = *pedum XXXVI* = 36 Fuß = 576 Digiten. Vitruv rechnet dreimal mit dem Faktor 1:1 um. Anders bei 42 Peschen, die umgerechnet 1008 Daktylen und 60 Fuß, die 960 Digiten ergeben. Der Umrechnungsfaktor beträgt hier 1:1,05. Bei $\kappa\eta' = 576$ Daktylen; XIII = 208 = beträgt der Umrechnungsfaktor 1:2,76. Bei dem Umrechnungsfaktor 1:1 ergibt sich hier z.B. bei 24 Peschen = 576 Daktylen das Problem, dass bei der Umrechnung von Daktylen in Digiten mit den Ideallängen 1,93cm und 1,85cm das Ergebnis bei Vitruv 600 Digiten sein müsste. Das ergibt eine Abweichung von 24 Digiten.

In Beispiel 3 erwähnen Vitruv und Athenaios kurz die Ausmaße des Belagerungsturms (Helepolis) des Epimachos bei der Belagerung von Rhodos (siehe auch das obige Zitat):

Ath. Mech. 27,2-5 W = G. 245-247: „Ἡ δὲ ὑπὸ Ἐπιμάχου τοῦ Ἀθηναίου γενομένη ἐλέπολις, ἦν Δημήτριος ὁ Ῥοδίου πολιορκῶν προσήγαγε τοῖς τεύχεσιν αὐτῶν, ἔστι τοιάδε. Τὸ μὲν ὕψος λαμβάνει **πήχεις 4'**, τὸ δὲ πλάτος **πήχεις <μ>η'**“. [*G. liest nur μ' , S./S. nur $<\mu>\eta'$.]⁴⁰

„Die von Epimachos aus Athen erbaute Helepole, welche Demetrios bei der Belagerung der Rhodier gegen deren Mauern vorrücken ließ, ist folgender Art: sie hat eine Höhe von **90 Ellen** (39,6 m), eine Breite von **48 Ellen** (21 m).“⁴¹

Vitruv 10,16,4: „Interea rex Demetrius, qui propter animi pertinaciam Poliorcetes est appellatus, contra Rhodum bellum comparando Epimachum Atheniensem nobilem architectum secum adduxit. Is autem comparavit helepolim sumptibus inmanibus industria laboreque summo, cuius altitudo fuerat **pedum CXXV**, latitudo **pedum LX**.“

„Unterdessen rüstete sich der König Demetrios, der wegen seines Starrsinns Städtezerstörer genannt wurde, zu einem Krieg gegen Rhodos und führte mit sich den Athener Epimachos, einen berühmten Architekten. Dieser erbaute ihm unter ungeheueren Kosten mit großem Fleiß und Arbeitseinsatz eine Helepole, deren **Höhe 125 Fuß** (37,5 m), deren **Breite 60 Fuß** (18 m) betrug.“⁴²

Gegenüberstellung: $\pi\acute{\eta}\chi\epsilon\iota\varsigma 4' \neq \text{pedum CXXV}$; $\pi\acute{\eta}\chi\epsilon\iota\varsigma <\mu>\eta' \neq \text{pedum LX}$. Keine Übereinstimmung. Zur besseren Übersicht empfiehlt es sich, die Angaben beider Autoren auch hier jeweils in Daktylos und Digitus umzuwandeln, um die Längenangaben besser

40 Die Handschriften MFPV bieten nur Eta, ebenso WESCHER 1867, 27. Ein Vergleich zwischen M 22r (Widderschildkröte des Hegetor von Byzanz) und der Angabe ... $\pi\eta\chi\omega\acute{\nu} \mu\beta'$, $\pi\lambda\acute{\alpha}\tau\omicron\varsigma \delta\epsilon \kappa\eta'$ und M 23v $\pi\lambda\acute{\alpha}\tau\omicron\varsigma \pi\acute{\eta}\chi\epsilon\iota\varsigma <\mu>\eta'$... zeigt, dass der Buchstabe η beide Male gleich geschrieben wird. Daher wird oben SCHNEIDER/SCHWARTZ 1912 gefolgt und nicht GATTO 2010, der My statt Eta liest. Schon SCHOTT 1615, 238 hat vorgeschlagen, hier 48 Peschen zu lesen und bei Vitruv 72 Fuß. Das heißt, er rechnet Peschus zu Fuß mit dem Faktor 1:1,5 um und damit Daktylos zu Digitus mit dem Faktor 1:1.

41 LENDLE 1983, 59.

42 LENDLE 1983, 60.

vergleichen zu können. ... πήχεις 4' = 2160 Daktylen; pedum CXXV = 2000 Digiten = Umrechnungsfaktor 1:1,08. ... πήχεις <μ>η' = 1152 Daktylen bzw. 192 Daktylen; pedum LX = 960 Digiten = Umrechnungsfaktor 1:1,2 bzw. 1:0,2.

Aus den drei Beispielen geht hervor, dass Vitruv seine Vorlage hinsichtlich der Längenangaben offenbar mit einem Umrechnungsfaktor von etwa 1:1 wiedergibt. Abweichungen davon wie der Faktor 1:1,08, 1:1,2, 1:2,76 oder der Faktor 1:0,2 deuten darauf hin, dass die entsprechenden Angaben im Text fehlerhaft überliefert sind. In den bisherigen Textausgaben für Athenaios und Vitruv werden beide miteinander korrigiert; das Risiko einer Kreuzkontamination ist bei den Längenangaben vertretbar.⁴³ Bei den 1:1 umgerechneten Angaben ergibt sich zusätzlich das Problem, dass die Längenangaben Vitruvs in Digitus von denen seiner Vorlage in Daktylos desto mehr abweichen, je größer die Längen sind, da die Differenz zwischen Daktylos und Digitus im Idealfall 0,08 cm beträgt.⁴⁴

Da Philon bei der Berechnung der Lochdurchmesser von Vierteldaktylus und Vitruv von Achteldigitus ausgeht, wäre die Verwendung des Umrechnungsfaktors 1:1 in 10,11,3 unerwartet, da sich erhebliche Abweichungen ergeben würden. Wird der Dreitalenter von Philon mit einem Lochdurchmesser von 28,75 Daktylen (siehe Tab. 4, Spalte 4) umgerechnet, ergibt das ungefähr 30 Digitens (siehe Tab. 6, Spalte 5). Die Differenz beträgt also 6 Digitens zu dem von Vitruv überlieferten Ergebnis von 24 Digitens. Hinsichtlich des Längenumrechnungsfaktors ergibt sich für 10,10,1 ein weiteres Problem, das in der Forschung nicht erwähnt wird. Vitruv sagt dort, dass sich der Lochdurchmesser für Skorpione aus der Länge des Geschosses geteilt durch neun ergibt (Faustformel L:9). Genau das sagen auch Philon und Heron. Da sich ihre Angaben auf ein anderes Maßsystem beziehen, müsste Vitruv diese Faustformel eigentlich anpassen. Heron verwendet als Rechenbeispiel einen Dreispithamer (Bel. 32 [51,18-25]); Philon und Vitruv geben keine Beispiele an. Eine Spithame sind 24 Daktylen, drei Spithamen also 72 Daktylen, der Lochdurchmesser also 8 Daktylen. Vereinfacht umgerechnet ergibt dies eine Länge von 75 Digitens und einen Lochdurchmesser von 8,3 Digitens. Würde Vitruv mit dem Faktor 1:1 umrechnen, ergäbe sich für die Geschosslänge eine Abweichung von drei Digitens und für den Lochdurchmesser eine Abweichung von etwas mehr als zwei bzw. etwas weniger als drei Achtel Digitens.⁴⁵

43 Das wird anders gesehen in Bezug auf das Problem einer möglichen Kreuzkontamination von LENDLE 1975, 16-18 und ihm folgend WHITEHEAD/BLYTH 2004, 40. M. E. besteht dieses Risiko eher im Hinblick auf die technischen Details. Hier weicht Vitruv in seiner Übersetzung gegenüber Athenaios von seiner Vorlage ab und lässt auch Dinge weg oder missversteht sie. Am einfachsten lässt sich das gegenwärtig anhand der Beispiele und Erläuterungen von LENDLE 1992 nachvollziehen.

44 Würde man alle handschriftlich eindeutigen Längenangaben bei Vitruv und Athenaios vergleichen, könnte man einen Mittelwert für seinen Umrechnungsfaktor ermitteln. Am einfachsten ist dies mit Hilfe der parallelen Zitate aus beiden Werken bei GATTO 2010, 67-77 möglich; weniger übersichtlich ist dies auch mit Hilfe von LENDLE 1975 zusammen mit 1983 und 1992 sowie SCHNEIDER/SCHWARTZ 1912 und THIEL 1895 machbar.

45 Ob diese Abweichung für den tatsächlichen Bau von Skorpionen relevant ist, ist eine offene Frage, zumal unklar ist, wie groß die Abweichungstoleranz innerhalb der symmetrischen Bauweise bezüglich Geschosslänge und Lochdurchmesser ist. Da sich die Faustformel L:9 nur auf die Geschosslänge bezieht, bleibt die Frage offen, ob das Gewicht hier wirklich keine Rolle spielt oder ob es diesbezüglich einen

In den bisherigen Ausführungen wurde die Forschung zu 10,11,3 weitgehend ausgeklammert, um zunächst eine klare Verständnisgrundlage zu schaffen, anhand derer die Probleme möglichst deutlich aufgezeigt werden können. Das Hauptproblem besteht darin, dass außer LENDLE anscheinend niemand sonst erkannt hat, dass Vitruv einen Umrechnungsfehler bei den Geschossgewichten begangen hat.⁴⁶ Das bedeutet, dass alle bisherigen Überprüfungsversuche mit Hilfe der Kaliberformel aus dem Zeitraum von 1559 bis 2024 auf einer falschen Gewichtsgrundlage beruhen (im Wesentlichen wie in Tabelle 2, Spalte 4).⁴⁷ Das Folgende gibt einen Überblick über die einschlägige Forschung und fasst deren wichtigste Ergebnisse zusammen.

MARINI hat erkannt, dass Vitruv Talent zu Pfund mit dem Faktor von 1:120 umrechnet, hat das aber nicht mit 10,11,3 und Athenaios 27,5-6 $W = G \cdot 247-249$ in Verbindung gebracht, obwohl er den Text von Athenaios benutzt, um den Vitruvs zu verbessern.⁴⁸ Anscheinend tut er das nicht, weil die Edition von THÉVENOT 1693,7 im griechischen Text dreißig Talente angibt.⁴⁹ Trotzdem ist es ihm intuitiv gelungen, das Problem der Geschossgewichte zu lösen. Bei der Rekonstruktion von 10,11,3 geht er davon aus, dass Vitruv mit der Kaliberformel rechnet, aber nicht mit dem Faktor hundert, sondern mit dem Faktor fünfzig multipliziert und nicht ein Zehntel zum Ergebnis addiert, sondern jeweils auf die nächsthöhere Kubikwurzel rundet. Damit sind aus seiner Sicht die überlieferten Lochdurchmesser hinreichend genau erklär- und verbesserbar. Sinngemäß ist das zutreffend, denn auf diese Weise halbiert Marini die Gewichtsangaben Vitruvs und verwendet *unwissentlich* dessen Umrechnungsfaktor von 1:2 von Mine zu Pfund (Tab. 2, Sp. 2).⁵⁰

unausgesprochenen und ungeschriebenen Konsens bzw. ein Standardgewicht für Pfeilgeschosse gibt. In der bisherigen Forschungsliteratur dazu wird anscheinend beides nicht thematisiert, siehe z. B. WILKINS 2024.

46 LENDLE 1975.

47 Als Anfangspunkt der Forschung wird hier willkürlich BUETONIS 1559 gesetzt und als ihr Endpunkt WILKINS 2024. Das obige Problem betrifft auch BUETONIS 1559, 387-396 (= Jean Borrel); BALDI 1616, 61-62; SILBERSCHLAG 1760, 404-408 (mit Übersetzung PERRAULTS 1673, siehe auch 1760a in der Bibliographie) und NEWTON 1780, 63-66, auf die hier nicht gesondert eingegangen wird. Buetonis ist offenbar der erste, der sich im Zusammenhang mit 10,11,3 auf Eratosthenes „Mesolabos“ bezieht (siehe das Zitat oben in Anm. 7). BALDI 1616, 62 bemerkt sinngemäß, dass das Verhältnis von römischen Pfund zu griechischen Minen 2:1 beträgt und das anscheinend bisher niemand sonst außer ihm bemerkt hat. Unklar ist, ob sich diese Bemerkung auf den Umrechnungsfaktor bei Vitruv bezieht. Sollte dies der Fall sein, so wäre Baldi der erste, der dies in diesem Zusammenhang bemerkt hat und nicht HULTSCH 1876. Auch SCHOTT 1615, 238 nimmt diesen Umrechnungsfaktor an. Silberschlag verwendet bereits Philons Kaliberformel als Vergleichsmöglichkeit, bezweifelt aber, dass beide Autoren das Wurzelrechnen beherrschten; Newton erwägt diese Möglichkeit ebenfalls. Beide bieten auch tabellarische Übersichten der Ergebnisse für die Lochdurchmesser von Vitruv und Philon. Schon Baldi und Newton gehen fälschlicherweise davon aus, dass sich das Maßsystem von Philon und Heron auf das ptolemäische Ägypten bezieht, wie später auch HULTSCH 1876.

48 Zusammenfassung von MARINI 1836, 330-338. Auf den Faktor 1:120 verweist er S. 364 Anm. 18.

49 Die Handschrift M (Par. suppl. gr. 607) wurde erstmals von WESCHER 1867 für seine Textausgabe verwendet. MARINI 1836, 341 Anm. 2 geht bereits davon aus, dass sowohl Vitruv als auch Athenaios das Werk des Agesistratos als Vorlage verwenden.

50 In seiner kurzen Monografie zu antiken Katapulten, MARINI 1820, hat er sich dazu nicht geäußert.

KÖCHLY/RÜSTOW haben in ihrer Diskussion des Lochdurchmessers für Vitruvs 360-Pfünder das eigentliche Problem erkannt.⁵¹ Während MARINI (s.o.) ihn für das Äquivalent eines griechischen Dreitalenters hält, weisen sie darauf hin, dass er eigentlich einem Viereinhalbtalenter entspricht.⁵² Das gelingt ihnen nur zufällig, weil sie das richtige Minengewicht und den richtigen historischen Umrechnungsfaktor ausgewählt haben. Denn sie rechnen Pfund in Minen mit dem Faktor 1:1,33 Periode um und nehmen an, dass Philon und Heron mit dem idealen Minengewicht von 436,6 g rechnen. Sie vermuten auf der Grundlage von Vitruv 10,11,2, dass er der „griechischen Berechnungsweise“ folgt, d.h. der Kaliberformel, aber diese mit römischen Gewichts- und Längenmaßen rechnet, und dass er selbst entweder eine Neuerung oder eine Verbesserung der Kaliber vorgenommen hat.⁵³ Sie berechnen, vorbildlich, alle ihnen denkbaren Möglichkeiten dafür, ebenso die geometrische Methode Philons, und kommen zu dem Ergebnis, dass ihre Berechnungen entweder zu groß oder zu klein sind und mit Vitruvs Lochdurchmessern nicht in Übereinstimmung gebracht werden können. Aus ihrer Sicht muss als Kaliberformel Vitruvs für den Lochdurchmesser $= 1,1 \times \sqrt[3]{Px48}$ ⁵⁴ angenommen werden, oder dass Vitruv nach keiner bestimmten Regel gerechnet hat. Eine dritte Möglichkeit schließen sie aus.⁵⁵

HULTSCH folgt KÖCHLY/RÜSTOW (s.o.) im technischen Teil ihrer Ausführungen, bietet aber eine eigenständige Lösung für die in 10,10-16 überlieferten Bruch- und Trennzeichen.⁵⁶ Anders als sie geht er nicht davon aus, dass Vitruv mit dem „üblichen“ Umrechnungsfaktor von Pfund zu Mine mit 1:1,33 Periode gerechnet hat, sondern mit 1:120 von Talent zu Pfund und 1:2 von Mine zu Pfund. Er bezieht sich dabei auf Vitruvs eigene Umrechnung aus 10,15,7, die ein Minengewicht von 655 g ergibt. Er geht weiter davon aus, dass das Minengewicht bei Heron und auch bei Philon 710 g beträgt⁵⁷ und dass Heron ein Autor ist, der aktuelle technische Entwicklungen wiedergibt, was auch die Unterschiede in den angegebenen Lochdurchmessern erklären würde. Unter Berufung auf MARINI (s.o.) geht HULTSCH davon aus, dass Vitruv die Zehntel-Addition nicht vorgenommen hat, dass man nach der Kaliberformel mit fünfzig statt mit hundert multiplizieren muss und dass Vitruv

51 Zusammenfassung von KÖCHLY/RÜSTOW 1853, 374-375.

52 In dieser Diskussion wird auch auf den angeblichen Dreitalenter des Archimedes an Bord der Syrakusia (Ath. Deip. 5,208c = FGrH / BNJ 575 Moschion) verwiesen. Es handelt sich um einen Dualgeschosswerfer, der Pfeile von zwölf Peschen (288 Daktylos) und Steine von drei Talenten (78kg) wirft. Nach der Faustformel L:9 betrage der Lochdurchmesser 32 Daktylen und würde einem 250-Miner entsprechen (siehe Tab. 5 oben). Das ist, zusätzlich zur Geschosslänge, ein Hinweis darauf, dass diese Beschreibung fiktiv ist. Ob die Faustformel L:9 hier anwendbar ist, bleibt unklar. Dualgeschosswerfer werden nur hier, in IG II² 1487 Z. 84-86 und von Heron Bel. 3 (6,11-21) erwähnt. Nach ihm sind diese Dualgeschosswerfer: Palintona. Ob die Geschosslänge oder das Geschossgewicht maßgeblich für die Ermittlung des Lochdurchmessers sind, lässt er unerwähnt. Philon und Vitruv erwähnen diesen Typ nicht. Siehe Anm. 115.

