

Über Ausführung und Genauigkeit von Münzwägungen in spätrömischer und neuerer Zeit

von
HANS R. JENEMANN

1. Einführung.

Durch Ausgrabungen sind aus der Zeit des Römischen Altertums viele Waagen zutage gebracht worden. Diese Instrumente, die heute in Museen aufbewahrt werden, sind von teilweise recht unterschiedlicher Ausführung. Daraus ist zu schließen, daß sie hinsichtlich der Art und Größe des Wägegutes, der Schnelligkeit des Wägevorgangs sowie der dabei angestrebten Genauigkeit für verschiedene Anforderungen vorgesehen waren. Vereinzelt Angaben über die Verwendung von Waagen sind auch aus der Literatur der Antike zu entnehmen¹.

Wie aus solchen Quellen hervorgeht, sind bei der Wägung von pharmazeutischen Materialien, von Edelsteinen und Edelmetallen sowie von Münzen, die aus Edelmetallen bestanden, die höchsten Ansprüche an die Genauigkeit gestellt worden. Für solche Aufgaben hat man die feinsten der damaligen Waagen verwendet. Als „Feinwaagen“ im heutigen Sinne² wird man sie freilich nicht bezeichnen dürfen. Das gilt ebenso für die unter diesem Begriff bekannt gewordenen Münz- und Edelmetallwaagen aus der Epoche, die an die Antike anschließt; die sogenannten Feinwaagen der Merowinger stimmten indessen mit denen der Römer weitgehend überein³.

In welcher Weise man in der Antike Wägungen ausgeführt hat, ist bisher nur vereinzelt Gegenstand von Untersuchungen gewesen. E. Nowotny hat eine ausführliche Abhandlung „Zur Mechanik der antiken Wage“ vorgelegt⁴, in der vor allem der Frage nachgegangen wird, wie man die Gleichgewichtslage erkannt und eingestellt hat. Danach hat man, etwa im 2. bis 3. Jhd. n. Chr., Vorrichtungen erfunden, um das Augenmaß bei der Wägung durch geeignete mechanisch-optische Vorrichtungen zu ersetzen: Man hat senkrecht zum Waagebalken einen Zeiger angebracht, der nach oben in der später so bezeichneten „Schere“ spielte; an der Stellung des „Züngleins“ zur Schere war erkennbar, ob die Waage im Gleichgewicht war. Vereinzelt wurden Zeiger und Schere mit einer runden Durchbohrung versehen, durch die man hindurchvisieren konnte; bereits recht geringe Abweichungen von der Gleichgewichtslage konnten dabei festgestellt werden. An den Waagen für große Lasten spielte der Balken in einem an seinem Ende angebrachten Führungsrahmen, der wie eine Art Arretierung wirkte und an dem auch beobachtet werden konnte, ob das Gleichgewicht eingestellt war.

Bisher sind, außer Abschätzungen, kaum Daten über die Leistungsfähigkeit der antiken Waagen bekannt geworden⁵. So mag man fragen, wie etwa, nach heutigen Begriffen⁶, ihre charakteristischen Daten gewesen seien. Es mag wichtig sein zu wissen, wie empfindlich die damaligen Waagen

¹ T. Ibel, Die Wage im Altertum und Mittelalter. (Diss.: Erlangen 1908) Abschn. Die Wage der Römer, 55 - 70.

² Deutsche Norm: DIN 8120, Teil 1: Begriffe im Waagenbau; Gruppeneinteilung – Benennungen und Definitionen von Waagen (Berlin 1981).

³ J. Werner, Waage und Geld in der Merowingerzeit. Sitzber. Bayer. Akad. Wiss., Phil.-hist. Kl. 1954, Heft 1.

⁴ E. Nowotny, Zur Mechanik der antiken Wage. Jahresh. Österr. Arch. Inst. 16, 1913, Beibl. 5 - 36 u. 179 - 196.

⁵ S. Iwata, Development of Sensitivity of the Precision Balance. Travaux I. Congress Int. Métrologie Histor., Zagreb 1975.

⁶ Deutsche Norm: DIN 8120, Teil 3: Begriffe im Waagenbau; Meß- und eichtechnische Benennungen und Definitionen (Berlin 1981).

waren, daß heißt, bis zu welcher unteren Grenze die Wägungen ausführbar gewesen sind. Man mag auch die Höchstbelastung kennen wollen, für die sie vorgesehen waren, so daß man aus diesen Merkmalen ihren Arbeitsbereich ermitteln kann. Von besonderem Interesse mag dies für die feinsten der damaligen Instrumente sein, vor allem für die zu Wägungen von Edelmetallen und Münzen verwendeten. Gerade solche Materialien sind dem Menschen von alters her besonders lieb und teuer gewesen.

Wie ist es möglich, zu solchen Kenntnissen zu gelangen, da die antike Literatur kaum Aufschlüsse über diese Fragen liefert? Es könnte versucht werden, Versuchswägungen an den Beständen der Museen vorzunehmen. Die Ergebnisse daraus werden jedoch nur eingeschränkt auswertbar sein: Es ist nicht zu erwarten, daß die ehemals vorhandene Leistung bis heute ohne jede Minderung erhalten geblieben ist. Waagen bedürfen einer steten Pflege, um sie voll funktionsfähig zu erhalten. Und wie soll diese Funktion noch gegeben sein, wenn die Objekte 1 1/2 Jahrtausende lang, teilweise noch länger, im feuchten Boden gelegen haben und so der ständigen Korrosion ausgesetzt gewesen sind? Gerade die empfindlichen Dreh- und Lagerelemente einer Waage sind äußeren Einflüssen gegenüber besonders anfällig. Meist sind ja auch nur die Waagebalken als Fragmente übrig geblieben: Waagschalen samt ihrer Aufhängungsvorrichtung fehlen sehr oft.

Unabhängig von Wägeversuchen sollte es allerdings möglich sein, die typischen Merkmale der Konstruktion solcher Fundstücke meßtechnisch zu erfassen; die so ermittelten Daten wird man dann mit anderen vergleichen können, die von Instrumenten stammen, welche zu wesentlich späterer Zeit hergestellt wurden. Vermutlich wird man daraus kennzeichnende Analogien feststellen und verbindliche Rückschlüsse ziehen können: Die Kriterien, die heute zur Beurteilung von Waagen maßgeblich sind, lassen sich auf diejenigen aus früherer Zeit übertragen. Gerade Münzwaagen sind seit etwa dem Beginn der Neuzeit recht häufig verwendet worden und auch in hinreichender Qualität erhalten geblieben. Vielleicht wird man bei solchen Vergleichen noch andere charakteristische Merkmale auffinden, die zu weitergehenden Erkenntnissen führen werden, insbesondere hinsichtlich der früher angewandten Wägetechnik.

2. Allgemeines über Waagen und Wägung.

Waagen sind Geräte, an denen Kräfte miteinander verglichen werden, die Gewichtskraft des zu wägenden Körpers mit einer als bekannt vorausgesetzten zweiten Kraft. Nimmt man diesen Vergleich an einer Hebel- oder Balkenwaage vor, so werden zwei Kräfte gleicher Art ins Verhältnis gesetzt: die unbekannte Gewichtskraft mit derjenigen von Vergleichskörpern, die als Gewichtsstücke bezeichnet werden. An Federwaagen oder den moderneren elektro-mechanischen Waagen wird dagegen die Gewichtskraft der zu wägenden Last mit einer Kraft anderer Art verglichen.

Aus dem Ergebnis des Kraftvergleichs, gleich an welcher Waage ausgeführt, läßt sich auf die Masse des zu wägenden Körpers rückschließen – diejenige Größe, deren Bestimmung bei faktisch jeder Wägung das Ziel ist. Die Masse, die im „Internationalen Einheitensystem“⁷ in der Basiseinheit Kilogramm oder davon abgeleiteten verkleinernden oder vergrößernden Einheiten benannt wird, ist maßgeblich für die „unveränderliche Substanzmenge“ eines Körpers. Das gilt sowohl im wissenschaftlichen als auch technischen Bereich – wenngleich die Kräfte, die von diesen Massen ausgeübt werden, für den Techniker die Grundlage seiner Berechnungen sind. Im wirtschaftlichen Bereich darf die Masse weiterhin als „Gewicht“ bezeichnet werden.

⁷ Physikalisch-Technische Bundesanstalt (Hrsg.): Die SI-Basiseinheiten – Definition, Entwicklung, Realisierung (Braunschweig 1975); Sonderdruck aus PTB-Mitteilungen 85, 1975.

An der Balkenwaage bleibt eine örtlich unterschiedliche Erdanziehung ohne Einfluß auf das Ergebnis der Wägung, da sich die an ihren beiden Armen als gleich anzusehende Fallbeschleunigung aus der Gleichung der Drehmomente herauskürzt*. Bei der Wägung an Federwaagen und ihnen im Prinzip vergleichbaren Instrumenten ist es dagegen erforderlich, die örtlich wirkende Beschleunigung zu berücksichtigen. Dies kann dadurch geschehen, daß das in der Einheit der Kraft, in NEWTON, nach $G = g \cdot m$ erhaltene Meßergebnis durch die örtliche Fallbeschleunigung dividiert wird. Alternativ kann die Waage am Wägeort unter Verwendung von Gewichtsstücken auf die dort herrschende Erdanziehung eingestellt werden, so daß ihre Skala das Ergebnis direkt in der Einheit der Masse anzeigt. Nach den beiden genannten Grundklassen kann man in ortsunabhängige und ortsabhängige Waagen einteilen – nicht aber, wie es oft fälschlich getan wird, in solche, an denen ein Massenvergleich und andere, an denen ein Kraftvergleich vorgenommen werde⁸.

Für die Leistung einer Waage sind meß- und eichtechnische Definitionen festgelegt. Von besonderer Bedeutung sind die höchstmögliche Belastbarkeit und die geringste noch feststellbare Ablesbarkeit; aus diesen beiden Daten ergibt sich das Auflösungsverhältnis der Wägung. Die Standardabweichung ist eine Größe statistischer Art, die maßgeblich ist für die Streuung der Ergebnisse; sie erlaubt einen Rückschluß auf die Reproduzierbarkeit einer Wägung. Eine Waage soll eine ausreichende Empfindlichkeit haben, um so noch recht geringe Massendifferenzen erkennen zu können⁹.

3. Zur Geschichte der Waage im Altertum.

Wie Relikte, die an verschiedenen Stellen, insbesondere im oberen Niltal¹⁰, aufgefunden worden sind, ausweisen, ist die Waage bereits in prähistorischer Zeit bekannt gewesen. Danach ist ihre ursprüngliche Form die symmetrische gewesen, was auch aus frühen bildlichen Darstellungen hervorgeht¹¹. Noch heute, nachdem andere Waagentypen in der Praxis dominant geworden sind, ist die sogenannte gleicharmige Waage die dem Menschen am meisten geläufige Ausführung.

Die Laufgewichtswaage, die auch unter dem Namen „Römische Schnellwaage“ bekannt ist und im englischen Sprachbereich als „steelyard“¹² bezeichnet wird, hat nur eine Waagschale (Abb. 1); sie wird bis in unsere Tage auf den Märkten des Südens und des Orients verwendet. Nach Belastung mit dem Wägegut wird auf der Gegenseite, dem längeren Arm, so lange ein Hängegewicht verschoben, bis wieder Gleichgewicht besteht. Das Ergebnis der Wägung wird dann an der neuen Stellung des Laufgewichtes am Balken, der in der jeweils gültigen Masseneinheit kalibriert ist, abgelesen. Die Funktion beruht somit in prinzipiell gleicher Art auf dem Hebelgesetz, wie dies bei der zuvor genannten Zweisohlenwaage der Fall ist.

Gelegentlich ist zu lesen, daß die Laufgewichtswaage bereits den Etruskern bekannt gewesen sei¹³. Von anderen Autoren wird ihre Erfindung dann schon den Ägyptern, um etwa 1500 v.Chr., zuge-

* Nähere Einzelheiten sind in den Lehrbüchern der Physik nachlesbar.

⁸ H. R. Jenemann, Über die Grundlagen der Ausführung von Wägungen im Laboratorium. CLB Chemie für Labor und Betrieb 33, 1982, 315-320 u. 356-358.

⁹ DIN 8120, Teil 3 (s. Anm. 6).

¹⁰ F. Petrie, Ancient Weights and Measures (London 1926) 42.

¹¹ R. Vieweg, Aus der Kulturgeschichte der Waage (Balingen/Württ. 1966).

¹² W. A. Scheurer, The Science of Weighing – Yesterday, in: L. J. Chrisholm (Hrsg.) Report of the 50th National Conference on Weights and Measures 1965 (Washington 1966) 87.

¹³ Vieweg a.a.O. (s. Anm. 11) 14.

schrieben^{14; 15}. Indessen stammt das im Science Museum in London aufbewahrte Objekt, wenn-
gleich aus dem Stammgebiet der Etrusker, erst aus der römischen Zeit im 1. Jhd. v.Chr.¹⁶. Und F.
Petrie, einer der besten Kenner der ägyptischen Geschichte, stellt fest, daß die Laufgewichtswaage

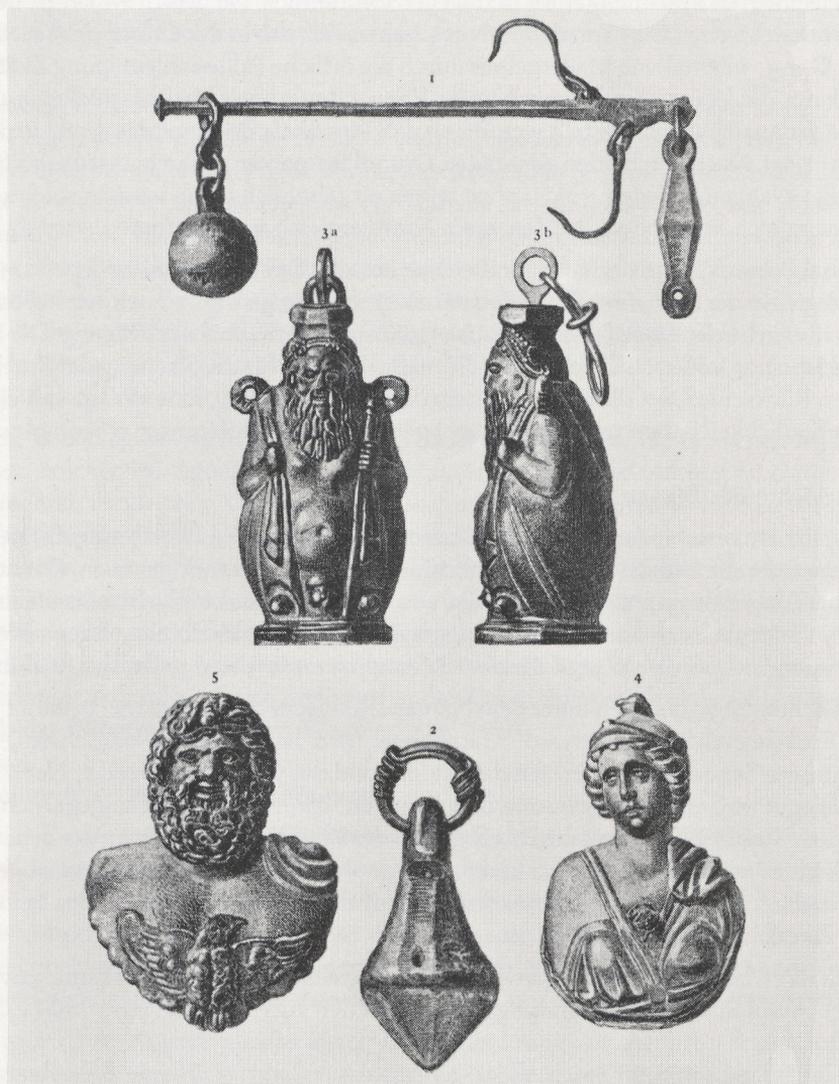


Abb. 1 Laufgewichtswaage (Römische Schnellwaage) und Schiebegewichte. Fundorte: Mainz (1; 2; 4; 5) und Trier (3).

Nach L. Lindenschmitt, *Die Alterthümer unserer heidnischen Vorzeit* 4 (Mainz 1886) Tafel 15

¹⁴ L. Darmstaedter, *Handbuch zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik* (Berlin 1908) 3.

¹⁵ F. M. Feldhaus, *Die Technik – Ein Lexikon der Vorzeit, der geschichtlichen Zeit und der Naturvölker* (Leipzig u. Berlin 1914, 2. Aufl., Nachdruck München 1970) Sp. 1251.

¹⁶ Science Museum, London: Schreiben v. 06.09.1982 an Verf. (Dr. D. Vaughan: Etruscan Steelyard; Inv. No 1937- 132).

vor dem Kontakt mit den Römern in Ägypten unbekannt war¹⁷. Auf zahlreichen Darstellungen an ägyptischen Grabdenkmälern tritt die Waage auch ausschließlich in ihrer zweisehaligen gleicharmigen Form auf¹⁸.

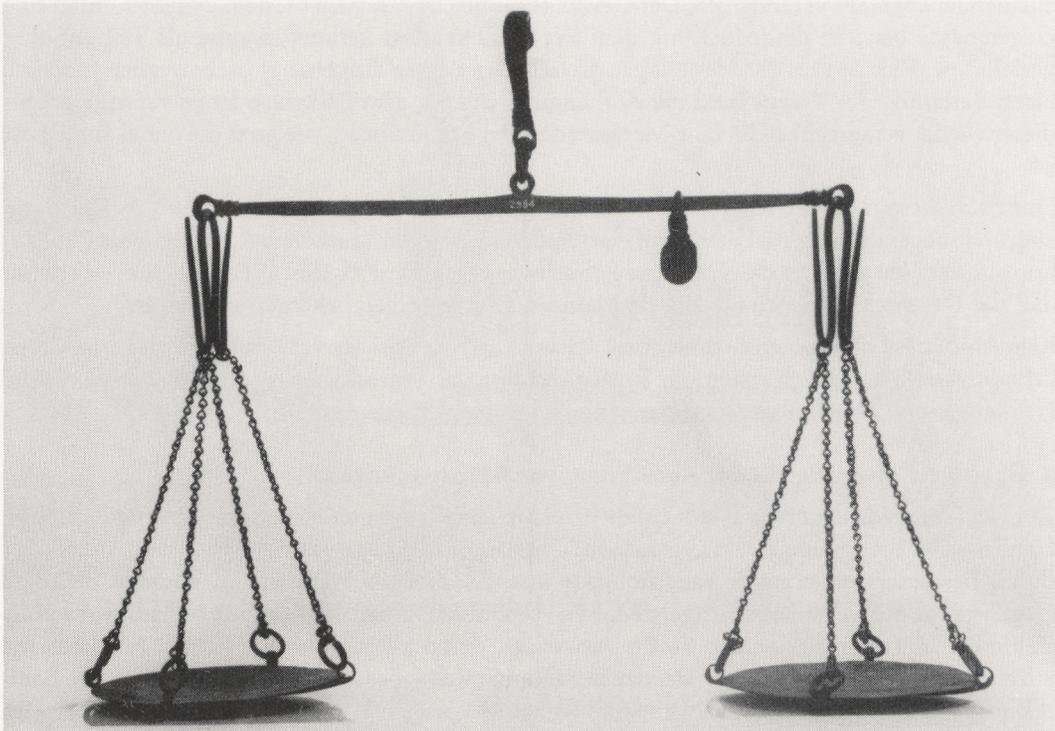


Abb. 2. Symmetrische Zweisehalenwaage mit Laufgewicht; Britisches Museum, London Inv. 1772.3 - 19.3. Fundort nicht bekannt (Aus der Sammlung Hamilton); ähnliches Objekt im Museum Pompeji. Copyright The British Museum, London

Die Römer verstanden es sogar schon, das Prinzip der Gewichtswaage – Ausgleich auf der Gegenschale mit Gewichtsstücken – mit dem der Laufgewichtswaage zu kombinieren. Objekte dieser Art werden in Neapel¹⁹ und im Britischen Museum in London²⁰ aufbewahrt (Abb. 2). Einer der beiden Arme der Waage wurde dazu mit Einkerbungen, in die ein etwa muskatnußgroßes Gewichtsstück eingehängt werden konnte, in gleichem Abstand versehen. Durch diese, bei der späteren wissenschaftlichen Waage als „Reiter“²¹ benannte Vorrichtung ersparte man sich das Hantieren mit den kleinen Gewichtsstückchen und erreichte – jedenfalls aus heutiger Sicht gesehen – einen deutlichen Zeitgewinn. Zudem konnte so der Arbeitsbereich der Waage um etwa eine ganze Dekade erweitert und damit die Wägegenauigkeit entsprechend verbessert werden.

¹⁷ Petrie a.a.O. (s. Anm. 10) 29.

¹⁸ W. Wreszinski, Atlas zur Altägyptischen Kulturgeschichte. Bd. 1 (Leipzig 1923).

¹⁹ Ch. Daremberg – E. Saglio, Dictionnaire des Antiquités grecques et romaines. 5 Bde. (Paris 1877-1919, Nachdruck Graz 1962-63); s. Bd. 3, Teil 2 (L-M), 1226.

²⁰ The British Museum, London: Guide to the Exhibits illustrating Greek and Roman Life (London 1908) 150. Zitiert gem. T. Sheppard – J. F. Musham, Money Scales and Weights (London 1923, reprint London 1975) 5.

²¹ M. Speter, Joseph Black's "Mikrowaage" mit Reiterersatz. Zeitschr. Instrumentenkunde 50, 1930, 204-206.

Eine andere Art von Schnellwaagen stellen Instrumente von der Art des Desemer dar. Dieser ist auch unter der Bezeichnung Bismar oder anderen, ähnlich klingenden Namen bekannt. Wie bei der Laufgewichtswaage ist nur eine Waagschale vorhanden und das Verhältnis der beiden Armlängen zueinander ebenfalls veränderlich. Der Gewichtsausgleich wird auch bei dem Desemer durch eine Gegenmasse bewirkt, die jedoch mit dem Waagebalken fest verbunden oder als Teil von ihm gestaltet ist. Hier ist nun das Hauptlager, an dem der Balken aufgehängt ist, beweglich gestaltet. Nach Belastung der Waage wird die Aufhängung entlang dem Balken so lange verschoben, bis dieser wieder waagrecht steht. Eine Markierung zeigt wiederum an, wie groß die unbekannte Last ist.

Eine nach diesem Prinzip eingerichtete Waage wurde in Chiusi gefunden^{22; 23} (Abb. 3). Das darin zugrunde liegende Prinzip ist besser auf einer anderen Darstellung erkennbar, die aus einer Publikation aus der Neuzeit über die „Dänische Schnellwaage“ stammt²⁴ (Abb. 4). Es gibt Hinweise dafür, daß der Desemer bereits einige Hundert Jahre v. Chr. in Indien bekannt gewesen ist²⁵.

Kein Anlaß besteht dagegen anzunehmen, daß im Altertum Waagen verwendet worden sind, deren Erfindung erst wesentlich später, im Europa der Neuzeit, verwirklicht wurde – insbesondere die Neigungswaage oder die Federwaage.

4. Über die Notwendigkeit der Ausführung von Münzwägungen.

Der Übergang von der Natural- zur Geldwirtschaft hat sich vermutlich dadurch vollzogen, daß die Handelsgüter nicht mehr direkt gegeneinander getauscht wurden; vielmehr glich man ihren Wert durch besonders bevorzugte Tauschobjekte aus. Zu diesem „Naturalgeld“ konnten beliebige Gegenstände aus verschiedenartigem Material bestimmt werden. Im späteren Verlauf wurden als Zahlungsmittel mit Vorliebe solche Stoffe verwendet, deren Wert sich verbreiteter Anerkennung erfreute, vor allem Edelmetalle²⁶. Bei der Bezahlung mußte dieses „Geld“ gewogen werden. Zahlreiche Darstellungen auf ägyptischen Grabdenkmälern zeigen, wie man Wägungen dieser Art im Handelsverkehr ausgeführt hat²⁷ (Abb. 5); auch bei der Eintreibung von Tributen, die den unterworfenen Völkerstämmen auferlegt wurden, verwendete man die Waage.

Zur Erleichterung des Zahlungsverkehrs ging man später dazu über, Münzen von festgelegtem Wert aus Edelmetall zu prägen; Wägungen wurden dadurch überflüssig. Es scheint ziemlich gesichert, daß die ersten Münzen im siebten vorchristlichen Jahrhundert in Kleinasien geprägt worden sind, nämlich aus „Elektron“, einer Legierung aus Gold und Silber (ca. 75 : 25), die auch als

²² E. Pernice, Römische Wage aus Chiusi. *Jahrb. DAI.* 13, 1898, 74 - 79.

²³ Sökeland, Über einen antiken Desemer aus Chiusi und über analoge Desemer. *Zeitschr. Ethnol.* 32, 1900, 327 - 343. – In der zitierten Publikation, bei der es sich um die Wiedergabe eines Vortrags handelt, ist der Vorname des Verfassers nicht angegeben. Es steht lediglich „Hr. Sökeland“ mit Hr. als Abkürzung für „Herr“. In einer englischen Übersetzung in: *Annual Report of the Smithsonian Institution* 1900, 551 - 564, steht als Verfasser: Hermann Sökeland. Man könnte vermuten, daß der Vorname Hermann durch eine Fehlinterpretation aus „Hr.“ entstanden sei. Dies ist jedoch nicht der Fall, wie aus einem Schreiben des Museums für Deutsche Volkskunde, Berlin, v. 21.10.1983 an Verf., hervorgeht. Der richtige Vorname lautet „Hermann“.

²⁴ O. Roemer, *Balance Danoise. Machines et Inventions, approuvées par l'Académie Royale des Sciences* 1 (depuis 1666 jusqu'en 1701), 79 - 80 (Paris 1735). – Ders.: *Histoire de l'Académie Royale des Sciences* 1 (depuis 1666 jusqu'à 1686), 217 (pour L'année 1676; Paris 1733).

²⁵ N. T. Belaiew, *On Bismar in India. Seminarium Kondakovianum* 6, 1933, 137 - 156.

²⁶ L. W. Hofmann, *Alter und Neuer Müntz-Schlüssel* (Nürnberg 1683) 10.