53 Zusammenfassung von KÖCHLY/RÜSTOW 1853, 392-399.

54 P bezieht sich hier auf das Geschossgewicht in römischen Pfund. Ihre Kaliberformel entspricht sinngemäß der Idee MARINIS, mit dem Faktor fünfzig zu multiplizieren. Im Unterschied zu ihm wird jedoch das philonisch/heronische Zehntel zum Ergebnis addiert.

55 KÖCHLY/RÜSTOW 1853, 394-397 haben bei ihren Überlegungen auch berücksichtigt, dass die Spannbuchsen bei Vitruv elliptisch und bei Philon rund sind. Sie gehen davon aus, dass bei gleichem Geschossgewicht die vitruvianischen Spannbuchsen mehr Spannsehen aufnehmen können, dass sich daraus aber kein wesentlicher Leistungsunterschied ergibt. Wegen des kleineren Lochdurchmessers bei Vitruv sind seine Ballisten ihrer Meinung nach dennoch weniger leistungsfähig als die Philons.

56 Zusammenfassung von HULTSCH 1876.

57 So von HULTSCH 1882, 644 wiederholt.

in 10,11,3 eine Übersicht in ganzen Zahlen mit wenigen Brüchen geboten hat. Außerdem vermutet er, dass vier Gewichtsangaben im Text fehlen, so dass es nicht vierzehn, sondern achtzehn sind: 2, 6, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 240, 280, 320, 360).⁵⁸ HULTSCH ist offenbar der erste, der den Umrechnungsfaktor 1:2 für 10,11,3 erkannt hat und durchgängig damit rechnet. In seiner Übersicht gibt er letztlich annähernd die Angaben der Kubikwurzel an, wie sie mit der Kaliberformel nach Philon und Heron errechnet werden können, nur ohne das Zehntel zum Ergebnis zu addieren. HULTSCH rechnet einen Digitus mit 1,848cm um und einen philonischen und heronischen Daktylos mit einem ptolemäischen Daktylos zu 2,187cm. Da er mit falschen Voraussetzungen für die Geschossgewichte und Längenangaben der Lochdurchmesser rechnet und von Vitruvs Text deutlich abweicht, die durchdachte Vorgehensweise von KÖCHLY/RÜSTOW (s.o.) zwar erwähnt, aber ignoriert, sind seine Ergebnisse für 10,11,3 als unzutreffend einzustufen.

CHOISY ist der Ansicht, dass die Angaben Vitruvs in 10,11,3 nicht in Digitsen, sondern in Unicen (Unica, ideale Umrechnung: 2,46 cm) erfolgen und im Laufe der handschriftlichen Überlieferung entsprechend verschrieben sind.⁵⁹ Er entwickelt eine angepasste Kaliberformel und kommt zu dem Ergebnis, dass die Angaben in Vitruvs Text mit den so gewonnenen Ergebnissen weitgehend übereinstimmen.⁶⁰ Im Gegensatz zu früheren Rekonstruktionen der vitruvianischen Balliste geht CHOISY davon aus, dass es sich um einen „Innenschwinger“ handelt.⁶¹ Vitruvs Umrechnungsfaktor von 1:2 ist ihm unbekannt, da er außerdem mit einem Gewicht von 526 g pro römischem Pfund rechnet, können seine Ergebnisse nicht stimmen.⁶² Seine Vorstellung, dass in Vitruvs Text die Maßeinheit Unica anstelle von Digitus und Fuß verwendet wurde, ist mit der handschriftlichen Überlieferung nicht vereinbar. In 10,11,3 wird die Längeneinheit Digitus dreizehnmal und Fuß sechsmal erwähnt. Hinzu kommt ein weiteres Problem, das CHOISY nicht berücksichtigt hat, welches aber erklärungsbedürftig ist: Vitruv verwendet die Längeneinheit Unica im gesamten Text nicht.⁶³ Warum sollte er das ausgerechnet nur hier tun? Zumal er durchgehend mit Digitus und Fuß rechnet, z.B. auch in den Kapiteln 10,14-16.⁶⁴ Es gibt also keinen Grund

58 HULTSCH 1876, 256. In *Minen* ausgedrückt entspricht das: 1, 3, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 180.

59 Zusammenfassung von CHOISY 1909, 308-311 (Analyseband), 1909a, 223-224 (Text und Übersetzung), 1909b (Tafelband ohne Seitenzählung) Tafel 90 (Graphendiskussion).

60 CHOISY 1909, 311 (Tabelle).

61 CHOISY 1909, 302 und 1909b Tafel 88, Abbildung 5. Die Idee, dass auch Herons Cheiroballistra ein „Innenschwinger“ ist, wurde bereits von PROU 1877 geäußert. Vgl. zur „Innenschwinger-Diskussion“ z.B. IRIARTE 2003 und die Zusammenfassung bei CAMPBELL 2011, 687-689, der S. 688 Anm. 69 auf CHOISY 1909, 302 verweist. Vgl. auch die ablehnende Stellungnahme von WILKINS 2017, 105-106, jetzt ausführlicher WILKINS 2024, 189-196, zur „Innenschwingertheorie“.

62 CHOISY 1909, 310.

63 Dies war bereits anhand des Wortindex' von NOHL 1876 zur Ausgabe von ROSEN/MÜLLER-STRÜBING 1867 leicht nachvollziehbar. Dort konnten auch die vorhandenen Erwähnungen von Digitus (S. 36-37) und Pes (S. 96) nachgeschlagen werden. Nohls Übersicht über Zahlen und Brüche S. 147-148 beruht für die Brüche auf HULTSCH 1876.

64 Vgl. zu Vitruvs Proportionsfiguren auch ZÖLLNER 1987, 23-43, 209 und zusammenfassend 2009 jeweils mit Verweis auf Philons und Vitruvs „Geschützbau“. Siehe insbesondere Vitruv. 3,1-9 und dazu die Abbildung bei ROWLAND/HOWE 2002, 148 mit Abb. 10. In direktem Zusammenhang damit steht die Verwendung von Digitus und Pes. Im Gegensatz zu Philon und Heron verwendet z.B. Biton in seinem Werk über Bogenkatapulte und Kriegsmaschinen im Text als Längenangabe nur (den griechischen) Fuß und Daktylos. Da er in 4.51,6-56,8 W(ESCHER 1867) die Helepolis des Poseidonios beschreibt, die für Alexander den

anzunehmen, dass der Text hinsichtlich der Längenmaße Digitus und Pes fehlerhaft überliefert ist und zu einem unbestimmten Zeitpunkt ein Kopist begonnen hat, ab einem Geschossgewicht von 120 Pfund, weil hier der Lochdurchmesser mehr als 16 Digiten, also mehr als einen Fuß beträgt, in Fuß und Digiten umzurechnen. Wie man auch bei Philon und Heron sehen kann, geben sie die Lochdurchmesser für Pfeile (Heron) und Steine (Philon und Heron) werfende Katapulte in Daktylen an, ohne die nächsthöhere Längeneinheit wie Palaiste (vier Daktylen) zu verwenden. Das war vermutlich auch in Vitruvs Vorlage der Fall. Warum sollte man also annehmen, dass es selbstverständlich ist, ein Ergebnis in Daktylen (Daktylos = 1,93cm) in Unicen (Unica = 2,46cm) umzuwandeln?

VON ROEDER geht davon aus, dass Vitruv Mine zu Pfund mit dem Faktor 1:2 umrechnet, dass das Pfundgewicht bei Vitruv 327 g beträgt und das Minengewicht bei Philon und Heron 655 g.⁶⁵ Er verweist hierbei auf die entsprechenden Stellen 10,15,7 und 10,16,4 sowie bei Athenaios auf 27,5-6 W = G. 247-249. Er geht weiterhin davon aus, dass er mit der Kaliberformel rechnet, aber dass die Geschossgewichte nicht mit einhundert zu multiplizieren sind, sondern stattdessen nur mit fünfzig und ohne den Zusatz des Zehntels zum Ergebnis. Seiner Ansicht nach zeigt das klar auf, dass Vitruv hier und in 10,10-12 vollständig von griechischen Quellen abhängig ist. Da VON ROEDER mit dem falschen Geschossgewicht Vitruvs rechnet, sind seine Ergebnisse unzutreffend; der Verzicht auf das Zehntel ist mit Philons und auch Vitruvs Genauigkeit nicht vereinbar. Anscheinend ist er auf denselben Gedanken gekommen wie zuvor MARINI (s.o.), gefolgt von HULTSCH (s.o.); zumindest erwähnt er beide nicht, gleiches gilt für KÖCHLY/RÜSTOW (s.o.).

SCHRAMM hat zusammen mit Hermann Diels⁶⁶ den Text mit Übersetzung von Vitruv 10,10-12 vorgelegt (lat. Text s. Anhang), ohne weitere Hinweise auf die Forschung, er äußert sich nur knapp zu den Geschossgewichten.⁶⁷ Am deutlichsten ist diese Aussage von ihm:

Vitruv gibt nun in seiner Kalibertabelle als größtes ein Geschütz an, das 300* Pfund (d. i. 180 ptolemäische Minen, gleich 128,16 kg) werfen soll, bei einem Spannlochdurchmesser von 1' 12 1/2"*** (d. i. 318,7 mm). Es ist nicht nachweisbar und auch durchaus unwahrscheinlich, daß ein derartiges Geschütz, das 6,5 m lang, 4,5 m breit und hoch gewesen sein müßte, jemals gebaut oder gar verwendet worden wäre.⁶⁸

Großen gebaut worden sein soll, und Diades bei Athenaios und Vitruv (= Agesistratos) seine Angaben in Peschus und Daktylos macht, ist die unterschiedliche Verwendung der Hauptlängenangabe mit Peschus zu gr. Fuß unerwartet. Dies könnte bedeuten, dass beide Autoren, d.h. Biton und Agesistratos, die Angaben ihrer Vorgänger vereinheitlicht haben.

65 Zusammenfassung von VON ROEDER 1911, 313-314.

66 SCHRAMM/(DIELS) 1917 wird nicht bei WILSDORF 1973 erwähnt und sollte entsprechend ergänzt werden.

67 Zusammenfassung von SCHRAMM 1918, 69-70, 1920, 53 (Tabelle) und 1928.

68 Zitat aus SCHRAMM 1928, 245. * Lies 360; ** lies 1' 12 1/2" 1/4", d. h. 1 Fuß und 12,75 Digiten = 28¾. Er bezweifelt sowohl hier als auch bereits 1918, 23, dass es römische 360-Pfünder gegeben hat. Das angegebene Gewicht in Kg beruht anscheinend auf dem ptolemäischen Minengewicht von 710 g und beruht somit entweder auf HULTSCH 1876 oder 1882.

Die Angabe des Lochdurchmessers für den 360-Pfünder mit $28\frac{3}{4}$ Digen ist eine Annäherung an den 180-Miner des Philon und mit dem überlieferten Text Vitruvs nicht vereinbar (= 24 Digen). Zumindest geht aus SCHRAMM eindeutig hervor, dass er Vitruvs Umrechnungsfaktor von 1:2 kennt.⁶⁹ Er erwähnt weder den Beitrag von HULTSCH (s.o.) noch den von Von ROEDER (s.o.). SCHRAMM bespricht ausführlich den Text und die Übersetzung von CHOISY (s.o.). Aus dieser Besprechung geht zweierlei hervor: erstens, dass er dessen Unica-Hypothese⁷⁰ und zweitens die „Innenschwingertheorie“ für Vitruvs Balliste zur Kenntnis genommen haben muss. Denn: er bezeichnet die beiden beigefügten Zeichnungen als nicht maßstabsgetreu und geht davon aus, dass sie von einem unkundigen Zeichner angefertigt worden seien und sich daher eine eingehende Besprechung erübrigt.⁷¹ SCHRAMM ist davon überzeugt, dass Vitruv seinen griechischen Vorbildern wörtlich folgt und in 10,11,3 mit der Kaliberformel rechnet.⁷²

DRACHMANN hat die Angaben von Vitruv 10,11,3 anhand der Textausgabe von KROHN mit Hilfe der Kaliberformel von Philon und Heron berechnet und in zwei Graphen übertragen.⁷³ Er verwendet dazu die von Vitruv falsch in römische Pfund umgerechneten Gewichtsangaben und rechnet sie in griechische Minen zurück um (s. o. Tab. 2, Sp. 4). Anhand dieser Ergebnisse stellt er fest, dass Vitruvs Angaben deutlich unter denen von Philon liegen, die Römer also bei gleichem Geschossgewicht weniger Sehnenbündel verwenden und somit entweder schwächere Ballisten bauen oder aus weniger Sehnenbündeln eine größere Kraft erzielen können. Das würde aus seiner Sicht bedeuten, Heron hat entweder Philon kopiert, ohne die technische Entwicklung seiner Zeit zu berücksichtigen, was er für unwahrscheinlich hält, oder dass Vitruv sich irgendwo verrechnet hat.⁷⁴ Da DRACHMANN falsche Geschossgewichte verwendet, sind seine Ergebnisse zwangsläufig falsch und somit auch seine daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen. Dies gilt unabhängig davon auch für seine Annahme, dass Heron den Katapultbau seiner eigenen Lebenszeit beschreibt, so wie es auch von HULTSCH (s.o.) angenommen wird. Heron tut das offensichtlich nicht, sondern gibt in der Art einer Einführung („Eisagoge“) einen Überblick über die technische Entwicklung des Katapultbaues von den Anfängen bis zu einem unbestimmten zeitlichen Endpunkt. Dazu hat er die Informationen aus seinen Vorlagen neu geordnet, die dortigen Maßangaben entfernt und vermutlich auch Übersichten über symmetrische Bauteile und deren Dimensionen nach dem Kaliber der Lochdurchmesser, wie sie bei Philon und Vitruv 10,10-12 angegeben werden.⁷⁵ Da DRACHMANN weder die ältere Forschung zu 10,11,3, so wie

69 SCHRAMM 1918, 22-23 geht davon aus, jeweils in der Anm. 2, dass eine Mine 432 g und ein Talent 26 kg entspricht. Wiederholt in 1920,43.

70 SCHRAMM 1918, 83-85 mit Kritik an CHOISY 1909a. CHOISY 1909a, 222 verweist zudem in Anm. 1 auf den Analyseband 1909,308* (in Anm. 1 steht S.108*, lies 308). Anscheinend hält er die Unica-Hypothese von CHOISY für nicht weiter erwähnenswert.

71 SCHRAMM 1918, 85. Mangels gegenteiliger Angabe ist davon auszugehen, dass die Zeichnungen von Choisy selbst stammen. Unten auf der Seite ist bei ihm auch ein Maßstab angegeben.

72 SCHRAMM, 1918, 10, 1920, 51, 1928, 244 (jeweils auf die Vorbilder bezogen) und 1917, 725 Anm. 1 (auf die Kaliberformel bezogen).

73 Zusammenfassung von DRACHMANN 1953, 279-282 mit Verweis auf KROHN 1912.

74 Anscheinend hat sowohl Heron das Werk des Philon als Vorlage benutzt, als auch Vitruv sich verrechnet. Dass seine Ballisten weniger leistungsfähig sind als die des Philon, vermuten auch KÖCHLY/RÜSTOW 1853 (s.o.).

75 Siehe zu Herons Arbeitsweise SCHELLENBERG 2008.

sie beispielsweise hier oben aufgezeigt wird, noch Vitruvs eigenen Umrechnungsfaktor von 1:2 zur Kenntnis genommen hat, ist sein Beitrag wenig aufschlussreich, hat aber dennoch MARSDEN nachhaltig beeinflusst.

MARSDEN übernimmt DRACHMANN'S Idee (s.o.), dass Vitruvs Angaben zu kleine Lochdurchmesser für die angegebenen Geschossgewichte ergeben.⁷⁶ Im Gegensatz zu ihm schließt er aus, dass die Römer schwächere Ballisten oder Sehnenbündel verwendet haben, die bei geringerem Gewicht mehr Kraft erzeugen. Er sucht daher nach einer Erklärung, die es erlaubt, Lochdurchmesser zu erhalten, die sowohl mit den Geschossgewichten als auch mit den überlieferten Zahlen in Einklang gebracht werden können. Seine Lösung besteht in der Annahme, wie schon CHOISY (s.o.) vor ihm, dass der ursprüngliche Text in 10,11,3 die Längen der Lochdurchmesser in Unicen (2,46 cm) angibt, dies aber nicht eindeutig vermerkt war.⁷⁷ Wenn man die Kaliberformel von Philon und Heron anwendet und die entsprechenden Angaben von Pfund in Minen und von Daktylos/Digitus in Unicen umrechnet, ergibt sich nach Marsden folgende Übersicht:

1. Vitruvs Gewicht in Pfund (nach KROHN 1912)	2. Vitruvs Durchmesser (nach KROHN 1912)	3. Durchmesser in Digitus (errechnet)	4. Durchmesser in Unica (errechnet)
2	5	6,12	4,61
4	6	7,72	5,81
10	8	10,47	7,87
20	10	13,20	9,93
40	12,75	16,62	12,50
60	13,125	19,03	14,31
80	15	20,91	15,72
120	17,5	23,97	18,03
160	20	26,38	19,85
180	21	27,46	20,65
200	22	28,43	21,38
240	23	30,21	22,73
360	24	34,43	25,89

Tabelle 7: Geschossgewichte und Lochdurchmesser nach MARSDEN 1971,199. Brüche werden hier in Dezimalzahlen wiedergegeben.

Berücksichtigt man nach MARSDEN, dass die Umrechnung der Gewichts- und Längeneinheiten und die von Philon vorgeschlagene Rundung der Ergebnisse zu gewissen Ungenauigkeiten geführt haben, können die Ergebnisse in Spalte 4 im Vergleich zu Spalte 2

⁷⁶ Zusammenfassung von MARSDEN 1969, 201-206 (Appendix 2) und 1971, 197-200.

⁷⁷ Nach CALLEBAT/FLEURY 1986, 225 und FLEURY 1993, 261 hat MARSDEN die Unica-Hypothese von CHOISY übernommen. Er selbst vermerkt nichts dergleichen. Da CHOISY eine „Innenschwingertheorie“ vertritt, die von MARSDEN nicht erwähnt wird, deutet das darauf hin, dass beide die selbe, und unbegründete, Idee haben. CALLEBAT/FLEURY 1986 rekonstruieren Vitruvs Balliste in Übereinstimmung mit der bisherigen Forschung, siehe ihre Abbildung auf S. 222. Warum sie nicht zumindest auf Choisy's Idee verweisen, bleibt unklar, wie auch CAMPBELL 2011, 689 Anm. 72 bemerkt, der zur „Innenschwinger-Theorie“ tendiert. Allerdings scheint GILLE 1980, 23 davon auszugehen, dass Palintona (= Ballisten) im Allgemeinen „Innenschwinger“ sind.

als hinreichend genau angesehen werden. Innerhalb dieser Diskussion berücksichtigt MARSDEN das oben aufgezeigte Umrechnungsproblem für Längenangaben aus 10,10,1 und 10,14-16 nicht. Da nach DRACHMANN (s.o.) die Lochdurchmesser von Vitruv im Vergleich zu denen von Philon und Heron zu klein sind, hat MARSDEN zur Behebung dieses scheinbaren Problems diese Lösung gewählt, die Lochdurchmesser wieder zu erhöhen. Seine Vergrößerung des Lochdurchmessers von Digitus zu Unica führt zu einer zusätzlichen Vergrößerung um 0,61 cm (Differenz zwischen 1,85cm und 2,46cm) pro angegebener Längeneinheit. Da MARSDENS Berechnungen, wie schon die DRACHMANNS, auf den falschen Gewichtsangaben beruhen, sind seine obigen Berechnungen falsch. Während es keine Kritik an der Unica-Hypothese von CHOISY (s. o.) zu geben scheint, wird MARSDEN von BAATZ und GROS dafür kritisiert.⁷⁸ Zumindest ist MARSDEN offenbar der erste, der die Ansicht äußert, dass Vitruv die Kapitel 10,10-12 aus dem Werk des Agesistratos übernommen hat.⁷⁹ Es ist schwer zu verstehen, warum MARSDEN außer DRACHMANNS (s.o.) Beitrag keine weitere Forschung zu 10,11,3 nennt. Er erwähnt den Beitrag VON ROEDERS (s.o.), was zumindest bedeutet, dass er das Umrechnungsproblem zur Kenntnis genommen haben könnte.⁸⁰ Denn der benennt nicht nur, sondern verweist auch auf die entscheidenden Quellenstellen: Vitruv 10,15,7; 10,16,4 und Athenaios 27,5 W = G. 248-249.⁸¹ MARSDEN selbst weist in der Diskussion um den Belagerungsturm des Epimachos darauf hin, dass SCHOTT vorschlägt, statt der überlieferten Breite von 8 Peschen 48 Peschen zu lesen, ein Vorschlag, dem er zustimmt.⁸² SCHOTT vermerkt aber dort auch, dass bei Athenaios drei Talente gemeint sind und Vitruvs 360 Pfund entsprechen und somit Talent zu Pfund mit 1:120 = Mine zu Pfund mit 1:2 umgerechnet werden. Da MARSDEN als Gewichtsbasis für die antike Artillerie eine Idealmine von 436,6 g annimmt, ergibt sich hier ein schwerwiegender Widerspruch zu SCHOTT und zu VON ROEDER 1911 (der von 655 g ausgeht).⁸³ Das Werk von MARSDEN hat seit seinem Erscheinen einen nachhaltigen Einfluss ausgeübt und scheint die ältere Forschung weitgehend verdrängt zu haben.⁸⁴

78 BAATZ 1971, 259 hält die Änderung der überlieferten Längenangaben im Text von Digitus in Unica für eine „fragwürdige“ Entscheidung seitens MARSDENS. GROS 1975, 997-998 Anm. 63 erachtet es als schwierig, die Fehler aus 10,11,3 auf den erfahrenen Geschützbauer Vitruv zurückzuführen, ebenso wie die Annahme, dass der Kopist des Textes dafür verantwortlich ist. Es besteht seiner Meinung nach die Möglichkeit, dass Vitruv seine eigenen Angaben mit solchen aus griechischen Autoren kombiniert und dadurch eine Kontamination herbeigeführt hat, die letztlich zur Erstellung einer Übersicht geführt hat, die zwar einen einheitlichen Eindruck erweckt, deren Inhalte jedoch nicht miteinander in Verbindung stehen. M.E. scheitert diese Erklärung an einem Selbstwiderspruch: Wie kann Vitruv einerseits ein erfahrener Geschützbauer sein und andererseits trotzdem einen so schwerwiegenden Fehler begehen bei der Zusammenführung seiner eigenen Angaben mit denen seiner Quellen?

79 Abgelehnt von FLEURY 1993, 283-286. Siehe oben Anm. 16 und das Folgende unten dazu.

80 MARSDEN 1971. Er verweist 1969, 79 Anm. 5 auf den Beitrag von VON ROEDER 1911 (dort von ihm *Röder* genannt).

81 VON ROEDER 1911, 313 mit Anm. 8: „Der Übertragung antiker Gewichtsangaben in moderne liegt in dieser und der untenstehenden Vitruvianischen Tabelle die Annahme zugrunde, daß die von den griechischen Technikern verwandte Mine zwei römischen Pfunden oder 0,655 kg entspricht.“

82 MARSDEN selbst 1971, 84 mit Verweis auf SCHOTT 1615, 238.

83 Wie schon KÖCHLY/RÜSTOW 1853, so weist auch MARSDEN 1969, 203 (Appendix 2) darauf hin, dass die Spannbüchsen der Ballisten Vitruvs sich von denen Philons unterscheiden und mehr Spannsehnen aufnehmen können.

84 Gemeint sind MARSDEN 1969 und 1971.

Die neuere und neueste Forschung von CALLEBAT/FLEURY bis WILKINS aus dem Zeitraum 1986 bis 2024 hat anscheinend die Ergebnisse von MARSDEN überwiegend *bedenkenlos* übernommen.⁸⁵

In der Forschung wurde von SCHOTT, BALDI, MARINI, HULTSCH, VON ROEDER und SCHRAMM darauf hingewiesen, dass Vitruv Mine in Pfund mit dem Faktor 1:2 umrechnet. Auch SCHOTT vermutet bereits, dass bei Athenaios 27,5-6 W = G. 247-249 und Vitruv 10,16,4 jeweils drei Talente mit dreihundertsechzig Pfund gemeint sind.⁸⁶ Erst mit der Ausgabe von WESCHER und der Verwendung der Handschrift M konnte dies auch für Athenaios nachgewiesen werden.⁸⁷ KÖCHLY/RÜSTOW haben darauf aufmerksam gemacht, dass bei der Umrechnung von Mine in Pfund mit dem Faktor 1:1,33 Periode in 10,11,3 ein 360-Pfünder einem Viereinhalbtalenter entspricht.⁸⁸ Spätestens mit den Geschossfunden aus hellenistischer und römischer Zeit, auf denen die jeweiligen Gewichte mit Zahlzeichen vermerkt sind (s.o.), ist die Annahme hinreichend begründet, dass eine Katapultmine im Idealfall 436,6 g wiegt und 80 römische Pfund im Idealfall einem Talent von 26,2 kg entsprechen.⁸⁹ Das heißt: ein Umrechnungsfaktor von Mine zu Pfund mit 1:1,33 Periode. LENDLE hat erstmals alle Quellenstellen zusammengefasst sowie die ältere Diskussion um das Gewicht der Katapultmine zur Kenntnis genommen und folgerichtig, wenn auch mit Vorbehalten, die Auffassung vertreten, Vitruv habe sich verrechnet und mit einem Faktor von Mine zu Pfund von 1:2 gearbeitet.⁹⁰ Da sich seine Hypothese, wie aufzuzeigen war, als richtig erwiesen hat, bedeutet das, dass die Berechnungen für die Lochdurchmesser in der bisherigen Forschung von 1559 bis 2024, mit Ausnahme von LENDLE selbst, von einer falschen Gewichtsgrundlage ausgehen (s. o. Tab. 2, Sp. 4) und zu entsprechenden Ergebnissen für die Lochdurchmesser gelangt sind. Das bedeutet weiterhin, dass alle archäometrischen Rekonstruktionen, die sich auf Vitruvs Geschossgewichte in Pfund

85 So beispielsweise CALLEBAT/FLEURY 1986, 224-226, die zumindest auf GROS 1975 Bedenken bezüglich der Unica-Hypothese hinweisen. Sie verbinden Vitruv 10,16,4 mit 10,11,3 und vermerken (S. 283), dass die Angaben für den 360 Pfünder (118 kg) übereinstimmen, lassen aber Athenaios 27,5-6 W = G. 247-249 weg, dessen Text sie aber zur Korrektur von Vitruv heranziehen. LENDLE 1975 kennen und verwenden sie, erwähnen aber seine Bedenken bezüglich Vitruvs Umrechnungsfehler nicht. CALLEBAT/FLEURY wird sinngemäß gefolgt von FLEURY 1993, 260-261 und auch GROS/CORSO/ROMANO 1997, 1394-1396 sowie von GROS 2015, 690-691 Anm. 82. WILKINS 2003,7, 2017,15 und 2024, XXV folgt bedenkenlos MARSDEN.

86 SCHOTT 1615, BALDI 1616, MARINI 1836, HULTSCH 1876, VON ROEDER 1911 UND SCHRAMM 1928.

87 WESCHER 1867.

88 KÖCHLY/RÜSTOW 1853. Das heißt, spätestens seit den Ausgaben von WESCHER 1867 und ROSEN/MÜLLER-STRÜBING 1867 wäre das Problem des Umrechnungsfaktors in Verbindung mit KÖCHLY/RÜSTOW 1853 und HULTSCH 1876 erkennbar gewesen.

89 Die Funde aus Rhodos und Pergamon wurden erst kurz vor dem Zweiten Weltkrieg veröffentlicht. Bei DRACHMANN 1953 können sie daher nicht als bekannt vorausgesetzt werden.

90 LENDLE 1975, 69-70 Anm. 87 hat auch ausdrücklich auf Polybios 21,45,19 (= 21,43,19 BÜTTNER-WOBST 1904, 84) hingewiesen: „Αργυρίου δὲ δότω Αντίοχος Ἀττικοῦ Ῥωμαίοις ἀρίστου τάλαντα μύρια δισχίλια ἐν ἔτεσι δώδεκα, διδοὺς καθ' ἕκαστον ἔτος χίλια· μὴ ἔλαττον δ' ἐλκέτω τὸ τάλαντον λιτρῶν Ῥωμαϊκῶν ὀγδοήκοντα· ...“. DREXLER 1963, 1051: „An barem Geld soll Antiochus den Römern in bestem attischen Silber zwölftausend Talente in zwölf Jahren zahlen, tausend in jedem Jahr, wobei das Talent nicht weniger wiegen darf als achtzig römische Pfund ...“. = Livius 38,38,13 (BRISCOE 1991, 569-570): „Argenti probi talenta Attica duodecim milia dato intra duodecim annos pensionibus aequis – talentum ne minus pondo octoginta Romanis ponderibus pendat –, ...“. HILLEN 1991, 423: „12000 attische Talente guten Silbers soll er innerhalb von zwölf Jahren in gleichmäßigen Raten zahlen, das Talent zu nicht weniger als 80 römischen Pfund, ... Vgl. den Kommentar von BRISCOE 2008, 137 zu der Frage, ob Livius attische Talente meint.“

stützen, problematisch sind und, wenn sie zusätzlich auf der Choisy-Marsden-Unica-Hypothese beruhen, ihre Lochdurchmesser zu groß sind. Im Gegensatz zu den Ansichten von MARSDEN und GROS gibt dieser Umrechnungsfehler Vitruvs begründeten Anlass, an der von ihm selbst geäußerten Expertise im Katapultbau zu zweifeln (1, pr. 2; 10,11,2).⁹¹

Die Gewichtsangaben aus Vitruv 10,11,3 können wie in Tabelle 2, Spalte 3 umgerechnet werden; für 10,15,7 jeweils mit 480.000 Pfund = 4.000 Talente mit 104,8t, für 10,16,4 mit 360 Pfund = 180 Minen mit 78,6 kg und 360.000 Pfund = 3.000 Talente mit 78,6t. Entsprechendes gilt für Athenaios 26,5 W = G. 244 mit 4.000 Talenten zu 104,8t und 27,6 W = G. 248-249 mit 3 Talenten zu 78,6 kg. Die Angaben in Tabelle 2 Spalte 2 sind mit den Ergänzungen von CALLEBAT/FLEURY für die Gewichte von <si pondo sex> und CC und X<L pondo> vereinbar.