²⁷ Wreszinski a.a.O. (s. Anm. 18).

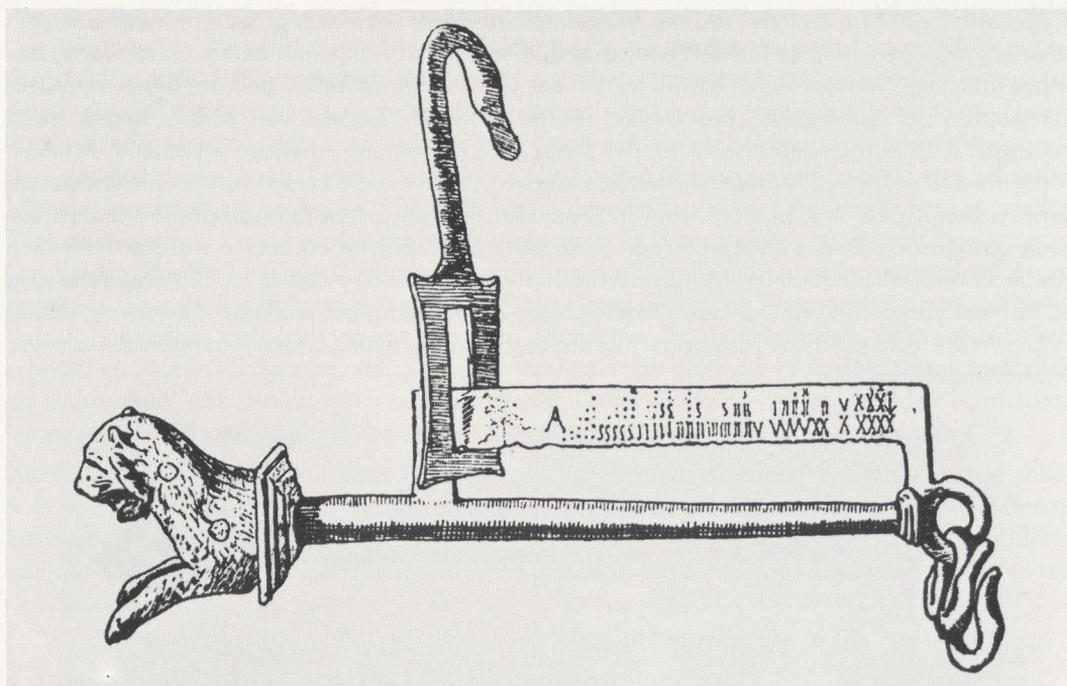


Abb. 3 In Chiusi gefundene Schnellwaage nach dem Prinzip des Desemer (ca. 100 n. Chr.).
Nach Jahrb. DAI. 13, 1898

„Weißgold“ bezeichnet wird²⁸. Die Praxis der staatlichen Münzprägung ging später aus dem östlichen Mittelmeerraum auf die Römer über. Der Silber-Denar wurde zur Grundlage des römischen Münzsystems²⁹. Goldmünzen wurden ebenfalls geprägt, so unter Kaiser Augustus der „Aureus“ und später, im 4. Jhdt., der „Solidus“³⁰.

Nun sind, über die gesamte Geschichte des Geldes hinweg, die Währungssysteme oft von Inflationen begleitet worden³¹. Nach den ersten Münzprägungen blieben die Währungen im Ostmittelmeerraum noch relativ stabil³². Im Römischen Reich dagegen entstanden dann krisenhafte Situationen, wenn die Kontributionen der unterworfenen Völker nicht mehr ausreichten, den für die Unterhaltung des Heeres und die Führung der Abwehrkriege erforderlichen finanziellen Aufwand zu decken³³. Um dem so entstandenen Mangel an Edelmetall zu begegnen, ging man von Staats wegen dazu über, den Wert der Münzen herabzusetzen.

Zwei Alternativen bestanden dazu: Entweder erhöhte man, bei gleich bleibendem Feingehalt, den Münzfuß, so daß die Masse der einzelnen Münze geringer wurde; bekannt ist die von Kaiser Nero

²⁸ M. R.-Alföldi, Antike Numismatik, 2 Bde. (Mainz 1978); hier: Bd. 1, 24.

²⁹ F. Hultsch, Griechische und römische Metrologie (Berlin 1862) 200ff.

³⁰ Th. Mommsen, Geschichte des römischen Münzwesens (Berlin 1860) 900.

³¹ R. Gaettens, Inflationen – Das Drama der Geldentwertungen vom Altertum bis zur Gegenwart (München 1955).

³² E. Nau, Epochen der Geldgeschichte (Stuttgart 1972) 8-19.

³³ J. Porteous, Münzen – Geschichte und Bedeutung in Wirtschaft, Politik und Kultur. Engl. Or. Titel: Coins in History (Frankfurt a.M. 1969) 12.

vorgenommene „Münzreform“, um den Wiederaufbau Roms nach dem großen Brand finanzieren zu können³⁴. Oder man beließ den Münzfuß und setzte den Feingehalt herab. Dazu wurde das edlere mit einem weniger edlen Metall legiert: das Gold meist mit Silber und das Silber vor allem mit Kupfer; der Silbergehalt des Denars wurde so durch Zugabe von Kupfer immer mehr verringert³⁵. Es verwundert also nicht, daß heute vorgenommene Analysen an antiken Münzen völlig unterschiedliche Zusammensetzungen ergeben. Auch andere Legierungsmetalle finden sich darin, neben Kupfer in kleineren Anteilen Zinn oder Blei. Im Extremfall weisen die Münzen nur noch geringe Gehalte des ursprünglichen Edelmetalls auf³⁶. Solche Techniken wurden denn auch von nicht offiziell anerkannten Münzverschlechterern ausgeübt, so daß es im Einzelfall schwierig ist, auf analytischem Wege zu entscheiden, ob die Zumischung auf amtliche Anweisung erfolgte. Gegen die nicht-amtliche Münzverschlechterung wurden freilich Gesetze erlassen, die schwere Strafen androhten³⁷.

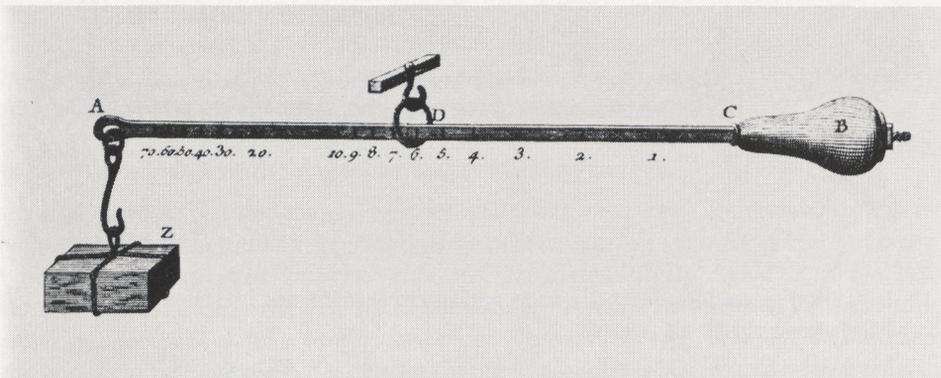


Abb. 4 Desemer (Bismar; Dänische Schnellwaage) mit beweglichem Hauptlager und feststehendem Gegengewicht.

Nach Olaf Roemer, *Machines et inventions approuvées par l'Académie Royale des Sciences* Tome 1 (avant 1669)

Das Zumischen anderer Metalle führt nun dazu, daß die Färbung der so hergestellten Legierung von derjenigen des Edelmetalls abweicht: Gold, dem man Silber zulegiert hat, erscheint deutlich heller („Weißgold“ oder „Blaßgold“). Silber mit beigemischem Kupfer nimmt eine mehr oder weniger rötliche Färbung an. Man mußte also die minderwertige Münze — oder bereits den noch nicht geprägten Schrötling — nachträglich behandeln, um sie äußerlich genau so erscheinen zu lassen wie das unverfälschte Original. Zwei prinzipiell verschiedene Verfahrensweisen sind dazu möglich: Wenn in der Legierung noch ausreichend Edelmetall enthalten ist, kann man es in der Oberflächenschicht dadurch anreichern, daß man das Fremdmittel herauslöst. Ist in dem Imitat jedoch kaum noch Edelmetall vorhanden, wird man es nachträglich aufbringen müssen.

³⁴ Hultsch a.a.O. (s. Anm. 29) 213ff.

³⁵ K. Walker, *Das Geld in der Geschichte* (Lauf b. Nürnberg 1959) 17.

³⁶ L. H. Cope, *The Metallurgical Analysis of Roman Imperial and Aes Coinage*, 3-47 in: E. T. Hall u. D. M. Metcalf (Ed.): *Methods of Chemical and Metallurgical Investigation of Ancient Coinage* (London 1972).

³⁷ H. Dannenberg, *Grundzüge der Münzkunde* (Leipzig 1912; 3. Aufl.; hrsg. v. F. Friedensburg), 11. – Vgl. R.-Alföldi a.a.O. (s. Anm. 28) 26.

Aus der Literatur der Antike sind kaum Auskünfte darüber zu entnehmen, in welcher Weise solche „Verbesserungen“ ausgeführt worden sind. In der heutigen Literatur dagegen lassen sich verschiedene Erklärungen dafür auffinden, wie man dabei vorgegangen sein könnte. Es besteht Grund zur Annahme, daß man, etwa im 3. nachchristlichen Jahrhundert, aus den legierten Denaren das Kupfer durch „Weißsieden“ aus der Oberfläche entfernt hat³⁸ – und zwar in prinzipiell gleicher Weise, wie es in der später erweiterten Fassung der 1544 erstmals erschienenen „Weltchronik“ von Sebastian Münster beschrieben worden ist³⁹. Sicherlich geht dessen Darstellung auf bereits lang ausgeübte Techniken zurück: Zuerst wurde die Münze solange erhitzt, bis das Kupfer durch Oxydation zu CuO in der Oberfläche schwarz wurde. Dann wurden die Metallstücke in einem siedenden Flüssigkeitsbad (daher die Bezeichnung „Weißsieden“) aus einer Lösung von Weinstein (Kaliumhydrogen-tartrat) behandelt; vielleicht verwendete man auch eine der damals bereits bekannten sogen. schwachen Säuren (Essigsäure oder Zitronensäure) oder gab diese der Weinsteinlösung zusätzlich zu. Dieser „Sud“ war also schwach sauer eingestellt. Dabei wurde das vorher gebildete Kupferoxid herausgelöst und eine dünne Silberschicht freigelegt.

Auch zur Behandlung stark legierter Goldmünzen scheint man eine dem Weißsieden vergleichbare Prozedur gekannt zu haben⁴⁰: Man erhitzte sie mit einer Mischung aus Kochsalz, entwässertem Eisensulfat und Ziegelmehl zur schwachen Rotglut. Dabei schmolz das entstandene Silberchlorid und diffundierte in das Ziegelmehl hinein, wodurch die Oberfläche der Münze das Aussehen reinen Goldes erhielt.



Abb. 5 Ägyptische symmetrische Zweisohlenwaage im Handelsverkehr. Wandfreske (Original in Farbe) von Grab in Theben, XVIII. Dynastie (ca. 1400 v. Chr.)

³⁸ L. H. Cope, Surface-silvered Ancient Coins, 261-278 in: E. T. Hall u. D. M. Metcalf (s. Anm. 36).

³⁹ S. Münster, Cosmographie (Basel 1578) 3. Buch, 800, Cap. 297 (in späteren Ausgaben abweichende Capitelanordnung).

⁴⁰ A. Neuburger, Die Technik des Altertums (Leipzig 1919; 4. Aufl.; Ndr. Leipzig 1977) 64.

An anderer Stelle wird angegeben, das Weißsieden sei so ausgeführt worden, daß man das Imitat aus Kupfer (oder einer seiner Legierungen) in heiße Silbercyanid-Lösung eingegeben habe, wobei ein hauchdünner Überzug aus Silber abgeschieden worden sei⁴¹. Man müßte dazu voraussetzen, daß die Herstellung von Cyankali (aus Blutlaugensalz?) bekannt gewesen ist. Jedoch wird man diese Technik bereits dem als zweites genannten Verfahren zuordnen müssen, nämlich dem nachträglichen Überziehen mit einer Edelmetallschicht.

Was dann dieses Aufbringen von Edelmetallen angeht, erscheint ziemlich gesichert, daß man imstande war, Metallobjekte sowie andere Materialien mit dünnen Folien davon direkt zu beschichten – eine Methodik, die man als „Füttern“ des minderwertigen mit dem edleren Metall und gelegentlich auch als „Zementieren“ bezeichnet⁴². Das durch fortgesetztes Hämmern zu dünnem Blattgold oder Blattsilber ausgeschlagene Edelmetall findet sich an vielen Stellen bereits aus vorgeschichtlicher Zeit⁴³. Nach antiken Quellen hat man auch schon das Verfahren der Feuervergoldung mit Hilfe von Goldamalgam gekannt⁴⁴. Nach Y. Meshorer hat man dieses zum Füttern von Münzen verwendet und ist dabei so vorgegangen, daß man die Imitation zuerst mit Quecksilber überzogen hat. Man brachte sodann eine dünne Schicht feingepulverten Edelmetalls auf und erhitzte. Es entstand dabei eine gleichmäßige Verteilung des so hergestellten Amalgams auf der Oberfläche. Dann verdampfte das Quecksilber, und das Edelmetall bildete jetzt einen glatten Überzug auf der Imitation⁴⁵. Ungefährlich dürfte indessen der Umgang mit dem verdampfenden Quecksilber kaum gewesen sein, ebensowenig wie auch der mit einer siedenden Cyanidlösung – vorausgesetzt, daß man überhaupt damit gearbeitet hat.

Es gibt auch Hinweise dafür, daß es in der Antike bereits Leute gegeben hat, welche die Münzen durch Beschneiden und Abfeilen leichter zu machen wußten – Praktiken, die auch später, z.B. in der sogenannten „Kipper- und Wipperzeit“ des 17. Jahrhunderts, üblich waren⁴⁶. Anderenfalls wäre es nicht erforderlich gewesen, Gesetze zu erlassen, nach denen Leuten, welche die Fälschung und Gewichtsverminderung von Münzen betrieben, die Todesstrafe angedroht wurde. Schließlich konnte die Masse einer Münze noch durch andere Einflüsse reduziert werden: das relativ weiche Gold unterliegt bei ständigem Umlauf einem gewissen Schwund durch Abnutzung.

Als Folgerung dieser verschiedenen Einflußmöglichkeiten auf die Münzen blieb nichts anderes übrig, als zu der Verfahrensweise zurückzukehren, wie sie vor Einführung der Münzprägung üblich gewesen war, nämlich den Wert des Geldes durch Wägung zu bestimmen. Darüber hinaus wird es erforderlich gewesen sein, die Münzen darauf zu prüfen, ob ihr Kern aus dem gleichen Metall bestand wie ihre äußere Schicht. Durch Anritzen versuchte man deshalb, „oberflächenvergütete“ Münzen festzustellen⁴⁷. Und dann wird man bald erkannt haben, daß die Bestimmung der Dichte Aufschluß erteilt über minderwertige Kern- oder Legierungsmetalle. Deren Dichte ist ja durchweg geringer als die des unlegierten edleren Metalls. So mag die Legende von der Krone des Hiero, an der Archimedes die Dichte bestimmt hat, in ihrer Sentenz darauf beruhen, daß es zur Zeit des Vitruvius bekannt war, wie man Edelmetalle durch Legieren verfälschen konnte⁴⁸.

⁴¹ Lexikon der Antike (Hrsg.: J. Irmscher; Berlin u. Leipzig 1977, 2. Aufl.) 368.

⁴² W. Giesecke, Antikes Geldwesen (Leipzig 1938) 162–163.

⁴³ Lexikon der Antike (s. Anm. 41) 93.

⁴⁴ Neuburger a.a.O. (s. Anm. 40) 33ff. u. 64ff.

⁴⁵ Y. Meshorer, Münzen – Zeugen der Vergangenheit (Köln 1979) 24.

⁴⁶ H. Rittmann, Deutsche Geldgeschichte 1484–1914 (München 1975) 223–246.

⁴⁷ R.–Alföldi a.a.O. (s. Anm. 28) 26.

⁴⁸ Vitruvius; De architectura libri X; z.B. in Übersetzung von J. Prestel: Zehn Bücher über Architektur (3. Aufl., Baden-Baden 1974). In Vorrede zu Buch IX: Bericht über die Krone des Hiero.

Aus der Literatur geht hervor, daß bei den Römern die Wägung von Münzen und Edelmetallen recht häufig ausgeführt worden ist – vor allem im Zeichen des fortschreitenden Währungsverfalls im 3. und 4. Jahrhundert⁴⁹. Man hatte bestimmte Waagen, um das Gold zu wägen und wieder andere für das Silber⁵⁰. Die Bedeutung der Münzprägung und -wägung erhellt auch daraus, daß diese unter dem besonderen Schutz einer Göttin standen: Die Münzstätte befand sich auf dem Capitol, beim Tempel der Juno Moneta⁵¹. Man hat römische Münzen gefunden, auf denen die Juno Moneta beim Wägevorgang bildlich dargestellt ist⁵².

5. Fragmente von römischen Waagen für empfindliche Wägungen aus dem Rheinischen Landesmuseum zu Trier.

Die Bestände des Rheinischen Landesmuseums zu Trier sind reich an Fundstücken aus der Römerzeit. Trier war, als Bindeglied zwischen der Militärzone am Rhein und dem Inneren des wirtschaftlich erschlossenen Galliens, in der mittleren Kaiserzeit Sitz bedeutender Behörden und ein Verkehrs- und Handelspunkt ersten Ranges innerhalb des Imperiums. Bei der Neugliederung unter Diokletian, gegen Ende des 3. Jahrhunderts, wurde „Treveris“ eine der vier Hauptstädte des Römischen Weltreiches. In der Folgezeit wurde es Kaiserresidenz und war für mehr als 100 Jahre Sitz der Staatsverwaltung („Präfektur“) und damit militärisches und politisches Zentrum des Weströmischen Reiches^{53, 54}. So ist es nicht zu verwundern, daß unter den Bronzen des genannten Museums auch eine Anzahl von Waagen vorhanden ist (insgesamt etwa 10 Stück); sicherlich sind diese im Handels- und Wirtschaftsverkehr verwendet worden.*

Durchweg handelt es sich um Fragmente von mehr oder minder gutem Erhaltungszustand. Vorhanden ist der Waagebalken – der zentrale Teil jeder Waage – teilweise in korrodierter oder beschädigter Form. Schalen samt Aufhängevorrichtung am Balken (Schnur, Draht oder Kette) fehlen bei den meisten. Bisher sind diese Objekte noch nicht näher beschrieben oder untersucht worden. Von den Waagen aus Trier ist lediglich eine etwas größere Laufgewichtswaage aus Bronze bekannt geworden⁵⁵. Mehrfach abgebildet wurde auch das Flachrelief auf einem zu Neumagen gefundenen Grabdenkmal, das eine ziemlich große Laufgewichtswaage im Gebrauch zeigt⁵⁷. Anschließend sollen nur diejenigen gleicharmigen Waagen vorgestellt werden, die zur Wägung von Edelmetallen oder Münzen benutzt worden sein könnten, also die besonders kleinen oder teilweise sehr fein ausgeführten Instrumente. Die größeren (mit Waagebalken von etwa 50 g und darüber) sollen außerhalb der Betrachtung bleiben. Auch wenn es möglich war, an ihnen ebenfalls Wägungen mit relativ großem Auflösungsverhältnis vorzunehmen, sind an ihnen keine konstruktiven Besonderheiten vorhanden.

* Der Anteil der durch Ausgrabungen aufgefundenen gegenüber den ehemals insgesamt vorhanden gewesenen Gegenständen dürfte relativ klein sein; er wird zu deutlich unterhalb einem Promille liegend geschätzt⁵⁵.

⁴⁹ Ibel a.a.O. (s. Anm. 1).

⁵⁰ L. Lorenzi, *Sopra le Bilancie degli Antiche. Saggi di Dissertazioni Accad. Pubblicamente lette nella Nobile Accademia Etrusca* I, 1735, 93-102 (= Diss. IX).

⁵¹ R.-Alföldi a.a.O. (s. Anm. 28) 154.

⁵² Lorenzi a.a.O. (s. Anm. 50).

⁵³ H. Eiden, *Die spätromische Kaiserresidenz Trier im Lichte neuer Ausgrabungen*. In: *Trier – Ein Zentrum abendländischer Kultur*, hrsg. v. Rhein. Verein f. Denkmalspflege und Heimatschutz (Neuß 1952) 7-26.

⁵⁴ G. Kantenich, *Trier – seine Geschichte und Kunstschatze* (2. Aufl., Trier 1933).

⁵⁵ Dr. W. Binsfeld, *Rheinisches Landesmuseum, Trier: Persönliche Mitteilung* v. 18.01.1983.

⁵⁶ Vieweg a.a.O. (s. Anm. 11) 15.

⁵⁷ Neuburger a.a.O. (s. Anm. 40) 209.

(1) Fundort unbekannt; ohne Inventarnummer (Abb. 6 u. 6a).

Der Waagebalken aus Bronze ist 32 g schwer und 270 mm lang und verjüngt sich kontinuierlich nach den Enden. Über die gesamte Länge ist er von kreisförmigem Querschnitt; der Durchmesser in der Nähe der Mittelachse beträgt 4,7 mm, in der Nähe der Schalenaufhängung 2,7 mm. Nach den Enden zu ist der Balken durch ornamentartig erscheinende Wülste verstärkt. Er setzt sich dann beidseitig in lochförmigen Erweiterungen von etwa 3 mm Durchmesser fort, die in seiner senkrechten Schnittebene liegen: die Lager für die klassische „Ring und Loch“-Aufhängung der Schalen („Classical ring and hole pivot“ nach L. Sanders⁵⁸).

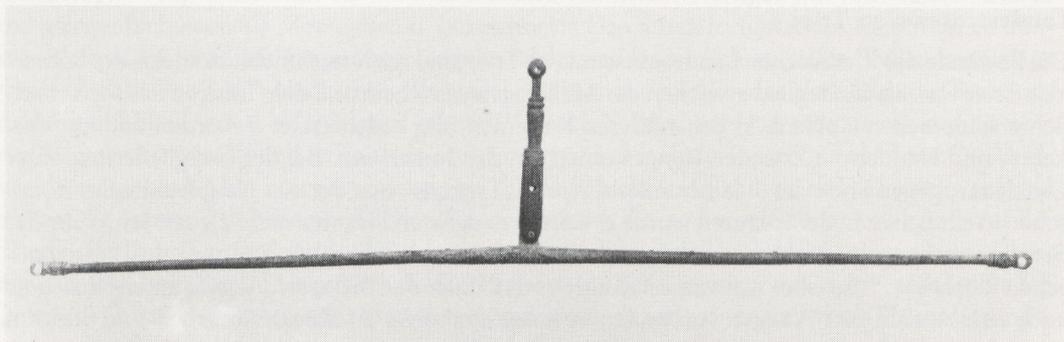


Abb. 6 Waagebalken aus Bronze mit Zeiger und Schere für feinere Wägungen. Unterteilung in 12 resp. 24 Abschnitte. Trier, Landesmus. ohne Inv. Foto Verf.



Abb. 6a Wie Abb. 6; von oben gesehen. Foto RLM. Trier RE. 83, 42/19

Auf seiner Oberseite ist der Waagebalken beidseitig mit kleinen Einbohrungen von etwa 1 mm Durchmesser und Tiefe versehen. Auf dem einen Hebelarm sind 11, auf dem anderen 23 kleine Löcher vorhanden; dadurch entstehen auf dem Balken 12 resp. 24 gleiche Abschnitte. Ein Teil der Löcher ist mit einer metallisch erscheinenden Füllung versehen, die ein wenig aus dem Loch herausragt; bei den restlichen sind diese Stifte vermutlich verloren gegangen.

In der Mitte geht der Waagebalken nach oben in einen dünnen, trapezförmigen Fortsatz über, der sich dann in den Zeiger der Waage verlängert; allerdings ist dieser nach etwa 15 mm abgebrochen. An dem Fortsatz ist, in einer Höhe von 5 mm oberhalb der Mitte des Balkens, ein runder Metallstab als Drehachse befestigt; diese steht also nach vorne und hinten senkrecht von dem Fortsatz ab. Die Drehachse der Waage ist nun in der sogenannten Schere gelagert, die ihrerseits aus zwei Ästen von je 22 mm Länge und einem sich daran anschließenden Haltegriff von 28 mm Länge besteht. Dieser obere Teil der Schere ist ebenfalls ornamentartig gestaltet und mit einer Durchbohrung versehen, an der man offenbar die ganze Waage aufhängen konnte. Am unteren Teil von jedem der

⁵⁸ L. Sanders, Evolution of the Pivot, with special reference to Weighing Instruments. Transactions Newcomen Soc. for the Hist. of Eng. and Technol. 24, 1943-45, 81-87.

beiden Äste der Schere befindet sich, als Lager für die Drehachse, eine kreisförmige Aussparung. Zum Wägen hält man also die gesamte Waage an der Schere in der Hand oder hängt sie an geeigneter Stelle auf, um so noch ruhiger arbeiten zu können; die Drehachse soll sich dabei möglichst reibungsfrei im Hauptlager drehen. Besonders bemerkenswert ist noch, daß jeder der beiden Äste der Schere 15 mm über dem Balken mit einem kreisrunden Loch von 1,8 mm Durchmesser versehen ist. Und das ist genau die Höhe, an welcher der in der Schere spielende Zeiger abgebrochen ist. Man erkennt noch an der Bruchstelle des Zeigers, daß er an genau dieser Stelle ebenfalls eine Durchbohrung gehabt haben muß.

(2) Fundort: Trier, Altbachtal; Inv. ST. 11804 (Abb. 7).