Wie ging Vitruv in 10,11,3 vor? In 10,10-12 folgt er der symmetrischen Konstruktion für Skorpione und Ballisten, die etwa aus der ersten Hälfte des 3. Jahrhunderts v.u.Z. stammt. Da er in 10,10,1 für die Skorpione dieselbe Faustformel (L:9) wie Philon und Heron angibt, ohne sie zu verändern und ohne einen Ausgleichsfaktor für die Umrechnung von Daktylos (1,93 cm) in Digitus (1,85 cm) einzufügen, könnte man annehmen, dass er für die Skorpione einer schriftlichen Vorlage folgt und sie übersetzt. Diese Vorlage müsste in 7, pr. 14 genannt werden, wenn er sich an sein dort gegebenes Versprechen (7, pr. 10) gehalten hat, keine fremden Gedanken als seine eigenen auszugeben. Das wäre nur dann nicht notwendig, wenn es sich bei seiner Vorlage um eigene Notizen oder eigene, nicht schriftlich festgehaltene Erfahrungen aus seiner Zeit als Skorpion- und Ballistenbauer im römischen Heer handelte. In 10,11,2 betont er diese Erfahrung und bekräftigt sie durch die Autorität seiner Lehrer (*praeceptores*), sagt aber, dass er die griechischen Verhältnisse auf römische Verhältnisse übertragen werde. Das hätte er aber nicht tun müssen, wenn er hier nur auf eigene Notizen und erlerntes Wissen und Können zurückgegriffen hätte. Wenn man annimmt, dass er Vorlesungen eines Agesistratos über den Bau von Ballisten auf Rhodos oder auch anderswo im griechischen Raum gehört hat, ist nicht erklärbar, warum ihm ausgerechnet hier ein schwerwiegender Umrechnungsfehler unterläuft. Es wäre zu erwarten, dass er mit den griechischen Gewichts- und Längenangaben und deren Umrechnung in die römischen Werte hinreichend vertraut war. Dass er in 10,11,3 einer schriftlichen Quelle folgt, geht aus Tabelle 2 hervor und bestätigt die in der Forschung wiederholt geäußerte Vermutung. In dieser Vorlage wurden die Lochdurchmesser vermutlich aus den dort angegebenen Geschossgewichten abgeleitet. Dieser Übersicht müssen eine oder mehrere Methoden zur Berechnung der Lochdurchmesser vorausgegangen sein, die Vitruv vereinfacht als „Geometrie“ bezeichnet. In etwa vergleichbar mit der Anordnung bei Philon. Da Vitruv die Geschossgewichte übernommen hat, genügt es für ihn, auch die Lochdurchmesser zu übernehmen und die vorhandenen Angaben, vermutlich wie bei Philon und Heron, von Daktylos in Digitus zu übertragen. Hier weicht Vitruv von seinem Vorlagentext ab, indem er ab sechzehn Digits, einem römischen Fuß, die Längenangaben in Fuß und Digits wiedergibt. Wie die Beispiele aus den Kapiteln 10,14-16 zeigen, wäre es unverständlich, wenn Vitruv bei so kleinen Längenangaben von fünf bis vierundzwanzig Digits bzw. einem Fuß und acht Digits ein schwerwiegender Umrechnungsfehler unterlaufen wäre. Dagegen ist es möglich, dass ihm

91 MARSDEN 1971, 198 und GROS 1975, 997-998.

Fehler unterlaufen sind, wenn er versucht hat, mit den Methoden seiner Vorlage zu rechnen, oder wenn er andere, ihm bekannte Methoden oder Annäherungsformeln verwendet hat, wie z. B. die aus Heron Metrika 3,20, oder wenn er über eine Tabelle mit berechneten Kubikzahlen verfügte (siehe Tab. 1a oben). Da die Ballisten nach der symmetrischen Bauweise hergestellt werden, ist nach Philon und Heron davon auszugehen, dass die Ermittlung des Lochdurchmessers nach der Kaliberformel erfolgt, gleichgültig nach welcher Berechnungsmethode. Das bedeutet, dass die Lochdurchmesser in seiner Vorlage mit dieser oder einer anderen gleichwertigen Methode berechnet wurden. Im Gegensatz zur obigen Forschung gibt es keinen Grund anzunehmen, dass Vitruv mit der Kaliberformel selbst gerechnet hat. Es genügt, dass er umgerechnet hat. Er hätte nur dann selbst rechnen müssen, wenn er seine Übersicht aus einer mit weniger Geschossgewichten, wie z.B. die Philons (s.o.), erstellt hätte und entsprechende Lücken zu füllen gewesen wären. Dies ist aber aus Tabelle 2 nicht ersichtlich. Die Frage ist: War die von ihm verwendete Aufstellung möglicherweise fehlerhaft? Und wenn ja, war Vitruv in der Lage, das zu erkennen? Und entsprechend zu korrigieren?

Auf wen bezieht sich Vitruv in 10,11,2, wenn er von seinen *praeceptores* schreibt? Und warum sollte es eine überzeugendere Hypothese sein, sie hier im Sinne von schriftlichen Vorbildern zu verstehen und nicht von Lehrern?⁹² Sowohl Athenaios als auch Vitruv geben persönliche Bemerkungen ihrer Vorlage so wieder, dass der Eindruck entsteht, es handle sich um ihre eigenen Worte, was für sich genommen sowohl mit einer Vorlesungsmitschrift als auch mit einem veröffentlichten schriftlichen Werk vereinbar wäre, für Vitruv aber bedeuten würde, dass er seine Leser entgegen seinem Versprechen in 7, pr. 10 bezüglich seiner Vorlagen täuscht.

Ath. Mech. 15,5-15,9 W = G. 140-144: „Τὸν δὲ κόρακα οὐ φημι* εἶναι ἄξιον κατασκευῆς. Τὴν δ' ἐπιβάθραν, ὃν τρόπον δεῖ γένεσθαι, προειπὼν ἐν ἀρχῇ δηλώσειν, οὐδὲν διεσαφήνισεν· οὐδ' ὑπὲρ τῶν κατὰ θάλασσαν δὲ αὐτῶ** προσαγομένων ἔργων δεδήλωται, ἀλλὰ καὶ ταῦτα παρεῖται, καίτοι σφόδρα ἐπαγγελτικῶς καὶ μεγάλως ποιησαμένου τοῦς λόγους.“ [*φημι codd.; S./S. φησιν; ** S./S. διὰ νεῶν.]

„Einen ‚Raben‘ aufzubauen, erklärt er* für eine ganz überflüssige Arbeit. In der Einleitung hat er allerdings versprochen, er wolle darstellen, wie man eine Fallbrücke zu konstruieren habe, aber er hat später nichts darüber gesagt; auch

92 LENDLE 1992, 190 ist der Ansicht, dass sich der Begriff hier auch auf schriftliche Vorbilder beziehen kann und FÖGEN 2009, 129 folgt ihm darin. In der Diskussion bei CALLEBAT/FLEURY 1986, FLEURY 1993 und WHITEHEAD/BLYTH 2004 wird das Problem, dass ihrer Meinung nach zwar sowohl Athenaios als auch Vitruv Teile einer Vorlesung veröffentlicht haben, aber ohne dass dies erkennbar war und ohne zu wissen, ob Agesistratos seine Zustimmung gegeben hat, nicht thematisiert. In seinem Werk „Unterweisung in der Beredsamkeit (Institutiones Oratoriae)“ (1, pr. 6-7) beschreibt Quintilian das Problem, dass Vorlesungsmitschriften, die nicht zur Veröffentlichung bestimmt waren, von seinen Zuhörern unter seinem Namen, aber ohne seine Erlaubnis veröffentlicht wurden. Der berühmte Arzt Galenos beschreibt in seinem Werk „Über meine Bücher (Περὶ τῶν ἰδίων βιβλίων)“ ausführlich das Phänomen des geistigen Diebstahls und dass Werke, die er beispielsweise Schülern und Freunden zur Lektüre überlassen hat, später unter falschen Namen und Buchtiteln in Umlauf gelangt sind. Das wirft die Frage auf, ob Athenaios und Vitruv *redliche* Schüler waren und wie üblich derartige Veröffentlichungen von Vorlesungsmitschriften überhaupt sind.

über Maschinen, die bei der Marine gebraucht werden, findet sich nichts bei ihm vor. Auch das hat er übergangen, obwohl er doch zuvor mit lauten Worten seine Versprechung gemacht hat.“ [* Sinngemäß: ... erkläre ich für eine ...]⁹³

Während zumindest Athenaios am Anfang seines Werkes in 7,6-7 W = G. 51-52 vermerkt, dass er wiedergebe, was er von Agesistratos übernommen habe, *ohne* ihn dabei als seinen Lehrer zu bezeichnen, vermerkt Vitruv nichts dergleichen, so dass der Eindruck entsteht, er habe das Werk des Diades gelesen und die Kritik daran stamme von ihm.

Vitr. 10,13,8: „De corace nihil putauit scribendum, quod animaduertet eam machinam nullam habere uirtutem. De accessu, quae ἐπιβάθρα graece dicitur, et de marinis machinationibus, *per *quas nauium aditus habere posse scripsit, tantum pollicitum esse uehementer animaduerti neque rationes eorum eum explicauisse.“ [Das *Sternchen stammt aus C./B.]

„Über den ‚Raben‘ aber glaubt er nichts schreiben zu brauchen, da diese Maschine keinen Wert besitzt. Die Annäherungsmaschine, die griechisch Epibathra heißt, und die im Seekrieg verwendeten Maschinen, mit denen man sich vom Schiff aus Zugang zu fremden Schiffen verschaffen kann, hat er nur beschrieben. Sehr mißfällig habe ich bemerkt, daß er trotz seines Versprechens, ihre proportionalen Verhältnisse anzugeben, sie doch nicht angegeben hat.“⁹⁴

Beide Autoren geben hier wieder, was Agesistratos über das Werk des Diades bemerkt hat. Während Athenaios dann zum Bau der Kriegsmaschine vom Typ der Schildkröte übergeht, wählt Vitruv einen anderen Übergang und schließt den Bericht über die Kriegsmaschinen des Diades, der mit dem des Athenaios übereinstimmt, mit folgenden Worten ab:

Vitr. 10,13,8: „Quae sunt a Diade de machinis scripta, quibus sint conparationibus, exposui. Nunc quemadmodum a praeceptoribus accepi et utilia mihi uidentur exponam.“

„Was Diades über Maschinen geschrieben hat und wie sie konstruiert werden, habe ich berichtet; jetzt will ich darüber berichten, wie ich es von meinen Lehrern gelehrt bekommen habe und wie sie mir nützlich zu sein scheinen.“⁹⁵

Vitruv beginnt anschließend an 10,13,8 in 10,14,1 mit der Beschreibung einer Schüttschildkröte:

93 SCHNEIDER/SCHWARTZ 1912, 19. WESCHER 1867, 15 liest οὐ φημι, SCHNEIDER/SCHWARTZ 1912, 59 ändern dies in Anlehnung an Vitruvs nihil putauit scribendum in οὐ φησiv. WEST 1969, 80 folgt SCHNEIDER/SCHWARTZ 1912, ebenso CALLEBAT/FLEURY 1986, 253, FLEURY 1993, 300 Anm. 3 und WHITEHEAD/BLYTH 2004, 107. Anders GATTO 2010, 286, der οὐ φημι liest und eine Angleichung des Textes an Vitruv ausdrücklich ablehnt. In Ath. 10,12 W (= G. 96) und Vitruv 10,13,3 heißt es, Diades habe den „Raben“ erfunden. Hier ergibt sich ein Widerspruch, denn sinngemäß bedeutet dies, dass er es selbst nicht für nötig hält, obwohl er sie zuvor erwähnt, über seine eigene Erfindung zu schreiben.

94 FENSTERBUSCH 1991, 515.

95 FENSTERBUSCH 1991, 515.

„Testudo, quae ad congestionem fossarum paratur – eaqua etiam accessus ad murum potest habere – sic erit facienda. Basis compingatur, quae graece ἐσχάρα dicitur, quadrata habens quoque uersus latera singula pedum XXI* et transuersaria IIII. Haec autem contineantur ab alteris duobus crassis I S**, latis S; distent autem transuersaria inter se circiter pedes III S.“*** [*Hs. XXV; **FS; ***pede et s, pede s.]

„Die Schildkröte, die zum Einebnen von Gräben gebaut wird (und die auch eine Annäherung an die Mauer ermöglichen kann), muß folgendermaßen konstruiert werden. Man verfertige ein Untergestell, das griechisch Eschara (Rost) heißt, das quadratisch an jeder Seite 21 Fuß lang ist und vier Querbalken hat. Diese sollen von 2 anderen Balken zusammengehalten werden, die 1½ Fuß dick und ½ Fuß breit sind. Die Querbalken aber sollen voneinander ungefähr 3½ Fuß abstehen.“⁹⁶

Athenaios beschreibt ebenfalls eine Schüttschildkröte, wobei er im Gegensatz zu Vitruv einen Namen nennt:

Athenaios 15,12-16,8 W = G. 147-155: „Τοῦτο τὸ κατασκευάσμα φησι Φίλων ὁ Ἀθηναῖος χρήσιμον εἶναι πρὸς τε τὰς γινομένας εἰς τὴν προσαγωγὴν τῶν μηχανημάτων καὶ τὰς παρεκτάσεις τῶν σταιδίων καὶ τὰς συγχώσεις τῶν τάφρων καὶ ἐάν τινα ἄλλον τόπον δέη χῶσαι. Χρήσιμον δὲ καὶ πρὸς τὰς ἐφεδρίας τοῦτο γίνεται. Πήγνυται δὲ αὐτὴ εἰς ἐσχάριον τετράγωνον, ἔχον τὴν πλευρὰν ἐκάστην πηχῶν ἰδ'· ἔχει δὲ καὶ διαπήγματα δ' καὶ περιπήγματα δύο ἕκαστα πάχη ἔχοντα δεκαδάκτυλα, τὰ δὲ πλάτη τριπάλαιστα. Διάπηγμα ἕκαστον ἀπεχέτω δύο πήχεις καὶ παλαιστὴν ἓνα.“

„Diese Maschine, sagt Philon aus Athen, sei dienlich, um eine Bahn einzuebnen zum Heranführen der Belagerungsmaschinen, zum Aufstellen und Aneinanderreihen der Schutzhütten, und zum Ausfüllen der Gräben, oder wenn man sonst eine Stelle im Gelände auffüllen müsse. Außerdem aber ist sie auch noch dienlich für Beobachtungsposten. Sie wird auf ein rechtwinkeliges „Schwellwerk“ (Grundgestell) gesetzt, dessen Seiten alle dieselbe Länge von 14 Ellen (= 6,21m) haben; und das bekommt vier Querbalken und zwei Längsschwellen, die alle eine Dicke von 10 Zoll (= 18,5cm) erhalten und eine Breite von 3 Palaisten (= 22,2cm). Jeder Querbalken wird in einem Abstände von 2 Ellen und 1 Palaiste (= 96,1cm) aufgelegt.“⁹⁷

96 FENSTERBUSCH 1991, 515, 517. Keine der handschriftlich überlieferten Maßangaben bei Vitruv stimmt mit denen bei Athenaios überein. CALLEBAT/FLEURY 1986, 45 folgen den Korrekturvorschlägen von ROSEN 1899, KROHN 1912 und GRANGER 1934. Beispielsweise sind bei Athenaios eindeutig 14 Peschen (= 336 Daktylen) im Text überliefert, weshalb ROSEN 1899, 272 den Text von Vitruv von XXV Fuß (= 400 Digitum) auf XXI Fuß (= 336 Digitum) abgeändert und Athenaios 14 Peschen übernommen hat. Dahinter verbirgt sich der Umrechnungsfaktor von Daktylos zu Digitum mit 1:1, siehe die Beispiele und Erläuterungen oben.

97 SCHNEIDER/SCHWARTZ 1912, 21. Vgl. zu diesem Schildkrötentyp bei Vitruv und Athenaios: SCHNEIDER/SCHWARTZ 1912, 59-60, 67-68; SACKUR 1925, 67-75; WEST 1969, 80-86; LENDLE 1975, 6-25; LENDLE 1981, 338-340; CALLEBAT/FLEURY 1986, 254-261, FLEURY 1993, 302-310; WHITEHEAD/BLYTH

Beide Texte entstammen derselben Vorlage (Agesistratos), nur dass Vitruv den Namen Philons nicht übernommen hat.⁹⁸ Es handelt sich hier keineswegs um einen Mann namens Philon von Athen, sondern um Philon von Byzanz. Der bezieht sich im Werksteil über Belagerungen (Phil. D 97,25-29 Th. = D 10 Wh.) auf diesen Schildkrötentyp.⁹⁹ Das Werk des Philon von Byzanz nennt Vitruv in 7, pr. 14 ausdrücklich als Vorlage, ebenso das des Agesistratos. In 7, pr. 14 wird nur auf veröffentlichte Werke verwiesen, was wiederum mit einer angenommenen Vorlesungsmitschrift nicht vereinbar ist.¹⁰⁰ Was beide Autoren nicht wissen, was aber Agesistratos gewusst haben muss, ist, dass die noch folgenden Schildkrötenvarianten nicht aus dem Werk Philons stammen.

Nach CALLEBAT/FLEURY und FLEURY zeigt der Übergang von 10,13,8 zu 10,14,1, dass Vitruv hier einer anderen Quelle folgt.¹⁰¹ Ein Anhaltspunkt dafür ist für sie, dass Vitruv im Gegensatz zu seiner Beschreibung der Kriegsmaschinen des Diades in 10,14,1 beginnt, griechische Längen- und Gewichtsangaben in ihre römischen Entsprechungen umzurechnen. Warum sollte das auf einen Quellenwechsel hindeuten? Sowohl Athenaios als auch Vitruv berichten von denselben Kriegsmaschinen desselben Mannes, Athenaios geht nach deren Beschreibung zum Kriegsmaschinentyp der Schüttschildkröte über, während Vitruv eine Bemerkung einfügt und betont, dass das Folgende von seinen Vorbildern/Lehrern stamme und er es für nützlich halte (... *a praeceptoribus accepi et utilia mihi* ...). Damit das Folgende auch für seine Leser nützlich ist, die den griechischen Längen- und Gewichtsangaben vermutlich nur bedingt folgen können, rechnet Vitruv sie für sie um. Genau das, was er auch in 10,11,2 ankündigt und in 10,11,3 umsetzt. Das bedeutet, dass Vitruv die Kriegsmaschinen von Diades für weniger nützlich hält, da er die griechischen Längenangaben dort *nicht* umrechnet. Und hier zeigt sich, dass Vitruv und auch Athenaios die Kriegsmaschinen, die sie wiedergeben, nicht unbedingt technisch verstehen und beurteilen können.¹⁰² Nach der Beschreibung der verschiedenen Schildkrötentypen folgt sowohl bei Athenaios als auch bei Vitruv die Beschreibung der außergewöhnlichen und *funktionsunfähigen* Widderschildkröte Hegetors von Byzanz. Darauf folgt bei beiden der bewegliche Belagerungsturm des Epimachos von Athen aus der Belagerung von Rhodos um 305/304 v.u.Z.

2004, 108-116; GATTO 2010, 358-374. Die im Text von Athenaios überlieferten Zeichnungen sind spätere Interpolationen, siehe dafür auch GATTO 2010, 188-203, anders SCHONEVELD 2024, 28-29.

98 So auch ausdrücklich aufgefasst von WHITEHEAD 2016, 411.

99 Entweder irrt sich Athenaios hier oder er ändert die Geburtsorte willkürlich. Das tut er offenbar bei Pyrrhos (5,13-6,1 W = G. 34-35), den er den Makedonen statt den Epiroten nennt, und bei Ktesibios, den er den Askarener (29,9 W = G. 274) statt den Alexandriner nennt. Anders als THIEL 1895,301 Anm. 1, SCHNEIDER/SCHWARTZ 1912, 59-60, WEST 1969, 80-81, WHITEHEAD/BLYTH 2004, 108-109 und GATTO 2010, 287 halte ich daher „Philon von Athen“ nicht für einen Irrtum des Athenaios oder des Agesistratos, sondern für eine bewusste Abwandlung seiner Vorlage durch Athenaios.

100 Das würde für Vitruv bedeuten, dass er das tut, was er in 7, pr. 10 selbst kritisiert, dass er nämlich hier einfach die von ihm gehörte Vorlesung des Agesistratos übernimmt, ohne darauf hinzuweisen. Ein antiker Leser kann aus dem Text nicht schließen, dass Teile des zehnten Buches von Agesistratos stammen und dass seine namentliche Erwähnung in 7, pr. 14 sich auf eine Vorlesungsmitschrift Vitruvs und nicht auf ein von ihm selbst veröffentlichtes Werk bezieht. Das ist grundsätzlich nicht mit den Ansichten von CALLEBAT/FLEURY 1986, FLEURY 1993 und WHITEHEAD/BLYTH 2004 vereinbar.

101 CALLEBAT/FLEURY 1986, XXVI-XXX und FLEURY 1993, 283-287, insbesondere S. 286.

102 Siehe dazu LENDLE 1992 mit den Beispielen aus 13,5-10 W (= G. 118-123) und 10,13,6 (Diades Widderschildkröte); 19,3-20,3 W (= G. 192-196) und 10,15,1 (Grabeschildkröte); 25,3-7 W (= G. 236-239) und 10,15,7 (Hegetors Widderschildkröte).

Wenn Vitruv in 10,11,2 so verfährt wie in 10,13,8, dann bezieht er sich dort eher auf seine schriftlichen Vorbilder als auf diejenigen, bei denen er persönlich in die Lehre gegangen ist. Der Plural weist darauf hin, dass er hier seiner Hauptquelle und einer dort genannten Nebenquelle folgt. Wenn er seinen eigenen Grundsätzen gefolgt ist, sollten beide Quellen in 7, Pr. 14 genannt werden. Als Quellen für das Gebiet des Maschinenbaus nennt er in einer unchronologischen Aufzählung: Diades, Archytas, Archimedes, Ktesibios, Nymphodoros, Philon von Byzanz, Diphilios, Demokles, Charias, Polyeidos, Pyrrhos und schließlich: Agesistratos.¹⁰³ Autoren, die in lateinischer Sprache über den Maschinenbau geschrieben haben, werden von ihm nicht erwähnt und sind im Falle des Geschützbaus bislang aber auch gänzlich unbekannt.¹⁰⁴ Athenaios und Vitruv haben folgende Autorenerwähnungen gemeinsam: Polyeidos, Diades, Charias,¹⁰⁵ Philon, Pyrrhos, Ktesibios und Agesistratos sowie Archytas.¹⁰⁶ Philon von Byzanz hat nachweislich über den Geschützbau geschrieben, offenbar auch Agesistratos. Ktesibios baute nach Philon außergewöhnliche Katapulte wie den Erz- und den Luftspanner; ob er auch darüber geschrieben hat, ist unklar. Weder Polyeidos noch Charias werden von Athenaios und Vitruv zitiert. Athenaios zitiert Pyrrhos kurz (31,6-10 W = G. 291-294)¹⁰⁷ und Ktesibios' Wippgang ausführlich (27,9-31,5 W = G. 274-290), Vitruv zitiert Pyrrhos nicht namentlich, aber Ktesibios, allerdings im Bereich der zivilen Mechanik, nicht im militärischen Kontext.

103 Vgl. zu den genannten Männern: LIOU/ZUINGHEDAU/CAM 1995, 72-73; GROS/CORSO/ROMANO 1997, 1071; ROWLAND/HOWE 2002, 267. Nymphodoros, Diphilios und Demokles sind ansonsten unbekannt. NEFEDKIN 2023, 20-21 vermutet, dass die meisten von ihnen auch über Kriegsmaschinen geschrieben haben. Am einfachsten lassen sich die vorhandenen Gleichsetzungsmöglichkeiten anhand des Personenlexikons von KEYSER/IRBIE-MASSIE 2008 nachvollziehen.

104 Siehe die Beschreibung der beiden „Ballisten“ im sogenannten Anonymus De Rebus Bellicis 7 und 18, aus dem 4. oder 5. Jh. n.u.Z., mit Abbildung der handschriftlichen Bilder und Rekonstruktion auf Taf. III und XII. Siehe zu ihm jetzt auch die neue dt. Leseausgabe von GRÄF/MEIßNER 2023 mit Übersetzung, die die wichtigste Handschrift des Werks als großformatiges Faksimile in Farbe bietet. Für die erhaltene Überlieferung antiker Werke und deren mögliche Anzahl aus verschiedenen Bereichen siehe NETZ 2020.

105 Ath. Mech. 10,10 W = GATTO 2010, 215 Z.94, mit Kommentar S. 279-280, hat diesen Namen ohne ausreichende Begründung aus dem Text getilgt. Er erscheint in M 19r (... Διάδης καὶ Χαρίας ...) und wird in P 56r (διάδης καὶ χαρείας [sic!]) in der Marginalie nachgetragen. Da Athenaios und Vitruv unabhängig voneinander überliefert sind und nach dem Ende des Römischen Reiches im Westen bzw. Osten unbekannt gewesen sein dürften, zumindest gibt es keine gegenteiligen Hinweise vor dem 15. Jahrhundert, kann eine spätere Kreuzkontamination ausgeschlossen werden. Zudem erwähnt der Anonymus Byzantinus (= Pseudo-Heron von Byzanz) Parangelmata Poliorketia diesen Namen mehrfach: 238,12 W (= 30,1 S.), 240,23 W (= 32,3 S.), 244,4 W (= 36,2 S.), 246,4 W (= 38,21 S.). Sein Werk geht auf eine nicht erhaltene Sammelhandschrift zurück, die älter als M ist. Eine seiner ausdrücklich genannten Vorlagen (Anon. Byz. Par. Pol. 198,2-4 W = 1,11-13 S.) ist das Werk des Athenaios, das er als Zusammenstellung (s. Anm. 16 oben für das Zitat) aus dem Werk des Agesistratos und der anderen genannten Männer bezeichnet. D.h. er ist der erste (10. Jh.), der davon ausgeht, dass Athenaios ein Werk des Agesistratos gelesen hat.

106 So auch schon von THIEL 1895, 301 zusammengestellt.

107 Das Folgende ist alles, was Athenaios über Pyrrhos sagt; dieses Zitat wirkt wie die Erwähnung des Philon von Byzanz in 15,12-16,8 W = G. 147-155 oben. Das heißt, er gibt mutmaßlich wieder, was Agesistratos über Pyrrhos gesagt hat, und nicht, was er selbst meint. Ath. Mech. 31,6-10 W = G. 291-294: *Περὶ δὲ ὑπορύξεων καὶ στοῦδιων κατασκευῆς καὶ τῆς περὶ αὐτὰ πραγματείας ὃν τρόπον δεῖ γίνεσθαι, γεγραμμένος Πύρρου ἐν τοῖς Πολιορκητικοῖς, οὐκ ἔκρινον τοῖς καλῶς εἰρημένους ὑπ' αὐτοῦ ἀντιλέγειν, ὅπερ τοὺς πλείστους ὀρθῶ ποιοῦντας ἐν τοῖς ἐπιτηδεύμασιν.* SCHNEIDER/SCHWARTZ 1912,31: „Über den Bau von Minengängen und Schutzhütten und wie diese zu verwenden sind, hat Pyrrhos in seiner „Belagerungskunst“ geschrieben; und ich konnte mich nicht entschließen, seinen schönen Ausführungen zu widersprechen, was, wie ich sehe, die meisten in ihren Schriften tun.“

Archytas wird in 1,17; 9, pr. 13-14 erwähnt.¹⁰⁸ Aus diesem Vergleich ergibt sich die begründete Vermutung, dass Vitruv nicht nur die von ihm benutzten Hauptquellen, sondern auch die in diesen Quellen zitierten Nebenquellen erwähnt hat. Die Werke von Polyeidios, Charias, Diades und Pyrrhos dürften ihm nicht zur Verfügung gestanden haben.¹⁰⁹

Nach FLEURY stammt das fünfte Kapitel des ersten Buches von Vitruv aus einer hellenistischen Abhandlung über Befestigungsanlagen, vermischt mit persönlichen Erfahrungen des Autors.¹¹⁰ Möglicherweise hat er auch das Werk des Philon von Byzanz (A 79,1-86,21 Th. = A1-87 Wh.) als Vorlage benutzt. In diese Richtung argumentieren ebenfalls GROS/CORSO/ROMANO, die auch eine von Philon abgeleitete Zwischenquelle für möglich halten.¹¹¹ Nach ROWLAND/HOWE hat Vitruv für 1,5,1-6 das Werk Philons von Byzanz als Vorlage benutzt. WHITEHEAD stimmt dem zu, schränkt aber ein, dass es unklar sei, ob Vitruv für diesen Abschnitt das Werk Philons direkt verwendet habe oder ob diese Information aus einer Zwischenquelle stamme, die wiederum das Werk Philons direkt verwendet habe.¹¹² Nach WHITEHEAD kann diese Frage nicht mehr mit Sicherheit beantwortet werden.¹¹³ Vielleicht kann sie aber in Verbindung mit 10,11,2 und 10,14,1 annähernd beantwortet werden. Wenn man annimmt, dass Agesistratos das Werk des Philon als Vorbild für den Geschütztbau und die Befestigungs- und Belagerungskunst benutzt hat und dass Vitruv in 1,5,1-5 und 10,10-16 aus dem Werk des Agesistratos stammt sowie dass die in 7, pr. 14 genannten Autoren, zumindest diejenigen, die Athenaios und Vitruv gemeinsam nennen, aus dem Werk des Agesistratos stammen, dann würde dies bedeuten, dass sein Werk die einzige Quelle für Vitruv gewesen sein könnte. Die Hypothese von MARSDEN, dass Vitruv 10,10-12 aus dem Werk des Agesistratos stammt, könnte im Kern richtig sein, wenn auch nicht unbedingt in den von ihm angenommenen Details.¹¹⁴ Wie bei allen Fragen der Quellenforschung ist auch die obige Diskussion mit einem hohen Maß an Unsicherheit behaftet. Sie hängt vor allem von der Grundvoraussetzung ab, ob Athenaios und Vitruv das Werk des Agesistratos gelesen und/oder ihn persönlich gehört haben. Auch wenn das Werk des Agesistratos als Vorlage abgelehnt wird, wofür sich zumindest ein Hinweis anführen lässt¹¹⁵, ist die Hypothese der Forschung, dass die Kapitel 10,10-12 auf

108 Gegen THIEL 1895, 301 gibt es keinen Grund anzunehmen, dass die Erwähnung des Archytas aus dem Werk des Agesistratos stammt. Athenaios erwähnt ihn nur in der Einleitung 5,3 W (= G. 24), und diese stammt offenbar ganz von ihm selbst. Zumal sie mit dem eigentlichen Thema des Werkes, den Kriegsmaschinen, nichts zu tun hat, sondern nur den Allgemeinplatz behandelt, wie man sich schriftlich klar und kurz ausdrücken soll; allerdings ohne dass Athenaios seinen eigenen Rat befolgt hätte. Bei der Erwähnung von Archytas in 7, pr. 14 handelt es sich nach Huffman 2005, 28-30 und B7 (S. 281) um den Archytas Architektos, der von Diog. Laert. 8,82 erwähnt wird.

109 Anders FLEURY 1993, 323-325. Siehe die tabellarische Übersicht der gemeinsamen Stellen von Athenaios und Vitruv bei CALLEBAT/FLEURY 1986, 301 (Annexes II), FLEURY 1993, 284 (Tab. 7) und BOIVIN 2018, 145.

110 FLEURY 1990, XCV-XCVI & XCIX.

111 GROS/CORSO/ROMANO 1997, 8.

112 ROWLAND/HOWE 2002, 156 und WHITEHEAD 2016, 404.

113 Am einfachsten lassen sich Vitruv und Philon mittels WHITEHEAD 2016 vergleichen, der auch Vitruvs Text auf S. 404-408 (Appendix 1) bietet.

114 MARSDEN 1971.

115 Ein Grund dafür könnte die Erwähnung des agesistratischen Dualgeschosswerfers sein. Dieser Katapulttyp wird in IG II² 1487 Z. 84-86 aus dem Jahr 306/305 v.u.Z. aus dem Erechteion oder der Chalkotheke erwähnt: ... κα[ι – – – κατα] πά[λ]την πετροβόλον καὶ ὀξ[υβελή – –] [τ]ετράπηχυν ἐντελῆ, Βρομίου[υ ἔργον?] ... catapult, four-cubit, complete, the work of Bromios; ... Text, Übersetzung und

einer oder mehreren schriftlichen Vorlagen beruhen, diejenige, die die bestehenden Probleme am einfachsten und mit den wenigsten zusätzlichen Hilfsannahmen erklärt.¹¹⁶ Es hat den Anschein, als ob Vitruv hier so vorgeht, wie er es auch in seinem übrigen Werk tut und was er in den Einleitungen der einzelnen Bücher ankündigt (4. pr. 1; 7, pr. 10-11): griechische Vorlagen zu übersetzen und nach Bedarf zu verwenden, um eine Gesamtdarstellung der Architektur in lateinischer Sprache zu schaffen.

Die ältere Forschung aus der Zeit von 1559 bis 1928 hat eine Reihe von wertvollen Einzelbeobachtungen gemacht und das eigentliche Problem der Geschossgewichte in 10,11,3 grundsätzlich erkannt. Die neuere Forschung aus der Zeit von 1953 bis 2024 hat jedoch, mit Ausnahme von OTTO LENDLE, deren Ergebnisse nicht aufgegriffen und fällt damit hinter die bereits gewonnenen Erkenntnisse zurück. Angesichts der Irrtümer, die eine Reihe von ausgewiesenen philologischen und archäologischen Expertinnen und Experten bezüglich Vitr. 10,11,3 begangen haben, darunter ERWIN ADELBERT SCHRAMM, ERIC WILLIAM MARSDEN und ALAN WILKINS, die zudem vitruvianische Pfeil- und Steinwerfer archäometrisch rekonstruiert haben, sollte eine Übernahme der hier gemachten Ausführungen nicht *bedenkenlos* erfolgen.¹¹⁷

Datierung nach MARSDEN 1969, 70. Nach Heron Bel. 3 (6,11-21) handelt es sich bei Dualgeschosswerfern um Palintona. Ein Begriff, der anscheinend von Philon nicht verwendet wird. Seine Erwähnung in C 91,35-36 Th. (= C10 Wh.) zusammen mit Monagkon (Einarm) ist nach LAWRENCE 1979, 90 und WHITEHEAD 2016, 281 interpoliert. Das gilt nach BLYTH 1992, 157 und WHITEHEAD 2010, 131 auch für Monagkon in Apollodoros' „Poliorketika“ 188,6 W. Vitruv erwähnt beide Begriffe nicht, zumindest Palintona sollte er kennen, wenn er Agesistratos gelesen oder gehört hat. Ath. Mech. 8,6-9 W (= G. 62-65): „Ἐν γὰρ τοῖς βελικοῖς* τοσοῦτον τοὺς πρότερον ὑπερήγαγεν, ὥστε καὶ τὸν ἐξαγγέλλοντα ὑπὲρ αὐτοῦ μὴ ῥαδίως πιστεῦσθαι. Ὁ γὰρ τριπίθαμος αὐτοῦ καταπάτης ἔβαλλε τρία στάδια καὶ ἡμιστάδιον ἔχων τόνου μνᾶς ἰβ'. Ὁ δὲ τετράπηχος, παλίντονος ὄν, δ' στάδια. SCHNEIDER/SCHWARTZ 1912, 13: Er hat nämlich in der „Schießkunst“ seine Vorgänger so sehr übertroffen, daß man nicht leicht Glauben findet, wenn man über ihn berichtet. Sein Geschütz für einen Pfeil von 3 Spithamen (= 66,5cm) schoß auf 3,5** Stadien (620,9m) mit einem Spannerven von 12 Minen*** (= 7,85 kg); und das Geschütz für ein Geschöß von 4 Ellen (= 1,77m), ein Palintonon, auf 4 Stadien (= 709,6m).“ *Von WESCHER 1867, SCHNEIDER/SCHWARTZ 1912, 12-13, LAMMERT 1938, 332, WEST 1969, 20,39 als Buchtitel aufgefasst, abgelehnt von DE ROCHAS D'AIGLUN 1884, 783, HULTSCH 1903, 221, WHITEHEAD/BLYTH 2004, 75 und GATTO 2010, 212, 241, 271-272. ** Hier als Dezimalzahl geschrieben statt Bruch. *** Ungefähr 5,23 kg. SCHNEIDER/SCHWARTZ 1912 rechnen fälschlicherweise mit 655 g pro Mine nach Vitruv. Die genannten Schussweiten von Agesistratos' Katapulten werden in der Forschung bezweifelt. Dazu empfiehlt es sich, eine Inschrift aus Olbia zu Kenntnis zu nehmen; dort wird der Bogenweitschuss eines Anaxogoras, Sohn des Demagoras, mit 282 Orgyien angegeben. Das entspricht nach HULTSCH 1882, 698 mit 1,85m pro Orgyie somit 521,7m. Die Inschrift ist seit ihrer Publikation durch VON STERN 1901, 57-60 (mit Abbildung) bekannt.