Der Waagebalken aus Bronze ist von weitgehend gleicher Art wie der nach (1), einschließlich der ornamentartigen Verstärkung an der Schalenaufhängung, insgesamt jedoch kleiner. Der Zeiger scheint, insoweit ein solcher vorhanden gewesen ist, direkt am Ansatz abgebrochen; eine Schere ist nicht (mehr?) vorhanden. Der Balken ist 230 mm lang und 15 g schwer; allerdings hat er nicht mehr die ursprüngliche symmetrische Form, sondern ist etwa am zweiten Drittel des einen Arms in einem

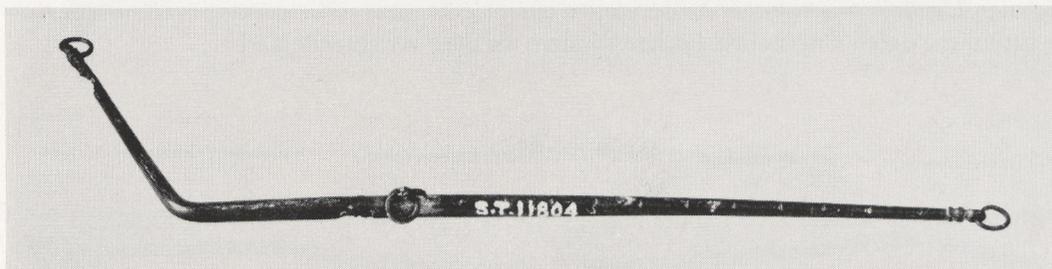


Abb. 7 Waagebalken, Trier, Landesmuseum Inv. ST. 11804. Foto RLM. Trier RE. 83,42/37

Winkel von etwa 60° nach unten abgeknickt. Der Durchmesser an der Mittelachse ist 4,2 mm, der an den Balkenenden 2,5 mm; die mittlere Drehachse liegt etwa 4 mm höher als die Längsachse des Balkens. Der unbeschädigte Arm des Balkens ist, in gleicher Form wie bei (1), durch 11 Einbohrungen in 12 Abschnitte unterteilt; der andere ist nicht abgeteilt.

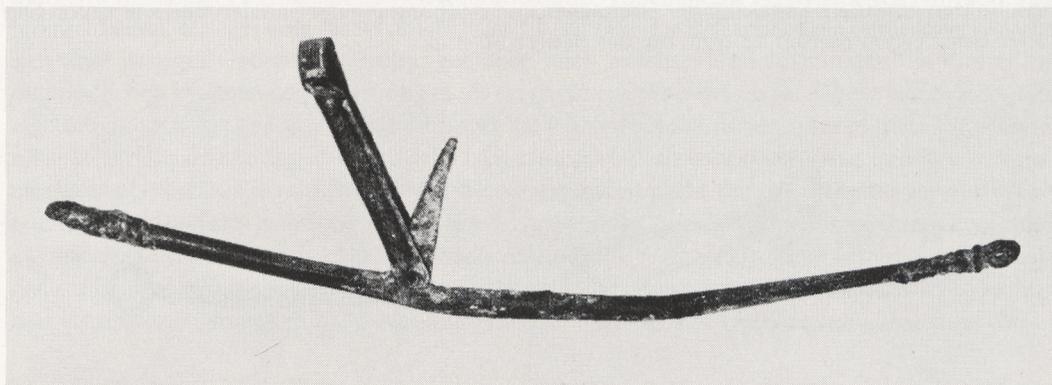


Abb. 8 Waagebalken, Trier, Landesmuseum Inv. ST. 1488. Foto RLM. Trier RE. 83,42/45

(3) Fundort: Trier; Inv. ST. 1488 (Abb. 8).

Der Waagebalken aus Bronze ist nicht mehr ganz vollständig; an dem einen Ende ist er abgebrochen. Die (Gesamt)-Länge beträgt 170 mm, die Masse (einschließlich Zeiger und Schere) 13 g. An der Mitte ist die Höhe des Balkens mit 4,0 mm größer als seine Breite mit 3,1 mm; an den Enden ist der Durchmesser des hier kreisförmigen Querschnitts 2,9 mm. Die Schere ist 45 mm und der Zeiger 30 mm lang; Durchbohrungen wie bei (1) sind nicht vorhanden. Die Schalenaufhängung ist wiederum diejenige der „ring and hole“. Die Drehachse des Balkens ist rund und in der gleichfalls kreisförmigen Pfanne am unteren Teil der Schere gelagert. Das Drehlager des Balkens liegt 5 mm über seiner Längsachse.

(4) Fundort: Trier, in der Mosel; Inv. G.T. 16 (Abb. 8a).

Der Waagebalken aus Bronze ist 250 mm lang und 12 g schwer. Zeiger und Schere sind nicht (mehr?) vorhanden. Der Durchmesser des kreisförmigen Balkens ist in der Mitte 3,2 mm und an den Enden 2,2 mm. Mit 4 mm über der Mitte des Balkens ist die runde Drehachse genau so gelagert wie auch bei den anderen Objekten; ebenfalls gleich ist die „ring and hole“-Aufhängung für die Schalen. Der Balken hat eine einseitige, nicht mehr gut erkennbare Graduierung in 10 Abschnitte – jedoch nicht durch eingebohrte Löcher, sondern als quer verlaufende Kerben.



Abb. 8a Waagebalken, Trier Landesmuseum Inv. G.T 16. Foto RLM. Trier RE. 83,42/51

(5) Fundort: Trier, Glockenstraße; Inv. ST. 6023 (Abb. 9).

Bei diesem Waagebalken aus Bronze von 100 mm Länge und 6 g (Gesamt)-Masse sind Zeiger und Schere vorhanden. Auf der einen Seite ist er an der Schalenaufhängung abgebrochen. Ähnlich wie bei (3) ist die Höhe des Balkens mit 3,2 mm in der Mitte größer als die Breite mit 2,6 mm. Mit 2,5 mm Durchmesser ist der Querschnitt an den Enden wieder kreisförmig. Der Balken ist beidseitig in je 12 Abschnitten graduert. Lagerung der Drehachse und Aufhängung der Schalen sind wie zuvor. Die Länge des Zeigers beträgt 15 mm, die der Schere 30 mm.

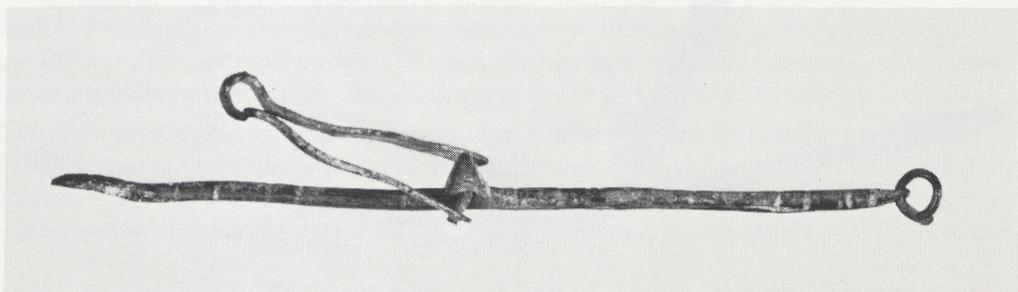


Abb. 9 Waagebalken, Trier, Landesmuseum Inv. ST. 6023. Foto RLM. Trier RE. 83,42/31

(6) Fundort: unbekannt; ohne Inventarnummer (Abb. 10).

Der Waagebalken aus Bronze ist 160 mm lang und 7 g schwer. Zeiger und Schere sind nicht (mehr?) vorhanden. Der Durchmesser des runden Balkens ist in der Mitte 2,9 mm und an den verjüngten Enden 2,0 mm. Lagerung der Drehachse in kreisrunder Pfanne und Schalenaufhängung sind wie bei den vorher beschriebenen Objekten. Der Balken ist ebenfalls unterteilt, und zwar beidseitig in 24 Abschnitte. Besonders auffällig erscheint, daß – abweichend von allen anderen hier vorgestellten Waagefragmenten – das Ende des Balkens in eine Spitze ausläuft.

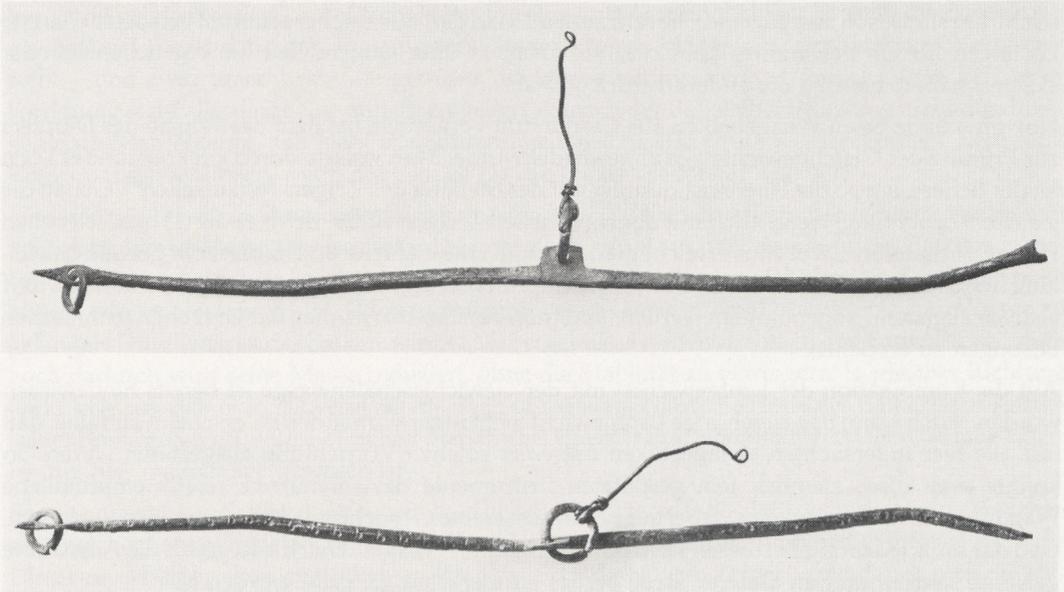


Abb. 10 Waagebalken, Trier, Landesmuseum o. Inv. Foto RLM. Trier, RE. 83, 78/1-2

6. Technische Besonderheiten empfindlicher römischer Waagen.

Bei Publikationen, die sich bisher mit der antiken Wägetechnik befaßt haben, sind zumeist Überlegungen allgemeiner Art maßgeblich gewesen. So haben vor allem die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten, die sich vom Hebel ableiten, im Blickpunkt der Betrachtungen gestanden. Man hat sich aber weniger Gedanken darüber gemacht, nach welchen Gesichtspunkten die Römer ihre empfindlichen Waagen hergestellt haben. Es mag wissenswert sein, ob sie dabei mehr oder minder willkürlich vorgegangen sind oder bestimmte Richtlinien befolgt haben, um optimale Wägeregebnisse zu erreichen. Die Ergebnisse der Untersuchung von Nowotny⁵⁹ zeigen allerdings, daß man bereits beachtliche mechanische Vorrichtungen erfunden hatte, die das Arbeiten an der Waage erleichtern oder dazu beitragen sollten, durch verbesserte Anzeigeelemente genauere Ergebnisse zu erreichen. Nowotny versuchte dann noch, die zeitliche Abfolge einzelner Erfindungen festzulegen – z.B. die des Zeigers der Waage (das „Zünglein“) etwa in das zweite nachchristliche Jahrhundert einzuordnen. Indessen hatte Nowotny zu den, nach seinem Untersuchungsergebnis, nur als

⁵⁹ Nowotny a.a.O. (s. Anm. 4).

Ausnahme auftretenden spätrömischen Züngleinwaagen auch diejenigen gerechnet, deren Waagebalken nach oben umgeklappt werden konnten. Nach H. Steuer⁶⁰ sind diese Klappwaagen jedoch dem Hohen Mittelalter zuzuordnen.

Wie mag es nun möglich sein, aus den hier ermittelten Daten Erkenntnisse zu gewinnen, die über die bereits vorhandenen hinausgehen? An die in der Einleitung bereits genannte Möglichkeit, Analogieschlüsse gegenüber zu späterer Zeit hergestellten empfindlichen Waagen zu ziehen, sei erinnert. Hier soll jedoch darauf verzichtet werden, zeitliche Zuordnungen zwischen einzelnen Konstruktionsmerkmalen zu gewinnen – schon deswegen, weil das vorliegende Material nicht ausreicht, um statistisch ausreichend relevant zu sein. Man darf auch sicher sein, daß verschiedenartige Lösungen für ein bestimmtes konstruktives Problem über längere Zeit hinweg nebeneinander existiert haben, bis eine die andere verdrängt hat.

Nowotny hatte einen Waagebalken aus Carnuntum vorgestellt, bei dem das Prinzip des Diopters zur Prüfung der Gleichgewichtslage angewendet wurde: Man visierte durch ein kreisrundes Loch an der Schere, um so die Übereinstimmung mit der Stellung des Zeigers festzustellen⁶¹. Genau die gleiche Vorrichtung, wenn auch mit abgebrochenem Zeiger, ist bei der hier als (1) beschriebenen Waage vorhanden. Zweifellos erreicht man dadurch eine einfache und dabei recht genaue Einstellung der Gleichgewichtslage. Das Bestreben, empfindlich und damit genau wägen zu können, darf also als allgemein angenommen werden; und man verstand auch, dies mit einfachen technischen Lösungen zu erreichen.