116 Vgl. dazu die Übersichten von MARSDEN 1971, 266-269 über die Maßangaben der Skorpione und Ballisten bei Vitruv im Vergleich zu denen bei Philon und die Häufigkeit der Übereinstimmungen und Abweichungen. Dabei ist zu beachten, dass MARSDEN zuweilen den Text von Vitr. 10,10-12 und auch von Philon abändert und aneinander angleicht. Vgl. zu den von Vitruv verwendeten Begriffen und ihren Übereinstimmungen und Abweichungen mit Philon und Heron die Übersichten bei SCHIEFSKY 2005, die aber Biton nicht beinhalten. NICHOLS 2017, 7 behauptet, dass Vitruvs Vorlage für 10,10-12 Philons Werk über den Geschützbau gewesen ist, gestützt auf FLEURY 1993. Der trifft aber weder wortwörtlich noch sinngemäß eine derartige Aussage.

117 Eine mit MARSDEN 1969/1971 vergleichbare zusammenfassende monographische Darstellung zur Geschichte der antiken oder byzantinischen Artillerie liegt derzeit nicht vor, ebenso wenig ein modernes einführendes oder weiterführendes Werk zur antiken Artillerie. Die vorhandenen Textausgaben zu Philons Geschützbau, Herons Geschützbau und Bitons Katapult- und Kriegsmaschinenbau sind altersbedingt revisionsbedürftig. Eine Monographie zu Philon mit Sammlung der vorhandenen antiken und arabischen

Bibliografie (der Anhang mit dem Text aus 10,11,3 schließt daran an; alle Hyperlinks geprüft am 13.10.2024):

HANDSCHRIFTEN:

VITRUV:

Harleianus 2767 = [Gegenwärtig nicht online verfügbar. Letzte Prüfung 13.10.2024]

Par. Lat. 10277 = <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b9066098j.r=10277?rk=21459;2>

Gudianus 69 = <http://diglib.hab.de/?db=mss&list=ms&id=69-gud-lat>

ATHENAIOS, BITON, HERON, PHILON:

Par. gr. suppl. 607 = <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b8593585j/fl.item>

Par. gr. 2442 = <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b84582634/fl.item.r=par>

Vat. gr. 1164 = https://digi.vatlib.it/view/MSS_Vat.gr.1164

Vind. Phil. gr. 120 =

https://digital.onb.ac.at/RepViewer/viewer.faces?doc=DTL_6858176&order=1&view=SI_NGLE

INSCHRIFTEN:

IG II² 1487 = MARSDEN 1971

Anaxogoras aus Olbia = VON STERN 1901

PAPYRI:

P. Lat. Alex. (P. Berol. 13044r) = DIELS 1904

P. Vindob. G 40162 Recto = KRAMER 2004

QUELLEN UND TEXTEDITIONEN:

Ath. Deip. = OLSON 2021

Ath. Mech. = SCHNEIDER/SCHWARTZ 1912 & GATTO 2010

Fragmente liegt nicht vor, SCHOFIELD 2014 bietet zwei archäometrisch rekonstruierte Katapulte Philons. An „neueren“ Übersichten gibt es HOFFMEYER 1958 (gesamte Antike), MARSDEN 1969/1971 (gesamte Antike plus Text, Übersetzung und Kommentar zu Heron, Philon, Biton, Auszüge aus Vitruv, Anon. Drb und Amm. Marc. sowie Prokop), WILKINS 2003 (römische Artillerie), CAMPBELL 2003 (griechisch-römische Artillerie, knapp, illustriert), RUSSO 2004 (römische Artillerie, aber mit Behandlung der griechischen Artillerie sowie zahlreichen 3D-Rekonstruktionen), SÁEZ ABAD 2005 und 2007 (Artillerie und Belagerung), RIHLL 2007 (griechisch-römische Artillerie) und WILKINS 2017/2024 (jeweils stark erweiterte Auflage, mit zahlreichen Abbildungen von Funden und archäometrisch rekonstruierten Pfeil- und Steinwerfern) sowie BOIVIN 2018 (Schwerpunkt antike Poliorketik, aber mit zahlreichen Abbildungen von Artillerie und Kriegsmaschinen, tabellarischen Übersichten und ausgewählten Übersetzungen).

Amm. Marc. = SEYFARTH 1978

Anon. Byz. Par. Pol. (= Ps.-Her. Byz.) = SCHNEIDER 1909 & SULLIVAN 2000

Anon. Drb = FLEURY 2017

Apoll. Pol. = SCHNEIDER 1908 = COMMARE/ERCOLANI 1999

App. Mithr. = VIERECK/ROOS/GABBA 1972

Biton = REHM/SCHRAMM 1929

Diod. = DURVYE 2018

Diog. Laert. = DORANDI 2013

Eutok. Comm. Archim. Sph. Cyl. = HEIBERG/STAMMATIS 1972 & MUGLER 1972

Gal. = MÜLLER 1891

Heron Aut. = SCHMIDT 1899 & GRILLO 2019

Her. Bel. = DIELS/SCHRAMM 1918

Her. Dioptr. = SCHÖNE 1976 & DECORPS-FOULQUIER/GUILLAUMIN 2022

Her. Metr. = SCHÖNE 1976 & ACERBI/VITRAC 2014

Liv. = BRISCOE 1991

Phil. Bel. = DIELS/SCHRAMM 1919

Phil. Par. & Pol. (A-D) = SCHÖNE 1893 & DIELS/SCHRAMM 1920 & GARLAN 1974

Polyb. = BÜTTNER-WOBST 1904

Plut. Demetr. = ZIEGLER 1996

Quint. Inst. = WINTERBOTTOM 1970

Vitr. = FLEURY 1990 & LIU/ZUINGHEDAU/CAM 1995 & SOUBRIAN 1969 &
CALLEBAT/FLEURY 1986 & GROS 2015

ARCHÄOLOGISCHE FUNDE

https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_-92698

INTERNETSEITE MATHEMATIK

<https://oeis.org/A000578>

FORSCHUNGLITERATUR, TEXTEDITIONEN UND ÜBERSETZUNGEN:

- ACERBI/VITRAC 2014 = Acerbi, F. / Vitrac, B.: *Metrica. Héron d’Alexandrie. Introduction, Texte critique et notes, traduction Français de Commentarie par Fabio Acerbi et Bernard Vitrac*, Pisa/Rom
- ARNIM 1912 = Arnim, M.: *De Philonis Byzantii dicendi genere*, Greifswald
- AYBECK/DREYER 2011: Aybeck, S. / Dreyer, B.: *Eine wehrhafte Stadt in späthellenistisch-römischer Zeit: Die Katapult-Arsenale der Stadt Metropolis*, in: *Istanbuler Mitteilungen* 61, 205-217
- BAATZ 1971 = Baatz, D.: *Rezension zu MARSDEN 1969*, in: *Gnomon* 43, 257-260
- BALDI 1616 = Baldi, B.: *Heronis Ctesibii Belopoeeca [...]*, Augsburg
- BELLUCCI 2016 = Bellucci, N. D.: *I „moti“ della meccanica meravigliosa: ipotesi sul De Arbitriis Mirabilibus*, in: *Humanitas* 68, 125-150
- BLYTH 1992 = Blyth, P. H.: *Apollodorus of Damascus and the Poliorcetica*, in: *GRBS* 33, 127-158
- BOIVIN 2018 = Boivin, P.: *Les traités grecs et romains de poliorcétique. Etude d’une tradition littéraire (c. 360/355 avant J.-C. – c. 386 après J.-C.)*, Nantes [<https://www.theses.fr/2018NANT2047>]
- BRISCOE 1991 = Briscoe, J.: *Titi Livi ab vrbe condita. Bd. 2. Libri XXXVI-XL. Edidit John Briscoe*, Stuttgart
- BRISCOE 2008 = Briscoe, J.: *A commentary on Livy. Books 38-40*, Oxford
- BUETONIS 1559 = Buetonis, I.: *Logistica, quae & arithmetica vulgo dicitur, in libros quinque digesta [...]. Eiusdem ad locum Vitruvii corruptum restitutio, qui est de proportione lapidum mittendorum ad baliste foramen, libro Decimo*, Paris
- BÜTTNER-WOBST 1904 = Büttner-Wobst, T.: *Polybii historiae. Bd. 4, libri 20-39. Fragmenta. Editionem a Lvdo vico Dindorfio cvratam retractavit Theodorvs Bvettner-Wobst. Editio stereotypa editionis prioris (1885)*, Leipzig
- CICHORIUS 1922 = Cichorius, C.: *Das Werk des Athenaeus über Kriegsmaschinen* in: *ders.: Römische Studien. Historisches, epigraphisches, literaturgeschichtliches aus vier Jahrhunderten Roms*, Leipzig/Berlin, 271-279
- CALLEBAT/FLEURY 1986 =, Callebat L. / Fleury, P.: *Vitruve de l’architecture. Livre 10. Texte établi et traduit par Louis Callebat avec la collaboration, pour le commentaire de Philippe Fleury*, Paris
- CAMPBELL 2002 = Campbell, D. B.: *Aspects of Roman Siegecraft*, Glasgow [<https://theses.gla.ac.uk/776/>]
- CAMPBELL 2003 = Campbell, D. B.: *Greek and Roman Artillery 399 BC – 363 AD*, Botley
- CAMPBELL 2006 = Campbell, D. B.: *Besieged: Siege Warfare in the Ancient World*, Botley

- CAMPBELL 2011 = Campbell, D. B.: Ancient Catapults. Some Hypotheses reexamined, in: *Hesperia* 80, 677-700
- CHOISY 1909 = Choisy, A.: Vitruve. Bd. 1: Analyse, Paris
- CHOISY 1909a = Choisy, A.: Vitruve. Bd. 3: Texte et Traduction Livres VII-X, Paris
- CHOISY 1909b = Choisy, A.: Vitruve. Bd. 4: Figures, Paris
- CARRA DE VAUX 2001 = Carra de Vaux, B.: Le livre des appareils pneumatiques et des machines hydrauliques, par Philon de Bycance, édité d'après les versions arabes d'Oxford et de Constantinople et traduit français, in: *Notices et extraits des manuscrits de la bibliothèque nationale et autres bibliothèques* 38, 27-235 = SEZGIN, F.: Archimedes and Philon in the Arabic tradition. Text and Studies. Natural Sciences in Islam. Bd. 37, Frankfurt am Main 2001, 101-309
- COMMARE/ERCOLANI 1999 = Commare, G. / Ercolani, A.: Ἀπολλοδώρου Πολιορκητικά, in: La Regina, A. (Hg.): *L'Arte dell'assedio di Apollodoro di Damasco*, Mailand, 18-49
- DECORPS-FOULQUIER/GUILLAUMIN 2022 = Decorps-Foulquier, M. / Guillaumin, J.-Y.: Héron d'Alexandrie. La Dioptré. Édité par Micheline Decorps-Foulquier. Traduit par Jean-Yves Guillaumin, Paris
- DE ROCHAS D'AIGLUN 1884 = De Rochas d'Aiglun, E. A. A.: Traduction du Traité des Machines d'Athénéé, in: Thorin, E. (Hg.): *Mélanges Graux. Recueil de travaux d'érudition classique dédié a la mémoire de Charles Graux*, Paris, 781-801
- DEVOTO 1996 = DeVoto, J. G.: Philon & Heron. Artillery and Siegecraft in Antiquity. Greek Text, Translation and Notes, Chicago
- DIELS 1904 = Diels, H.: Laterculi Alexandrini. Aus einem Papyrus ptolemäischer Zeit, in: *Abhandlungen der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften. Phil.-hist. Klasse. Nr. 2*, Berlin
- DIELS/SCHRAMM 1918 = Diels, H. / Schramm, E.: Herons Belopoiika (Schrift vom Geschützbau). Griechisch und Deutsch von H. Diels und E. Schramm, in: *Abhandlungen der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften* 1918. Phil.-hist. Klasse. Nr. 2, Berlin
- DIELS/SCHRAMM 1919 = Diels, H. / Schramm, E.: Philons Belopoiika (Viertes Buch der Mechanik). Griechisch und Deutsch von H. Diels und E. Schramm, in: *Abhandlungen der Preussischen Akademie der Wissenschaften. Jahrgang 1918. Phil.-Hist. Klasse, Nr. 16*, Berlin
- DIELS/SCHRAMM 1920 = Diels, H. / Schramm, E.: = Exzerpte aus Philons Mechanik B. VII und VIII. Griechisch und Deutsch von H. Diels und E. Schramm, in: *Abhandlungen der Preussischen Akademie der Wissenschaften. Jahrgang 1919. Phil.-Hist. Klasse, Nr. 12*, Berlin
- DORANDI 2013 = Dorandi, T.: Diogenes Laertius. Lives of Eminent Philosophers. Edited with Introduction by Tiziano Dorandi, Cambridge

- DRACHMANN 1948 = Drachmann, A. G.: Ktesibios, Philon and Heron. A Study in Pneumatics, Kopenhagen
- DRACHMANN 1951 = Drachmann, A. G.: On the alleged second Ktesibios, in: Centaurus 2 (1951-1953), 1-10
- DRACHMANN 1953 = Drachmann, A. G.: Remarks on the Ancient Catapults, in: Bodenheimer, F. S. (Hg.): Actes du VIIe Congrès International & Histoire des Sciences, Jérusalem (4-12 Août 1953), Paris, 279-283
- DREXLER 1963 = Drexler, H.: Polybios Geschichte. Gesamtausgabe in zwei Bänden. Zweiter Band. Eingeleitet und übertragen von Hans Drexler, Zürich/Stuttgart
- DURVYE 2018 = Durvy, C.: Diodore de Sicile. Bibliothèque historique. Bd. 15. Livre XX. Texte établi, traduit et commenté par Cécile Durvy, Paris
- FENSTERBUSCH 1991 = Fensterbusch, C.: Vitruv. Zehn Bücher über Architektur. Übersetzt und mit Anmerkungen versehen von Curt Fensterbusch. 5. Aufl., Darmstadt
- FILEMONOS-TSOPOTOU 2004 = Φιλήμονος-Τσοποτού, Μ.: Η Ελληνιστική Οχύρωση της Ρόδου, Athen
- FIORUCCI 2021 = Fiorucci, F.: Considerazioni sul trapano in Ateneo Meccanico (RR. 127-136 Gatto = 14, 4-15, 2 Wescher), con riferimenti a Vitruvio 10,13,7, in: Technai 12,117-134
- FIORUCCI 2022 = Fiorucci, F.: La testuggine ἀρετή in Ateneo Meccanico (rr. 352-356 Gatto = 38, 10-14 Wescher), in: GIF 74, 227-245
- FLEURY 1981 = Fleury, P.: Vitruve et la Nomenclature des Machines de Jet Romaines, in: Revue des Études Latines 59, 216-234
- FLEURY 1990 = Fleury, P.: Vitruve de l'architecture. Livre I. Texte établi, traduit et commenté par Philippe Fleury, Paris
- FLEURY 1993 = Fleury, P.: La mécanique de Vitruve, Caen
- FLEURY 2017 = Fleury, P.: De Rebus Bellicis. Sur les Affaires Militaires. Texte établi, traduit et commenté par Philippe Fleury, Paris
- FÖGEN 2009 = Fögen, T.: Wissen, Kommunikation und Selbstdarstellung: Zur Struktur und Charakteristik römischer Fachtexte der frühen Kaiserzeit, München FRASER 1972 = Fraser, P. M.: Ptolemaic Alexandria (Notes), Oxford
- GATTO 2010 = Gatto, M.: Il ΠΕΠΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ di Ateneo Meccanico. Edizione critica, traduzione, commento e note, Rom
- GATTO 2011 = Gatto, M.: Diades' ram-tortoise in the treatise On Machines by Athenaeus Mechanicus. Some remarks on its reconstruction, in: Technai 2, 53-66
- GATTO 2012 = Gatto, M.: The Ram-Tortoise of Hegetor of Byzantium in the Treatise On Machines by Athenaeus Mechanicus. Some remarks on its Reconstruction, in: Roca-Rosell, A. (ed.): The Circulation of Science and Technology. Proceedings of

the 4th International Conference of the ESHS, Barcelona, 18-20 November 2010, 240-245

- GARLAN 1974 = Garlan, Y.: Recherches de poliorcétique Grecque, Paris
- GEUS 2011 = Geus, K.: Eratosthenes von Kyrene. Studien zur hellenistischen Wissenschaftsgeschichte, München 2002 (Nd)
- GILLE 1980 = Gille, B.: Les Mécaniciens Grecs. Les Naissance de la Technologie, Paris
- GRÄF/MEIßNER 2023 = Gräf, S. / Meißner, B.: Anonymus De Rebus Bellicis. Herausgegeben, übersetzt und kommentiert von Stefanie Gräf und Burkhard Meißner, Darmstadt
- GRANGER 1934 = Granger, F.: Vitruvius: On Architecture. Edited from the Harleian Manuscript 2767 and translated by Frank Granger. Bd. 2, London/Cambridge
- GRILLO 2019 = Grillo, F.: Hero of Alexandria's Automata: a critical edition and translation, including a commentary on Book One, Glasgow [<http://theses.gla.ac.uk/76774/>]
- GROS 1975 = Gros, P.: Structures et limites de la compilation vitruvienne dans les livres III et IV du „De architectura“, in: Latomus 34, 986-1009
- GROS/CORSO/ROMANO 1997 = Gros, P. / Corso, A. / Romano, E.: Vitruvio: De Architectura. A cura di Pierre Gros, traduzione e commento di Antonio Corso e Elisa Romano, Bd. 2, Turin
- GROS 2015 = Gros, P.: Vitruve: De l'Architecture – De Architectura. Édition dirigée par Pierre Gros. Editio minor, Paris
- HILLEN 1991 = Hillen H. J.: T. Livius Römische Geschichte. Buch XXXV-XXXVIII. Lateinisch und deutsch herausgegeben von Hans Jürgen Hillen. 2. Aufl., München/Zürich
- HEIBERG/STAMMATIS 1972 = Heiberg, J. L. / Stammatis, E. S.: Archimedis. Opera omnia cum commentariis Eutocii. Iterum edidit Iohan Ludwig Heiberg. Corrigenda adiecit Euangelos S. Stamatis. Bd. 3, Leipzig 1915 (Nd Stuttgart 1972)
- HOFFMEYER 1958 = Hoffmeyer, A. B.: Antikens Artilleri, Kopenhagen
- HØYRUP 2018 = Høyrup, J.: A New Edition of the Metrica of Heron of Alexandria, in: Physis 53, 391-412
- HORSTER 2003 = Horster, M.: Literarische Elite? Überlegungen zum sozialen Kontext lateinischer Fachschriftsteller in Republik und Kaiserzeit, in: dies. / Reitz, C. (Hg.): Antike Fachschriftsteller: Literarischer Diskurs und sozialer Kontext, Stuttgart, 176-195
- HORNBLOWER 1981 = Hornblower, J. M. R.: Hieronymus of Cardia, Oxford
- HUFFMAN 2005 = Huffman, C. A.: Archytas of Tarentum. Pythagorean, Philosopher and Mathematician King, Cambridge
- HULTSCH 1876 = Hultsch, F.: Die Bruchzeichen bei Vitruvius, in: Neue Jahrbücher für Philologie und Paedagogik 46 (113), 251-261

- HULTSCH 1882 = Hultsch, F.: Griechische und Römische Metrologie. 2. Auf., Berlin
- HULTSCH 1903 = Hultsch, F.: Athenaios Nr. 23, in: RE Suppl. I, Stuttgart 220-21
- IRIARTE 2003 = Iriarte, A.: The Inswinging Theory, in: Gladius XXIII, 111-140
- KEYSER/IRBIE-MASSIE 2008 = Keyser, P. T. / Irbie-Massie, G. L. (Hg.): The Encyclopedia of Ancient Natural Scientists. The Greek tradition and its many heirs, London/New York
- KNORR 1989 = Knorr, W. R.: Textual Studies in Ancient and Medieval Geometry, Boston/Basel/Berlin
- KÖCHLY/RÜSTOW 1853 = Köchly, H. / Rüstow, W.: Griechische Kriegsschriftsteller. Griechisch und Deutsch mit kritischen und erklärenden Anmerkungen von H. Köchly und W. Rüstow. Erster Theil. Aeneias: Von der Vertheidigung der Städte. Heron und Philon: Vom Geschützbau. Nebst einem Anhang zu den Schriften Heron's und Philon's enthaltend Vitruvius X, 13-15 und die Geschütze der zweiten Artillerieperiode, Leipzig
- KRAMER 2004 = Kramer, B.: 6. Bericht über die Verpachtung der Ledersteuer (δεσματηρά) (P. Vindob. G 40162 Recto), in: Cowey, J. M. S. / dies. (Hg.): Paramone. Editionen und Aufsätze von Mitgliedern des Heidelberger Instituts für Papyrologie zwischen 1982 und 2004, München/Leipzig, 63-78 (+ Tafelanhang [ohne Seitenzählung] mit Taf. XIX mit 2. Abbild.)
- KROHN 1912 = Krohn, F.: Vitruvii De Architectura libri decem. Edidit F. Krohn, Leipzig
- KROJER 2009 = Krojer, F.: Astronomie in der Spätantike, die Null und Aryabhata, München
- KUBRAK 2018 = Kubrak, O.: Throwing Artillery from Apsaros Roman Fortress. Analyze and Interpretation of Stone Projectiles for Ballista, in: Pro Georgia 28, 109-127
- LAMMERT 1938 = Lammert, F.: Zu den Poliorketikern Apollodoros und Athenaios und zur Poliorketik des Vitruvius, in: RhM 87, 304-333
- LATTMANN 2019 = Lattmann, C.: Mathematische Modellierung bei Platon zwischen Thales und Euklid, Berlin/New York
- LAWRENCE 1979 = Lawrence, A. W.: Greek Aims in Fortification, Oxford
- LENDLE 1975 = Lendle, O.: Schildkröten. Antike Kriegsmaschinen in poliorketischen Texten, Wiesbaden
- LENDLE 1981 = Lendle, O.: Antike Kriegsmaschinen, in: Gymnasium 88, 330-357
- LENDLE 1983 = Lendle, O.: Texte und Untersuchungen zum technischen Bereich der antiken Poliorketik, Wiesbaden
- LENDLE 1992 = Lendle, O.: Vitruv als Übersetzer aus dem Griechischen, in: Müller, C. W. / Sier, K. / Werner, J. (Hg.): Zum Umgang mit fremden Sprachen in der griechisch-römischen Antike. Kolloquium der Fachrichtungen Klassische Philologie der Universitäten Leipzig und Saarbrücken am 21. und 22. November 1989 in Saarbrücken, 189-200

- LEWIS 1997 = Lewis, M. J. T.: Millstone and Hammer. The origin of Water Power, Hull
- LIU/ZUINGHEDAU/CAM 1995 = Liou, B. / Zuinghedau, M. / Cam, M.-T.: Vitruve de l'architecture. Livre 7. Texte établi et traduit par Bernard Liou et Michel Zuinghedau. Commenté par Marie-Thérèse Cam, Paris
- MASIÀ 2015 = Masià R. M.,: On Dating Hero of Alexandria, in: AHES 69, 231-255.
- MARINI 1820 = Marini, A.: Illustrationes Podromae in Scriptorum Graecos et Latinos de Belopeia [...], Rom
- MARINI 1836 = Marini, A.: Vitruvii De Architectura libri decem [...] Bd. 2, Rom
- MARINI 1836a = Marini, A.: Vitruvii De Architectura libri decem [...] Bd. 4, Rom
- MARSDEN 1969 = Marsden, E. W.: Greek and Roman artillery. Historical Development, Oxford
- MARSDEN 1971 = Marsden, E. W.: Greek and Roman artillery. Technical treatises, Oxford
- MEIßNER 1999 = Meißner, B.: Die technologische Fachliteratur der Antike. Struktur, Überlieferung und Wirkung technischen Wissens in der Antike (ca. 400 v. Chr. – ca. 500 n. Chr.), Berlin
- MUGLER 1972 = Mugler, C.: Archimède. Bd. 4: Commentaires d'Eutocius et fragments, Paris
- MÜLLER 1891 = Müller, I.: Claudii Galeni Pergameni Scripta minora. Bd. 2, Leipzig
- NICHOLS 2017 = Nichols, M. F.: Author and Audience in Vitruvius' De Architecture, Cambridge
- NEFEDKIN 2023 = Нефёдкина, А. К.: ПРОПАВШАЯ ЛИТЕРАТУРА: потерянные и сохранившиеся древнегреческие военные трактаты [Lost Literature: Lost and Preserved Ancient Greek Military Treatises], in: Parabellum novum 19 (52), 14-25
- NETZ 2004 = Netz, R. A.: The works of Archimedes. Translated into English, together with Eutocius' commentaries, with commentary, and critical edition of the diagrams. Bd. 1. The Two Books On the Sphere and the Cylinder, Cambridge
- NETZ 2020 = Netz, R. A.: Scale, Space and Canon in Ancient literary Culture, Cambridge
- NETZ 2023 = Netz, R. A.: A new History of Greek Mathematics, Cambridge
- NEUGEBAUER 1938 = Neugebauer, O.: Über eine Methode zur Distanzbestimmung Alexandria – Rom bei Heron, in Klg. Danske Videnskabernes Selskab. Historisk / folologiske Meddelelser. 26,2, Kopenhagen, 3-26 [+5 Tafeln ohne Seitenzählung]
- NEUGEBAUER 1939 = Neugebauer, O.: Über eine Methode zur Distanzbestimmung Alexandria – Rom bei Heron II, in Klg. Danske Videnskabernes Selskab. Historisk / folologiske Meddelelser. 26,7, Kopenhagen, 3-11
- NEUGEBAUER 1975 = Neugebauer, O.: A history of Ancient Mathematical Astronomy. 3 Bds., Berlin/Heidelberg/New York 1975 [Durchgängige Seitenzählung.]

- NEWTON 1780 = Newton, W.: Commentaires sur Vitruve. Eclaircis par des figures, & propres à être joints aux différentes traductions de cet auteur. Avec Une description des machines militaires des anciens, London
- NOHL 1876 = Nohl, H.: Index Vitruvianus, Leipzig
- OKANISH 2019 = Okanish, J.: Vitruvian Man. Rome under Construction, Oxford
- OLSON 2021 = Olson, S. D.: Athenaevs Navcratites Deipnosohistae. Band Ila: Libri III.74-VII. Edidit S. Douglas Olson, Berlin/New York
- PERRAULT 1673 = Perrault, C.: Les Dix Livres D'Architecture De Vitruve: Corrigez et Traduits nouvellement en François, avec des Notes & des Figures, Paris
- PIMOUGET-PÉDARROS 2011= Pimouget-Pédarros, I.: La Cité à l'épreuve des rois. Le siège de Rhodes par Démétrios Poliorkète (305-304 av. J.-C.), Rennes
- POLLASTRINI 2012 = Pollastrini, A. M.: Studio preliminare sul proiettili di ballista da Nelson Island – Abuqir – Egitto, in: Guarducci, G. / Valentini, S. (Hg.): Il futuro nell'archeologia: il contributo dei giovani ricercatori. Tuscania (VT), 12-15 maggio 2011, Rom, 89-96
- PRAGER 1974 = Prager, F. D.: Philon of Byzantium: Pneumatica. The first treatise on experimental physics, western version and eastern version; Facsimile and transcript of the Latin manuscript, CLM 534, Bayerische Staatsbibliothek, Munich; Translation and illustration of the Arabic manuscript, A. S. 3713, Aya-Sofya, Istanbul; with notes on other manuscripts and ill., historical introduction, and technical commentary by Frank David Prager, Wiesbaden
- PROU 1877 = Prou, V.: La Chirobaliste d'Héron d'Alexandrie, in: Notice et extraits des manuscrits de la Bibliothèque nationale et autres bibliothèques 26, 1-314
- RATHMANN 2016 = Rathmann, M.: Diodor und seine „Bibliothek“. Weltgeschichte aus der Provinz, Berlin/New York
- RANCE 2018 = Rance, P.: The Reception of Aineias' Poliorketika in Byzantine Military Literature, in: Pretzler, M. / Barley, N. (Hg.): Brill's Companion to Aineias Tacticus, Leiden/Boston, 290-374
- RANCE 2018a = Rance, P.: Rezension von WHITEHEAD 2016, in: Gnomon 90, 685-689
- RATHGEN 1911 = Rathgen, B.: Die Punischen Geschosse des Arsenal von Karthago und die Geschosse von Lambaesis, in: Zeitschrift für historische Waffenkunde 5 (1909-1911), 236-244
- REHM/SCHRAMM 1929 = Rehm, A. / Schramm, E.: Bitons Bau von Belagerungsmaschinen und Geschützen. Griechisch und deutsch von A. Rehm und E. Schramm. Mit 10 Textfiguren und 6 Tafeln, in: Abhandlungen der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Philosophisch-historische Abteilung. Neue Folge, 2, München
- ROBY 2016 = Roby, C.: Technical Ekphrasis in Greek and Rome. The Written Machine between Alexandria and Rome, Cambridge

- ROBY 2023 = Roby, C: The mechanical tradition of Hero of Alexandria: Strategies of reading from antiquity to the early modern period, Cambridge
- ROME 1923 = Rome, A.: Le problème de la distance entre deux villes dans la dioptre de Héron, in: ASSB 42 (1922-23), 233-258
- ROSEN/MÜLLER-STRÜBING 1867 = Rosen, V. / Müller-Strübing, H.: Vitruvii De Architectura libri decem, Leipzig
- ROSEN 1899 = Rosen, V.: Vitruvii De Architectura libri decem, Leipzig
- ROWLAND/HOWE 2002 = Rowland, I. D. / Howe, T. N.: Vitruvius. Ten books on architecture. Translation by Ingrid D. Rowland. Commentary and Illustrations by Thomas Noble Howe with additional commentary by Ingrid D. Rowland and Michael J. Dewar, Cambridge
- RUSSO 2004 = Russo, F.: L'artiglieria delle legioni romane, Rom
- RIHLL 2007 = Rihll, T.: The Catapult: A History, Yardley 2007
- SACKUR 1925 = Sackur, W.: Vitruv und die Poliorketiker. Vitruv und die christliche Antike. Bautechnisches aus der Literatur des Altertums, Berlin
- SÁEZ ABAD 2005 = Sáez Abad, R.: Artillería y Poliorcética en el mundo Grecorromano, Madrid
- SÁEZ ABAD 2007 = Sáez Abad, R.: Artillería y Poliorcética en la Edad Media, Madrid
- SAMMOUR 2017 = Sammour, K.: Apports de la restitution et de la contextualisation des machines de siège de Vitruve et d'Apollodore de Damas, in: Madeleine, S. / Fleury, P. (Hg.): Autour des machines de Vitruve: L'ingénierie romaine. Textes, archéologie et restitution. Actes du colloque organisé par l'ERLIS à Caen (3-4 juin 2015), Caen, 31-49
- SANTAGATI 2021 = Santagati, E.: Filone di Bisanzio Μηχανική Σύνταξις. La costruzione delle mura, Rom
- SANTAGATI 2023 = Santagati, E.: Filone di Bisanzio Μηχανική Σύνταξις. L'approvvigionamento della città assediata, Rom
- SHELLENBERG 2008 = Schellenberg, H. M.: Anmerkungen zu Heron von Alexandria und seinem Werk über den Geschützbau, in: ders. / Hirschmann, V. E. / Kriekhaus, A. (Hg.): A Roman Miscellany. Essays in Honour of Anthony R. Birley on his Seventieth Birthday, Gdansk, 92-130
- SCHIEFSKY 2005 = Schiefsky, M. J.: Technical Terminology in Greco-Roman Treatises on Artillery Construction, in: Fögen, T. (Hg.): Antike Fachtexte / Ancient Technical Texts, Berlin/New York, 253-270
- SCHIEFSKY 2015 = Schiefsky, M. J.: Technē and Method in Ancient Artillery Construction: The Belopoeica of Philo of Byzantium, in: Fischer, K.-D. / Holmes, B. (Hg.): The Frontiers of Ancient Science. Essays in Honor of Heinrich von Staden, Berlin/New York, 615-653