Auf die Kombination der Laufgewichts- mit der Gewichtsschalenwaage ist bereits hingewiesen worden. Auch wenn das zugehörige Laufgewicht nicht mehr vorhanden ist, erscheint auffällig, daß fast alle hier untersuchten Waagebalken mit einer solchen Vorrichtung ausgestattet waren. So konnte man diese ziemlich fein gestalteten Instrumente dazu benutzen, relativ empfindliche Wägungen auszuführen, ohne dabei auf besonders kleine Gewichtsstückchen angewiesen zu sein. Und das muß, jedenfalls bei diesen klein dimensionierten Waagen, eher die Regel als die Ausnahme gewesen sein, worauf an anderer Stelle bereits aufmerksam gemacht worden ist^{62, 63}.

Aus den bisher bekannt gewordenen Abbildungen geht nun hervor, wie der Waagebalken abgeteilt worden ist: Man hat auf ihm Einkerbungen angebracht, um in diese das Laufgewicht einhängen zu können – ganz analog wie für den „Reiter“ der bis heute verwendeten mechanischen Waagen. In dieser Weise sind auch einige Waagebalken in Trier geteilt. Warum sind andere jedoch mit feinen, wieder aufgefüllten Einbohrungen versehen worden? Zweifellos bewirkt eine Einkerbung bei einem nur 2-3 mm „starken“ Waagebalken, daß hier eine besonders instabile und bruchanfällige Stelle entsteht. Durch das anschließende Auffüllen der angebohrten Teilungsmarkierung ist somit die ursprüngliche Stabilität wieder gewonnen worden. Daraus ist erkennbar, daß man den Balken ganz bewußt so fein hergestellt hat und dabei bis an die Grenze einer gerade noch vertretbaren Festigkeit gegangen ist – und dies sicherlich in genauer Kenntnis der Bedingungen, um eine optimal leistungsfähige Waage herzustellen.

⁶⁰ H. Steuer, Zusammenklappbare Waagen des Hohen Mittelalters. Archäol. Korrespondenzblatt 7, 1977, 295-300.

⁶¹ Nowotny a.a.O. (s. Anm. 4).

⁶² Nowotny a.a.O. (s. Anm. 4) 20.

⁶³ M. Lazzarini, Le Bilance romane del Museo Nazionale e dell' Antiquarium comunale di Roma. Atti della Accademia Nazionale dei Lincei, Classe di Scienze Morali, Storiche e Filosofiche, 8. Seria, 3, 1948, 221-254.

Eine „Theorie der Waage“ ist erst in neuerer Zeit, im 18. Jahrhundert, in mathematischer Form aufgestellt worden⁶⁴. Die Praktiker wußten freilich schon früher, was zu beachten war, damit die Waage einwandfrei funktionierte. Daß die beiden Arme des Balkens so gleich wie nur möglich sein sollten, leuchtet ein: Nur dann entspricht die Masse des Wägegutes derjenigen der aufgelegten Gewichtsstücke. Für die praktische Brauchbarkeit der Waage ist dann vor allem wichtig, daß man an ihr möglichst geringe Unterschiede der zu bestimmenden Masse erkennen kann: Sie darf nicht träge, sie muß ausreichend beweglich und damit empfindlich sein – und dies nicht nur ohne, sondern auch unter voller Belastung. Selbstverständlich müssen dazu die Drehelemente höchst reibungsfrei gelagert sein. Ganz entscheidend für eine gute Empfindlichkeit ist auch die Gestaltung des Balkens. Sie ist dann gut, wenn dessen Länge zu seiner Masse in einem optimalen Verhältnis steht – und zwar umso besser, je geringer die Masse bei hinreichend großer Länge ist. Dieser Forderung steht allerdings eine andere entgegen, wonach der Balken bei Belastung nicht durchbiegen darf. Man erkennt, daß nicht alle Forderungen gleichzeitig erfüllt werden können: Man muß Kompromisse schließen, wenn die Waage für die Praxis brauchbar sein soll.

Und genau über diese Zusammenhänge mußten sich die Konstrukteure der feineren Waagen in der Spätantike im klaren gewesen sein; dies geht einwandfrei aus der Gestaltung des Balkens, insbesondere aber aus der hier beschriebenen Markierung für das Laufgewicht hervor. So deuten noch andere Merkmale darauf hin, daß man bestrebt war, zu einer optimal leistungsfähigen Waage zu gelangen. Durchweg ist der Balken, wie die Meßergebnisse ausweisen, nach den Enden zu verjüngt; auch dadurch wird seine Masse reduziert, ohne die Stabilität zu verringern. In gleicher Richtung wirkt sich aus, daß man teilweise bereits dazu übergegangen ist, die Höhe des Balkens auf Kosten seiner Breite zu vergrößern. Betrachtet man ihn als einen Träger, wird man verstehen, welche Überlegung hier maßgeblich gewesen ist.

So mag der spitz auslaufende Waagebalken bei (6) ein weiteres Indiz dafür sein, daß man versuchte, zu einer höchst vollendeten Wägetechnik zu gelangen. Vom Drehpunkt aus gemessen ist ja die Länge eines Balkenarms wesentlich größer als die der damaligen Zeiger – und damit auch die entsprechende Bogenlänge während des Schwingungsvorgangs. Wenn man jetzt die Gleichgewichtslage an dem Balken einstellte, konnte man auf einen Zeiger ganz verzichten und erreichte trotzdem eine bessere Empfindlichkeit. Voraussetzung dazu mußte sein, daß man gegenüber einer Horizontalen im Hintergrund beobachten konnte.

Vermutet werden darf, daß in irgendeiner Form Richtlinien bestanden haben, nach denen die römischen Feinmechaniker ihre Waagen gefertigt haben. Schade, daß diese nicht erhalten geblieben sind. Vielleicht würde man erkennen, welch erstaunliche Übereinstimmung zu solchen Anweisungen besteht, die um viele Jahrhunderte später als neue Erkenntnisse aufgestellt worden sind.

Es sei noch bemerkt, daß in dem peripatetischen Werk „Mechanica“ oder „Mechanische Probleme“, das Aristoteles zugeschrieben wird, bereits eine Art Vorstufe für eine Theorie der Waage enthalten ist: In Kapitel 1 über „Das Prinzip der ungleichen konzentrischen Kreise“ wird abgeleitet, daß Waagen mit langem Balken genauer seien als kurzarmige – und zwar deswegen, weil der Ausschlag besser erkennbar sei. – Teilweise wird bezweifelt, daß die *Mechanica* tatsächlich ein Werk des Aristoteles sind; nach der kritischen Untersuchung von Krafft^{64a} sind sie jedoch bereits ein Frühwerk. – Nach den in den *Mechanica* geführten theoretischen Überlegungen müßte also der

⁶⁴ L. Euler, *Disquisitio de bilancibus*. *Comment. Acad. Scient. Imp. Petropol.* 10, 1738, 3-18 (St. Petersburg 1747).

^{64a} F. Krafft, *Dynamische und statische Betrachtungsweise in der antiken Mechanik* (Wiesbaden 1970).

Balken einer Waage „möglichst lang“ gefertigt werden, was gemäß den oben getroffenen Feststellungen (Erfordernis eines günstigen Verhältnisses zwischen der Masse des Balkens und seiner Länge) nicht richtig ist. Erst in neuerer Zeit wurde gezeigt, daß optimal eingestellte kurzarmige Waagen nicht nur zu wesentlich kürzeren Wägezeiten führen, sondern auch ihre Wägeleistungen nicht geringer sind als die der langarmigen^{64b}.

7. Spätromische Münzwaagen im Originalbehältnis.

Um Rückschlüsse auf die Ausführung von Münzwägungen in der Spätantike ziehen zu können, reicht es nicht aus, allein die Instrumente zu kennen, die vermutlich dazu verwendet worden sind. Über Vermutungen hinausgehend, sind sichere Aussagen erst aus solchen Funden möglich, die einen eindeutigen Zusammenhang zwischen Waage und ihrer Verwendung aufzeigen. Von welcher Art die zu wesentlich späterer Zeit verwendeten Münzwaagen gewesen sind, ist bekannt: Sie wurden in speziellen Behältnissen aus Holz aufbewahrt, in denen sich noch ein Satz von Münzgewichten befand. Und in welcher Weise man an solchen Münzwaagen gearbeitet hat, weiß man genau.

Nun sind in den Regionen, in denen sich der Erdboden ständig in feuchtem Zustand befindet, römische Münzwaagen im Etui nicht erhalten geblieben. Eine einzige bisher bekannt gewordene Ausnahme, die indes früh-merowingisch ist⁶⁵, läßt jedoch darauf schließen, daß die Tradition, aus spätromischer Zeit heraus, weiter fortgeführt worden ist. Der trockene Wüstensand Nordafrikas ist dagegen imstande, auch Gegenstände organischer Art über viele Jahrhunderte hinweg zu konservieren. An mindestens zwei Stellen hat man in Oberägypten vollständige Waagenbestecke im originalen Behältnis gefunden. Sie stammen aus der Sammlung von F. Petrie, London, und wurden im Jahre 1923 erstmals beschrieben⁶⁶; in einer Monographie über „Ancient Weights and Measures“ wurden bald darauf noch weitere Einzelheiten mitgeteilt⁶⁷.

Das eine der beiden Fundstücke (Abb. 11) wird – wegen der darin enthaltenen Münzen von Constantin II und Constans, deren Regierungszeiten zwischen 337 und 350 lagen – von Petrie auf „wahrscheinlich nicht später als 350“ angegeben. Die Kreuze auf den Gewichtsstücken könnten darauf hindeuten, daß das Objekt doch einige Jahre später zu datieren ist. Das Behältnis ist aus Holz und besteht aus zwei Teilen; das kleinere davon, das in der Bildwiedergabe oben dargestellt ist, paßt als Einsatz genau in das größere Teil. An dessen linkem Ende ist ein metallener Beschlag mit 40 kleinen Nägeln befestigt. Ursprünglich war, wie an zwei Nuten erkennbar ist, das gesamte 12 inches (ca. 300 mm) lange Kästchen mit einem Schieber verschließbar, der jedoch fehlt. In das massive Holz von Unterteil und Einsatz sind Vertiefungen zur Aufnahme von zwei Waagen verschiedener Größe, von Gewichtsstücken und von Münzen eingelassen. Der Balken der größeren Waage mißt etwa 240 mm; ihre Schalen sind etwa 80 mm im Durchmesser. Die entsprechenden Daten der kleineren Waage sind 180 resp. 55 mm.

Die Gewichtsstücke im unteren Teil sind von quadratischem Querschnitt und tragen das Kreuzeszeichen; sie entsprechen offenbar Einheiten des „normalen“ römischen Gewichtssystems. Das

^{64b} P. Bunge, Beschreibung der Präzisionswaagen neuester Original-Construction nebst Constructionsmotiven (Hamburg 1884, Ndr. Mainz 1984 mit einem Nachwort von H.R. Jenemann).

⁶⁵ J. Breuer – J. Alenus-Lecerf, La boîte à poids monétaires de Lutlommel. *Archaeologica Belgica* 86, 1965, 103 – 116.

⁶⁶ T. Sheppard – J. F. Musham, *Money Scales and Weights* (London 1920 – 1923; Nachdruck London 1975) 2 – 5.

⁶⁷ Petrie a.a.O. (Anm. 10) 42–43 u. Bildtafeln 16 u. 46.

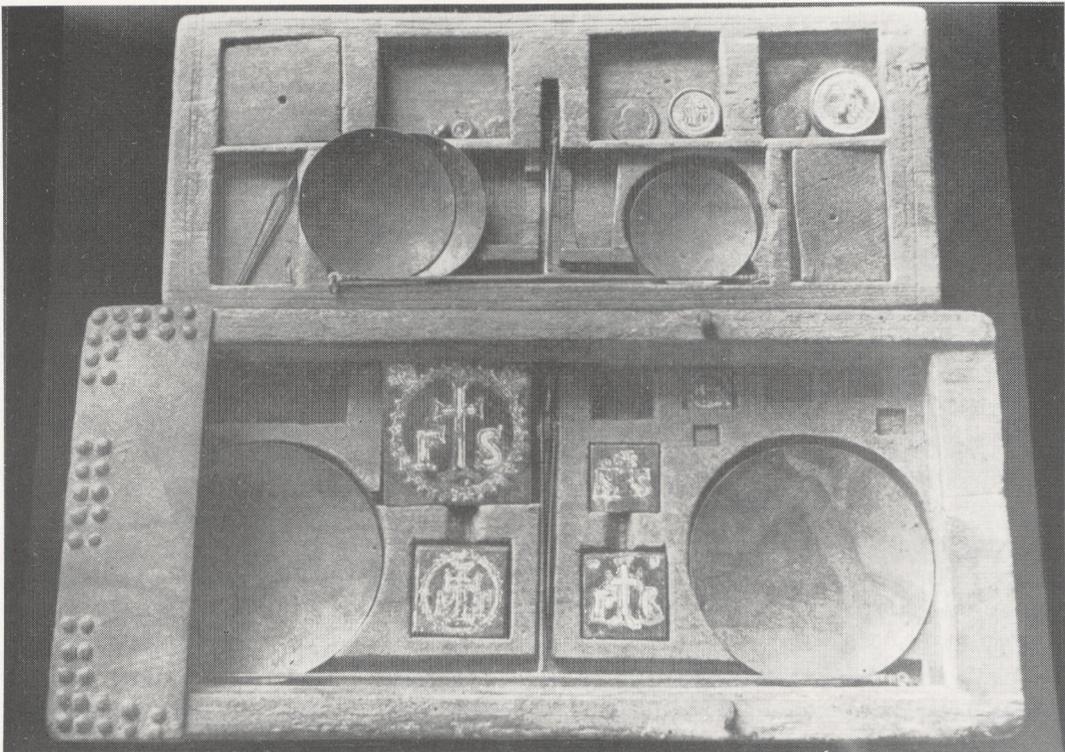


Abb. 11 Zwei Waagen für Edelmetall- und Münzwägungen. Fundort Oberägypten, ca. 350 n. Chr. Aus der Sammlung F. Petrie, London. Behältnis aus Holz; Gesamtlänge ca. 305 mm ("slightly over 12 ins"). Mit Erlaubnis: Edition Spink & Son Ltd., London