- SCHMIDT 1902 = Schmidt, W.: Bericht über griechische Mathematiker und Mechaniker (1890-1901), in: Jahresberichte über die Fortschritte der classischen Altertumswissenschaften 29 (109), 59-128
- SCHMIDT 1976 = Schmidt, W.: Heron von Alexandria. Band 1: Druckwerke und Automatentheater. Griechisch und Deutsch herausgegeben von Wilhelm Schmidt. Im Anhang Herons Fragment über Wasseruhren. Philons Druckwerke. Vitruvs Kapitel zur Pneumatik. Mit einer Einleitung über die heronische Frage und Anmerkungen. Mit 124 Figuren, Leipzig 1899 (Nd Stuttgart 1976)
- SCHNEIDER 1908 = Schneider, R.: Griechische Poliorketiker. Mit den handschriftlichen Bildern herausgegeben und übersetzt von Rudolf Schneider [= Apollodoros Poliorketika]. Abhandlungen der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Philologisch-Historische Klasse. Neue Folgen Band 10. Nro. 1, Berlin
- SCHNEIDER 1909 = Schneider, R.: Griechische Poliorketiker. Mit den handschriftlichen Bildern herausgegeben und übersetzt von Rudolf Schneider. II. ΠΑΡΑΓΓΕΛΜΑΤΑ ΠΟΛΙΟΡΚΗΤΙΚΑ. Anweisungen zu Belagerungskunst. Mit 11 Tafeln. Abhandlungen der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Philologisch-Historische Klasse. Neue Folgen Band 11. Nro. 1, Berlin
- SCHNEIDER/SCHWARTZ 1912 = Schneider, R.: Griechische Poliorketiker. Mit den handschriftlichen Bildern herausgegeben und übersetzt von Rudolf Schneider. III. ΑΘΗΝΑΙΟΥ ΠΕΡΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ – Athenaios über Maschinen. Mit 7 Tafeln. Abhandlungen der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Philologisch-Historische Klasse. Neue Folgen Band 12. Nro. 5, Berlin [Aus dem Nachlass herausgegeben von Eduard Schwartz.]
- SCHÖNE 1893 = Schöne, R: Philonis Mechanicae syntaxis. Libri quartus et quintus, Berlin
- SCHÖNE 1976 = Schöne, H.: Heron von Alexandria. Band 3. Vermessungslehre und Dioptra. Griechisch und Deutsch von Herman Schöne. Mit 116 Figuren, Leipzig 1903 (Nd Stuttgart)
- SCHOFIELD 2014 = Schofield, A. E.: Experimental Archaeology and Siege Warfare: Analysing Ancient Sources through Experimentation. A thesis submitted to the University of Manchester for the degree of Doctor of Philosophy in the Faculty of Humanities 2014
<https://research.manchester.ac.uk/en/studentTheses/experimental-archaeology-and-siege-warfare-analysing-ancient-sour>
- SCHONEVELD 2024 = Schoneveld, K.: Illustrationen zur Kriegstechnik in byzantinischen Handschriften. Transfer und Adaption antiken Wissens in Byzanz, Leiden/Boston
- SCHOTT 1615 = Schott, A.: Observationvm Hvmanorvm Lib. 5. [...], Hannover
- SCHRAMM 1917 = Schramm, E.: Erläuterung der Geschützbeschreibung bei Vitruvius X,10-12, in: Sitzungsberichte der Königlich-Preussischen Akademie der Wissenschaften, Band LI. Gesamtsitzung vom 13.12.1917, 718-735 [In Zusammenarbeit mit Hermann Diels. Nachträge und Korrekturen dazu in DIELS/SCHRAMM 1918, 56 und FENSTERBUSCH 1991.]

- SCHRAMM 1918 = Die antiken Geschütze der Saalburg, Berlin
- SCHRAMM 1920 = Die Geschütze des Altertums, in: Zeitschrift für historische Waffenkunde 8 (1918-1920), 41-54
- SCHRAMM 1928 = Schramm, E. A.: Poliorketik, in: Kromayer J. / Veith G.: Heerwesen und Kriegführung der Griechen und Römer. HdAW 4,3,2, München, 209-247
- SEYFARTH 1978 = Seyfarth, W.: Ammiani Marcellini Rerum gestarum libri qui supersunt. Edidit Wolfgang Seyfarth. Adivvantibus Liselotte Jacob-Karau et Ilse Ulmann. Bd. 1: Libri XIV-XXV, Leipzig
- SIDOLI 2005 = Sidoli, N.: Heron's Dioptra and the Analemma Methods: An Astronomical Determination of the Distances between two Cities, in: Centaurus 47, 226-258
- SIDOLI 2011 = Sidoli, N.: Heron of Alexandria's Date, in: Centaurus 53, 55-61
- SILBERSCHLAG 1760 = Silberschlag, M.: Dissertation les trois Principales Guerre des Machines de Anciens, savoir la Catapulte, la Balliste et l'Onagre. Tirées en numens quelque Sorte des Mines de l'Antiquité tant Grecque Romaine, joint l'exposé que Vitruve a donné de ces Machines & on l'a éclairci par des Notes, in: Mémoires de l'Académie Royale des Sciences et Belles Lettres. Classe de Philosophie Expérimentale XVI (Berlin 1763), 378-432
- SILBERSCHLAG 1760a = Silberschlag, M.: Sur l'Origine et les Effects des Machines de Guerre. Que les Ancien nommoient Tormenta, in: Mémoires de l'Académie Royale des Sciences et Belles Lettres. Classe de Philosophie Expérimentale XVI (Berlin 1763), 433-449
- SHATZMANN 1995 = Shatzmann, I.: Stone-Balls from Tel Dor and the Artillery of the Hellenistic World, in: Scripta Classica Israelica 14, 52-72
- SOUBRIAN 1969 = Soubrian, J.: Vitruve de l'architecture. Livre IX. Texte établi et traduit par Jean Soubrian, Paris
- SULLIVAN 2000 = Sullivan, D. F.: Siegecraft. Two tenth century instruction manuals by „Hero of Byzantium“, Washington D. C.
- THÉVENOT 1693 = Thévenot, M.: Veterum mathematicorum Athenaei, Bitonis, Apollodori, Heronis, Philonis et aliorum opera, Graece et Latine, pleraque nunc primum edita. Ex manuscriptis codicibus Bibliothecae regiae, Paris
- THIEL 1895 = Thiel, M.: Quae ratio intercedat inter Vitruvium et Athenaeum mechanicum, Leipzig
- VIERECK/ROOS/GABBA 1972 = Viereck, P. / Roos, G. / Gabba, E.: Appian Historia Romana. Bd. 1, Leipzig (Nd)
- VON ROEDER 1911 = Von Roeder, E. Die Kaliber der antiken Geschütze, in: Zeitschrift für historische Waffenkunde 5 (1909-1911), 311-315
- VON STERN 1901 = Von Stern, E.: Der Pfeilschuss des Olpiopoliten Anaxagoras, in: Jahreshefte des Österreichischen Archäologischen Institutes in Wien, Bd. 4, Beiblatt, 57-60

- WESCHER 1867 = Wescher, C.: ΠΟΛΙΟΡΚΗΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΛΙΟΡΚΙΑΙ ΔΙΑΦΩΝ ΠΟΛΕΩΝ. Poliorcétique des Grecs. Traités théoriques – récits historiques. Textes restitués d'après les manuscrites de Paris, du Vatican, de Vienne, de Bologne, de Turin, de Naples, d'Oxford, de Leyde, de Munich, de Strasbourg, augmentés de fragments inédits, et accompagnés d'un commentaire paléographique et critique par C. Wescher, Paris
- WEST 1969 = West, G. R.: Athenaios Mechanicus, University of British Columbia = <https://open.library.ubc.ca/cIRcle/collections/ubctheses/831/items/1.0104389>
- WHITEHEAD 2008 = Whitehead, D.: Fact and Fantasy in Greek military Writers, in: Acta Ant. Hung. 48, 139-155
- WHITEHEAD 2010 = Whitehead, D.: Apollodorus Mechanicus, Siege-matters (Πολιορκητικά). Translated with Introduction and Commentary, Stuttgart
- WHITEHEAD 2015 = Whitehead, D.: Alexander the Great and the Mechanici, in: Wheatley, P. / Baynham, E. (Hg.): East and West in the World Empire of Alexander: Essays in Honour of Brian Bosworth, Oxford, 75-91
- WHITEHEAD 2016 = Whitehead, D.: Philon Mechanicus: On Sieges. Translated with Introduction and Commentary, Stuttgart
- WHITEHEAD/Blyth 2004 = Whitehead, D. / Blyth, P. H.: Athenaeus Mechanicus. On Machines (Περὶ μηχανημάτων). Translated with Introduction and Commentary, Stuttgart
- WHEATLEY 2016 = Wheatley, P.: A Floruit of Poliorcetics: The Siege of Rhodes, 305/04 BC, in: Anabasis 7,43-70
- WHEATLEY/DUNN 2020 = Wheatley, P. / Dunn, C.: Demetrius the Besieger, Oxford
- WIEMER 2001 = Wiemer, H.-U.: Rhodische Traditionen in der hellenistischen Historiographie, Frankfurt am Main
- WIEMER 2002 = Wiemer, H.-U.: Krieg, Handel und Piraterie. Untersuchungen zur Geschichte des hellenistischen Rhodos, Berlin
- WIEMER 2013 = Wiemer, H.-U.: Zeno of Rhodes and the Rhodian View of the Past, in: Gibson, B. / Harrision, T. (Hg.): Polybius and his World. Essays in Memories of F. W. Walbank, Oxford, 279-306
- WILSDORF 1973 = Wilsdorf, H.: Hermann Diels in seiner Bedeutung für die Geschichte der Technik, in: Philologus 117,284-293
- WILKINS 2003 = Wilkins, A.: Roman Artillery, Buckinghamshire
- WILKINS 2017 = Wilkins, A.: Roman Imperial Artillery. Outranging the Enemies of the Empire, Dumfries [2. erweiterte Aufl.]
- WILKINS 2024 = Wilkins, A.: Roman Imperial Artillery. Outranging the Enemies of the Empire, Oxford [3. erweiterte Aufl.]

WINTERBOTTOM 1970 = Winterbottom, M.: M. Fabi Qvintiliani Institvtionis oratoriae libri dvodecim. Bd. 1: Libri I-VI, Oxford

ZIEGLER 1996 = Ziegler, K.: Plutarchi. Vitae parallelae. Bd. 3,1. Recognoverunt Cl. Lindskog et K. Ziegler. Item recensuit Konrat Ziegler. Editionem correctionem cum addendis curavit Hans Gärtner, Stuttgart / Leipzig

ZÖLLNER 1987 = Zöllner, F.: Vitruvs Proportionsfigur. Quellenkritische Studien zur Kunstliteratur des 15. und 16. Jahrhunderts, Worms

ZÖLLNER 2009 = Zöllner, F.: Vitruvs Proportionsfigur – Eine Metapher für Maß und Geometrie, in: Johannes, R. (Hg.): Entwerfen. Architektenausbildung in Europa von Vitruv bis Mitte des 20. Jahrhunderts. Geschichte, Theorie, Praxis, Hamburg, 145-161

Kontakt zum Autor:

Hans Michael Schellenberg

E-Mail: schellen@uni-duesseldorf.de



Dieser Beitrag ist lizenziert unter einer [Creative Commons Namensnennung - 4.0 International Lizenz](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Anhang

Vitr. 10, 11, 3 [CALLEBAT/FLEURY 1986]:

Nam quae ballista duo pondo saxum mittere debet, foramen erit in eius capitulo digitorum V; si pondo IIII, digitorum sex; [et] <si pondo sex>, digitorum VII; decem pondo, digitorum VIII; uiginti pondo, digitorum X; XL pondo, digitorum XIIS 9; LX pondo, digitorum XIII et digiti octaua parte; LXXX pondo, digitorum XV; CXX pondo, I pedis et sesquidigiti; C et LX, pedis I 9; C et LXXX, pedis et digitorum V; CC pondo, pedis et digitorum VI; CC et X<L pondo>, pedis I et digitorum VII; CCCLX <pondo> pedis I S.

I Vitr. 10, 11, 3] Cf. ed. SILBERSCHLAG 1760, 405; MARINI 1836, 330; KÖCHLY/RÜSTOW 1853, 370, 372, 374; HULTSCH 1876, 255–256; ROSEN 1899, 265–266; CHOISY 1909A, 222–223; GRANGER 1934, 334; DRACHMANN 1953, 280 (= KROHN 1912); MARSDEN 1971, 190 (= KROHN 1912); FENSTERBUSCH 1991, 504 (= SCHRAMM 1917); FLEURY 1993, 256; GROS/CORSO/ROMANO 1997, 1340; GROS 2015, 690 (= CALLEBAT/FLEURY 1986). Cf. transl. PERRAULT 1673, 309; SILBERSCHLAG 1760, 406 (= PERRAULT 1673); KÖCHLY/RÜSTOW 1853, 371, 373, 375; CHOISY 1909A, 222–223; SCHRAMM 1917, 727; GRANGER 1934, 335; MARSDEN 1971, 191; CALLEBAT/FLEURY 1986, 36; FENSTERBUSCH 1991, 505 (= SCHRAMM 1917); FLEURY 1993, 255–256; GROS/CORSO/ROMANO 1997, 1341; ROWLAND/HOWE 2002, 129; GROS 2015, 691 (= CALLEBAT/FLEURY 1986.)

I CALLEBAT/FLEURY 1986] Cf. [ROSEN/MÜLLER-STRÜBING 1867, 269 (sic! = 279)] Vitr. 10, 11, 3–4: Nam quae ballista duo pondo saxum mittere debet, foramen erit in eius capitulo digitorum V, si pondo IIII digitorum sex et digitorum VII, decem pondo digitorum VIII, uiginti pondo digitorum X, XL pondo digitorum XII SK, LX pondo digitorum XIII et digiti octava parte, LXXX pondo digitorum XV, CXX pondo IS et sesquidigiti, C et LX pedis II, C et LXXX pedis et digitorum V, CC pondo pedis et digitorum VI, CC et X pedis IS et digitorum VI, CCCLX pedis IS. [KROHN 1912, 247–248] Vitr. 10, 11, 3–4: Nam quae ballista duo pondo saxum mittere | debet, foramen erit in eius capitulo digitorum V; si pondo IIII, digitorum sex et **** digitorum VII; decem pondo digitorum VIII; uiginti pondo digitorum X; XL pondo digitorum XII SK; LX pondo digitorum XIII et digiti octava parte; LXXX pondo digitorum XV; CXX pondo I pedis et sesquidigiti; C et LX pedis I; C et LXXX pedis et digitorum V; CC pondo pedis et digitorum VI; CC et X<L pondo> pedis I et digitorum VII; CCCLX **** pedis IS. [SCHRAMM 1917, 727]: Nam quae ballista II pondo saxum mittere debet, foramen erit in eius* capitulo digitorum V. Si pondo IIII, digitorum VI (9, sex pondo) digitorum VII (9, octo pondo digitorum VIII). Decem pondo digitorum VIII9***, uiginti pondo digitorum X S9, XL pondo digitorum XIII S9. Sexaginta pondo digitorum XV S, octoginta pondo pedis digiti I, C pondo pedis I et digitorum IIS. CXX pondo pedis I et digitorum III S. CXXXX pondo pedis I et digitorum IIIIS. CLX pondo pedis I et digitorum VI. CLXXX pondo pedis I et digitorum VIS, CC pondo pedis I et digitorum VII 9, CCXXXX pondo pedis I et digitorum VIII S9. CCCLX pondo pedis I et digitorum XII 9.*** [MARSDEN 1971, 190]: Nam quae ballista duo pondo saxum mittere debet, foramen erit in eius capitulo digitorum V; si pondo IIII, digitorum sex; [et] <si pondo VI>, digitorum VII; decem pondo, digitorum VIII; uiginti pondo, digitorum X; XL pondo, digitorum XIIS9; LX pondo, digitorum XIII et digiti octava parte; LXXX pondo, digitorum XV; CXX pondo, I pedis et sesquidigiti; C et LX, pedis I9; C et LXXX, pedis et digitorum V; CC pondo, pedis et digitorum VI; CC et X<L pondo>, pedis I et digitorum VII; CCCLX <pondo> pedis IS. [S, K et 9 fractiones sunt. *eius corr HMS; ** VIIIIS corr.; *** XIIS corr. FENSTERBUSCH 1991, 504.]

2 Nam quae] pr.: namque *codd.* 3 <si pondo sex>] sex si pondo sex Marsden (sex pondo Choisy): sex (uel VI) et *codd.* 4 VII] WV: VII ∴ GHS (puncta circulo uel uariis figuris disposita habent infra eisdem *codd.* post VIII, X, octaua parte, XV, sesquidigiti) 5 XIIS 9] XII S9 Marsden: XII.SK. (uel S.K.) *codd.* (S.K. – XIII. om. S¹ add. S²) 5 digiti] G²HWVS: -to G¹ 6 I pedis] Kr.: IS *codd.* 6 pedis I 9] Marsden: -des II (uel II ∴) *codd.* 7 pedis et digitorum V] Ro: -des et digiti V (iter. ut uid.) G pedes et digiti CV WVS pes et digiti CV H 7 pedis] Buteo (qui leg. pedis unius): -des *codd.* 7–8 CC et X<L pondo>] Kr.: CC et X (CCX G) *codd.* 8 pedis I] Buteo: pedes .I.S. (.IS. G) *codd.* 8 digitorum VII] Kr. (eadem iam leg. apud Barbaro qui scrib. tamen pedum in et digitorum VII): digitorum VI (d. VI ∴ (GHS) *codd.* 8 <pondo> pedis I S] Marsden: pedes .IS. G IS *cett.*