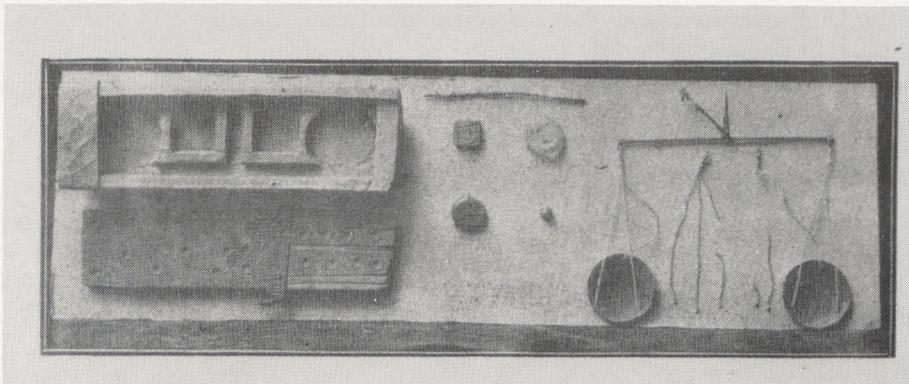


Abb. 12 Spätromische Münzwaage. Fundort Theben. Aus der Sammlung F. Petrie, London. Länge des Behältnisses (links im Bild): ca. 150 mm. Mit Erlaubnis: Edition Spink & Son Ltd., London

größte von ihnen ist 2568 grains schwer; mit umgerechnet ca. 166 g entspricht es in etwa sechs römischen Unzen oder der halben Libra. Die anderen betragen drei resp. zwei Unzen sowie eine resp. eine Drittel Unze. Die Plätze für noch kleinere Gewichtsstücke sind leer. Im oberen, dem kleineren Teil, sind zwei runde Gewichtsstücke (eine Unze und das andere etwa eine halbe Unze), zwei Münzen (von Constantin II und Constans von je etwa ein Drittel Solidus) sowie zwei kleinere Glasklümpchen Bestandteil der Einrichtung. In Unterteil und Einsatz sind außerdem zusätzliche Aushöhungen vorhanden, von denen zwei mit einem Deckel verschließbar sind. Gewichtsstücke enthalten diese nicht mehr. In einer davon befindet sich jedoch eine feine Pinzette zur Handhabung – so die Autoren der Erstbeschreibung – von Münzen und Münzgewichten.

Das Kästchen des zweiten Bestecks ist einfacher gearbeitet und besitzt keinen Einsatz (Abb. 12). Der Schiebeverschluß ist jedoch erhalten; der hier ebenfalls vorhandene metallene Beschlag trägt dazu bei, diese Deckplatte zu halten. Die in diesem Etui enthaltene Waage ist kleiner: Ihr Balken mißt 100 mm, der Durchmesser der Schalen ist 30 mm. Die beiden quadratischen Vertiefungen enthalten keine in sie passende Gewichtsstücke. Jedoch sind vier lose Münzgewichte vorhanden, ein quadratisches von der Masse des Solidus*, zwei runde aus Glas (ein halber und ein Drittel Solidus) sowie ein kleineres, kugelförmiges von der Masse der Siliqua (ca. 0,19 g) aus dem gleichen Material.

Die sehr fein gearbeiteten Waagen sind, nach der Originalbeschreibung, sämtlich hervorragend erhalten. Die metallenen Gewichtsstücke erscheinen, als ob der ursprüngliche Glanz noch vorhanden sei. Es wird schließlich noch vermerkt, daß Waagen samt Behältnissen denjenigen sehr ähnlich erscheinen, die noch bis vor etwa 150 Jahren – auf das Datum der Publikation bezogen – zu Münzwägungen verwendet worden sind.

Vergleicht man nun – soweit es aus der Abbildung hervorgeht – die in Oberägypten aufgefundenen mit den in Trier aufbewahrten Kleinwaagen, erkennt man, daß sie teilweise so gut wie einander identisch sind. Daraus ist abzuleiten, daß auch die Wägedaten hinsichtlich Tragfähigkeit und Empfindlichkeit übereinstimmen. Weiterhin ist daraus zu schließen, daß der Verwendungszweck ebenfalls gleich gewesen ist. Allerdings ist eines auf den Abbildungen nicht erkennbar und in der Beschreibung der spätrömischen Waagen aus Ägypten auch nicht erwähnt: Ihr Balken ist nicht abschnittsweise eingeteilt, wie dies kennzeichnendes Merkmal der vorher beschriebenen ist. Das bedeutet, daß man die Einstellung des Gleichgewichtes für die letzten Zwölftel oder Vierundzwanzigstel des Wägeergebnisses nicht nach der gleichen Technik – nämlich durch Anwendung des Prinzips der Laufgewichtswaage – vorgenommen haben kann. Da man die konstruktionsmäßig gegebene Empfindlichkeit sicherlich ausgenutzt hat, bleibt dann nur, daß man mit Gewichtsstücken ausgeglichen hat – und wenn diese noch so klein gewesen sind. Die Frage mag sein, wo diese Grenze gelegen hat.

8. Zur Ausführung von Münzwägungen in neuerer Zeit.

Nach dem Niedergang des Weströmischen Reiches wurde Byzanz zum Hort eines einigermaßen stabilen Währungssystems. Dessen Grundlage war der Solidus, der über Jahrhunderte hinweg so gut wie unverändert blieb⁶⁹. Zwar wurde das Gold in den auf dem Boden des Römischen Reiches entstandenen germanischen Nachfolgestaaten ziemlich knapp. Soweit noch vorhanden, wurden

* Der Solidus ist eine von Constantin I. eingeführte Goldmünze. Mit einer Ausmünzung von 1 : 72 zur Libra war er 4,55 g schwer. Seine Masse entsprach damit dem ursprünglich ausgeprägten Silber-Denar der Römischen Republik⁶⁸.

⁶⁸ Hultsch a.a.O. (Anm. 29) 213.

⁶⁹ Porteous a.a.O. (s. Anm. 33) 23.

die römischen Münzen von den Germanen jedoch anerkannt und weiterbenutzt; teilweise wurden von ihnen Goldmünzen auf der Basis des Solidus neu geprägt⁷⁰. Wenn auch eingeschränkt, ging der Handel mit wichtigen Gütern aus dem Orient weiter⁷¹.

Der Wert des Geldes wurde wie zuvor durch das Material, aus dem die Münzen bestanden, insbesondere des Goldes, repräsentiert. Es war also erforderlich, ihn durch die Waage zu überprüfen. Eine große Anzahl von in merowingischen Gräbern aufgefundenen Waagen zeugt davon, welche Bedeutung diesem Instrument beigemessen wurde⁷². Man hat sogar ein Waagenbehältnis mit Gewichtsstücken als Fragment gefunden, das mit dem aus der Sammlung von Petrie ziemlich identisch ist⁷³.

Nach den Wirrungen der späten Merowingerzeit begann der neue König, Pippin I., das Münzwesen mit dem Übergang zur Silberwährung grundlegend zu reformieren. Basierend auf der Münzordnung Karls des Großen, wurde das Silber dann zur Grundlage in den meisten Ländern Europas⁷⁴. Außer geprägten Münzen aus Silber verwendete man im Handelsverkehr dieses Metall auch in Barrenform, das „zugewogen“ wurde: Man bediente sich dazu bequem mitzuführender „Klappwaagen“; das waren gleicharmige Waagen, deren Balken nach oben umklappbar waren⁷⁵.

Das Gold verlor jedoch als Münzmetall nicht seine Bedeutung, am wenigsten im südlichen Europa, dessen Länder stets gute Handelsbeziehungen mit dem Orient pflegten. In Italien und im Süden Frankreichs war der Goldsolidus nach wie vor eine für den Großhandel wichtige Münze. Vereinzelt wurden hier seit dem 11. Jahrhundert Goldstücke in eigener Regie geschlagen. Die Kreuzzüge ließen den Goldzufluß in die oberitalienischen Städte wieder anschwellen. Und im 13. Jahrhundert begann man hier systematisch eigene Goldmünzen zu prägen. In Florenz war es 1252 der Floren. Venedig schloß sich 1280 mit der Ausgabe eigener „Byzantiner“ an, die auch als Dukaten bezeichnet wurden und später den Namen Zecchini erhielten. Damit leiten sich – wenn auch mit geringerer Masse (etwa 3,5 g) – Dukat und Zechine direkt von dem Goldsolidus der Spätantike ab⁷⁶. Andere Goldprägungen folgten nach, so auch die ersten Gulden im 14. Jahrhundert⁷⁷.

Über die Verwendung von speziellen Waagen zur Überprüfung dieser Münzen scheinen kaum Nachrichten vorzuliegen. Zwar ist eine kleine, zusammenklappbare byzantinische Münzwaage vom „Rocker“-Typ bekannt⁷⁸, die jedoch keine besonders genauen Ergebnisse liefern konnte. So wird man zur eigenen Sicherheit, zumindest im Fernhandel, nicht dazu bereit gewesen sein, auf eine genaue Münzwägung an der Zweischalenwaage zu verzichten. Aus der Zeit um 1500, als das reichlich fließende Gold aus der „Neuen Welt“ fast im Übermaß zur Verfügung stand, sind die ersten „modernen“ Münzwaagen im kunstvoll gestalteten Etui erhalten geblieben⁷⁹; ⁸⁰. Das System der Münzwaage mit Vergleichsgewichten ist auch auf einigen Gemälden aus der Zeit des frühen 16.

⁷⁰ A. Luschin v. Ebengreuth, *Allgemeine Münzkunde und Geldgeschichte des Mittelalters und der Neueren Zeit* (München u. Berlin, 2. Aufl. 1926; Ndr. München 1976) 160.

⁷¹ R. Pörtner, *Die Erben Roms* (Düsseldorf 1964) 62ff.

⁷² Werner a.a.O. (s. Anm. 3).

⁷³ Breuer und Alenus-Lecerf a.a.O. (Anm. 65).

⁷⁴ Luschin v. Ebengreuth a.a.O. (s. Anm. 70) 99.

⁷⁵ Steuer a.a.O. (s. Anm. 60).

⁷⁶ Rittmann a.a.O. (s. Anm. 46) 63ff.

⁷⁷ Luschin v. Ebengreuth a.a.O. (s. Anm. 70) 282ff.

⁷⁸ B. Kisch, *Scales and Weights – A Historical Outline* (New Haven and London 1965) 65.

⁷⁹ Sheppard – Musham a.a.O. (s. Anm. 66) 13.

⁸⁰ Anonym (Verf.: P.J. Riedinger), *Münzwaagen. Expertise 1981, Heft 4, 38-39.*

Jahrhunderts zentrales Objekt der Darstellung⁸¹. Da es, als wichtiger Bestandteil des Handelsverkehrs, in einem so hoch entwickelten Zustand erscheint, kann es kaum eine Erfindung gewesen sein, die für die damalige Zeit neu war; vor der Renaissance waren ja solche „profanen“ Tätigkeiten, wie der Umgang mit Geld, kein Thema der bildenden Kunst. Mit dem von Petrie beschriebenen stimmen diese Bestecke freilich in einer erstaunlichen Ähnlichkeit überein.

Wie hat man nun, nachdem mit beginnender Neuzeit Münzwaagen zunehmend verwendet wurden, die Wägungen ausgeführt? Jeder zu wägenden Münze entsprach ein mit ihrer Benennung bezeichnetes Metallstück aus Messing – und dies in den umlaufenden Münzsorten der wichtigsten am Handel beteiligten Länder. Die fein gestaltete Waage samt Schalen sowie die Münzgewichte von meist quadratischem Querschnitt befanden sich in genau ihrer Form angepaßten Vertiefungen des Etuis (Abb. 13 u. 14). Die Masse jedes der Münzgewichte war genau gleich derjenigen der zu wägenden Münze. Das System der Münzgewichte war somit kein Bestandteil der Gewichtseinheiten eines bestimmten Landes. Und man war nicht imstande, eine andere, in dem Besteck nicht vor-

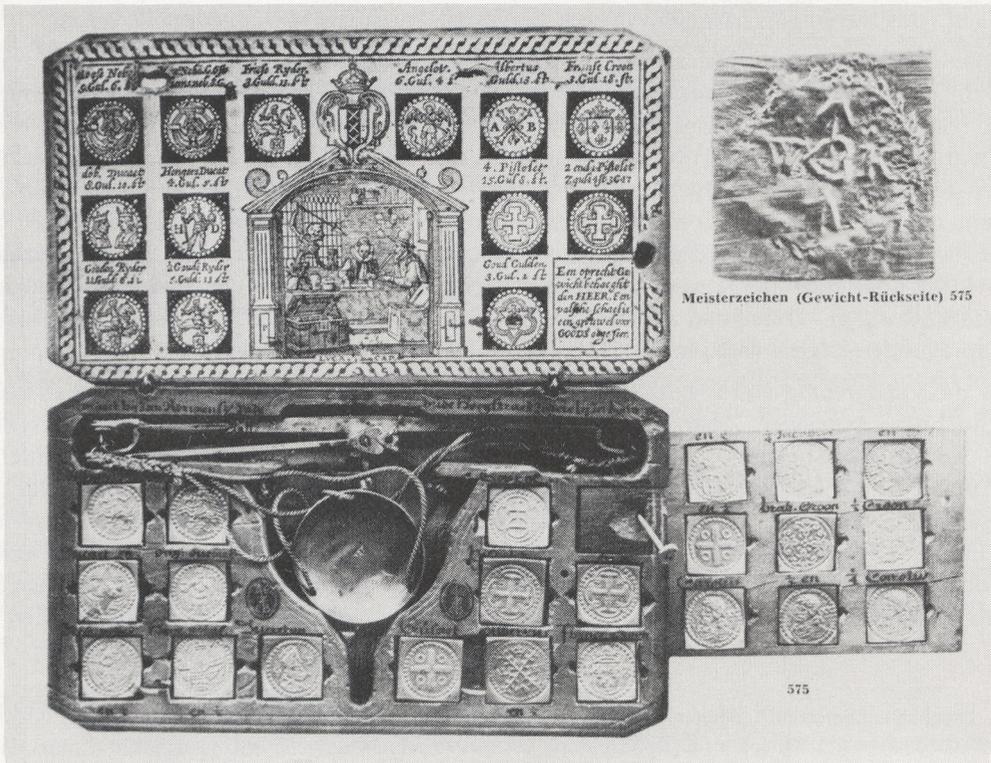


Abb. 13 Münzwaage 1646, vermutlich niederländisch. Schwanenhalsförmige Aufhängung für die Waagschalen. Fach für die As-Gewichte mit Stiftverschluß. Aus: Katalog Numismatica, Wien, Auktion X (p. 30 u. 110); Mit Erlaubnis: Dr. Elfr. Krauland, Wien

⁸¹ G. Helbeck, Geschichte der Goldwaagenherstellung in der Grafschaft Mark. Beiträge zur Heimatkunde der Stadt Schwelm und ihrer Umgebung 30, 1980.

handene Münze zu bestimmen – jedenfalls, so lange deren Masse deutlich von den vorhandenen Münzgewichten abwich. Ebenso wenig konnten damit Wägungen in dem maßgeblichen Gewichtssystem eines bestimmten Landes ausgeführt werden.

Stellte sich nun heraus, daß die Münze zu leicht war, wurde ermittelt, wieviel an ihrem „Normal“-Gewicht fehlte. Dies geschah dadurch, daß man zu der untergewichtigen Münze so lange kleine Ausgleichsgewichte legte, bis die Waage wieder einstand. Die Summe der so ermittelten einzelnen Fehlbeträge, die sich aus allen Münzen der jeweiligen Zahlung ergab, mußte dann der Käufer

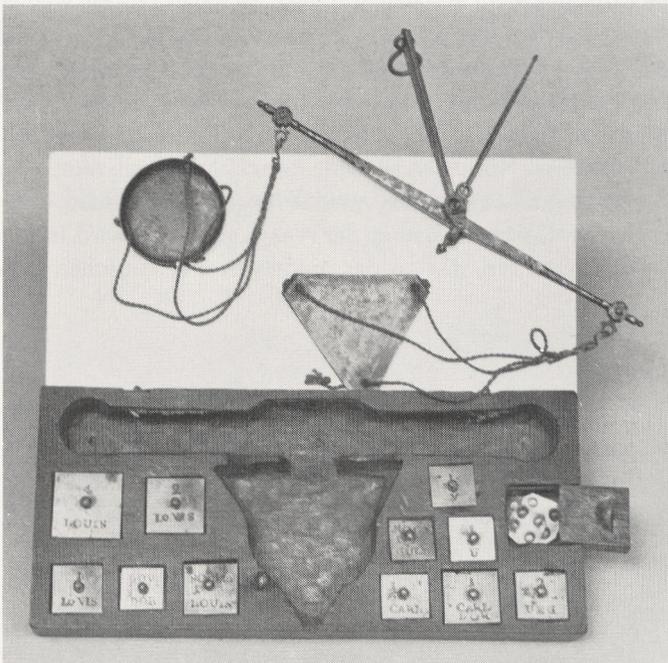


Abb. 14 Münzwaage, ca. 1700.

Kapselförmige Aufhängung für die Waagschalen. Fach für die As-Gewichte mit Schiebe-
deckel. Aus Sammlung P. Riedinger, Würzburg. Foto Verf.

zusätzlich erstatten. Fast alle Münzwaagenbestecke besitzen für diese als As-Gewichte oder „Äs-chen“ bezeichneten Ausgleichsgewichte besondere Fächer, die ursprünglich mit einem Schiebe- und später mit einem Klappdeckel verschließbar waren. Diese As-Gewichte waren aus Metallblech gefertigt und, je nach ihrer Größe, mit „Punzierungen“ versehen – meist zwischen eins bis sechs – so daß der Fehlbetrag schnell ermittelt werden konnte (Abb. 15).

Die Größe der Einheit 1 As als Münzgewicht war gewissen Schwankungen unterworfen. Es entsprach in etwa dem Gran, der kleinsten Einheit des Medizinalgewichtes, von dem es sich auch ableitet⁸². Das holländische As betrug knapp 50 mg. In anderen Bestecken von Münzwaagen, insbesondere von deutschen Herstellern aus dem 18. Jahrhundert, war das As schwerer; in Wägeversuchen wurden pro As 60 bis 70 mg festgestellt*.

* Nach vom Verfasser ausgeführten Wägeversuchen an Objekten aus den Sammlungen von Münzwaagensammlern.

⁸² R. Klimpert, Lexikon der Münzen, Maße, Gewichte, Zählarten und Zeitgrößen aller Länder der Erde (Berlin 2. Aufl. 1896; Ndr. Graz 1972) 15 - 16.

Es war also nicht so, daß die Münzen im üblichen Sinne ausgewogen, nämlich ihre Masse durch die adäquate Auflage von Gewichtsstücken auf die Gegenschale kompensiert wurde. Vielmehr ergab sich das Wägeregebnis dadurch, daß lediglich die Differenz gegenüber der Sollmasse festgestellt wurde. Eine solche Wägetechnik ist wesentlich vorteilhafter als die gewohnte normale Wägung. Gerade dann, wenn der Fehlbetrag nur sehr gering ist, gelangt man dadurch beträchtlich schneller und auch sicherer zum Ergebnis. An einem Beispiel, ausgedrückt in Einheiten des metrischen Systems, sei dies erläutert:

Eine Münze habe ein Sollgewicht von genau 10,00 g; es soll jedoch ein Mindergewicht von 150 mg bestehen. Beim Arbeiten mit einem normalen Gewichtssatz müßten auf die Gegenseite die folgenden Gewichtsstücke aufgelegt werden: 5 g; 2 g; 2 g; 0,5 g; 0,2 g; 0,1 g; 0,05 g – also 7 Gewichtsstücke von insgesamt 9,85 g. Benutzt man dagegen ein Münzgewicht von 10,00 g, sind zum Ausgleich des Fehlbetrags lediglich ein 0,1 g- und ein 0,05 g- Stück zur untergewichtigen Münze hinzuzulegen.

Man erkennt, daß – solange nur Münzen von einer Sorte gewogen werden – mit dieser vorteilhaften Technik stets bei gleicher Gesamtbelastung der Waage gearbeitet wird. In etwas variiert Form entspricht sie dem Wägeverfahren, das an der modernen mechanischen Laboratoriumswaage



Abb. 15 Münzwaage, ca. 1730.

Kapselförmige Aufhängung (à la Antwerpen) für die Waagschalen. Fach für die As-Gewichte mit Klappdeckel. Einzelne As-Gewichte von 1 bis 6 As. Aus Sammlung P. Riedinger, Würzburg. Foto Verf.

angewandt wird, der Substitutionswägung unter stets konstanter Belastung. Hierbei werden gegenüber der normalen, sogenannten Kompensationswägung einige systematische Fehlermöglichkeiten ausgeschaltet⁸³.

Eine recht große Anzahl von Münzwaagen der Neuzeit befindet sich im Besitz von Sammlern. An solchen Instrumenten konnten einige Messungen und Wägungen ausgeführt werden, deren Ergebnisse nachfolgend in zusammengefaßter Form mitgeteilt seien:

Die Waagebalken aus Eisen sind unterschiedlich lang; sie messen von ca. 100 bis 140 mm. Sie sind meist nicht von rundem, sondern von rechteckigem Querschnitt und verjüngen sich von der Mitte aus nach den beiden Enden. In der Nähe der Mittelachse beträgt die Höhe des Balkens 4 bis 4,5 mm und an den Seiten 2,5 bis 3 mm. In der Breite wird die Ausdehnung des Balkens von etwa 2,5 mm an der Mittelachse bis zu 2 mm an den Enden nur unwesentlich geringer. Der Durchmesser der Waagschale beträgt, soweit sie rund ist, 30 bis 35 mm; bei Schalen von dreieckiger Grundfläche mißt die Seite 40 bis 45 mm. Die Masse der besonders fein gestalteten Waagebalken liegt, einschließlich Zeiger und Schere, bei 6 bis 7 g, die der etwas kräftigeren bei etwa 10 g.

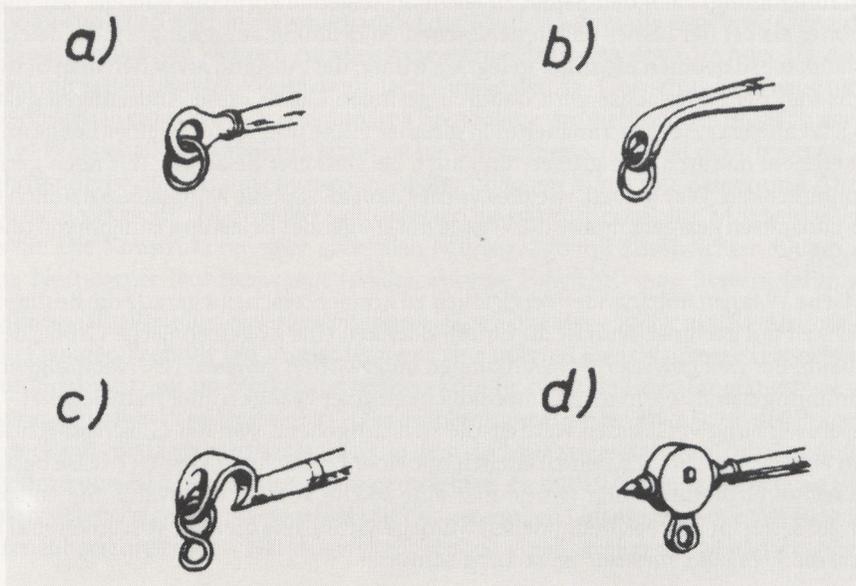


Abb. 16 Verschiedene Schalenabhängungen von Münzwaagen:

- a) Spätantike Ring- und Loch-Aufhängung
- b) Frühneuzeitliche Ring- und Loch-Aufhängung (à la Nürnberg)
- c) Schwanenhalsförmige Aufhängung
- d) Kapselförmige Aufhängung.

Nach: Equilibrium (Quarterly Magazine of the International Society of Antique Scale Collectors), 1979 p. 173. Mit Erlaubnis: M. Crawforth, Sunderland

⁸³ H. R. Jenemann, Zur Geschichte der Substitutionswägung und der Substitutionswaage. Technikgeschichte 49, 1982, 89-131.

Ein Vergleich der Meßdaten zwischen der neuzeitlichen Münzwaage und der vermutlich ebenfalls zu Münzwägungen verwendeten spätrömischen Kleinwaage zeigt folgendes: Die römische Waage tendiert in ihrem Balken zu größerer Länge, die kleinere Ausführung stimmt mit der mehr als 1000 Jahre später hergestellten Münzwaage darin völlig überein. Hinsichtlich der Stärke des Balkens und der sich verjüngenden Ausführung nach den Enden zu sind beide etwa gleich. Allerdings hat sich bei der neuzeitlichen Münzwaage durchgesetzt, daß die Ausdehnung in der Höhe größer ist als in der Breite; eine solche Formgebung ist bei der spätrömischen Waage erst vereinzelt aufgetreten.

Deutlich unterschiedlich sind dagegen die Details in der Ausführung der Drehelemente: Relativ frühe neuzeitliche Münzwaagen* weisen noch die klassische kreisrunde Mittelachse mit der Lagerung in runder „Pfanne“ und eine leicht variierte „Ring- und Loch - Aufhängung“ auf. Sie sind darin der entsprechenden Anordnung der spätantiken Waagen noch ziemlich ähnlich (Abb. 16). Spätestens nach 1600 wird jedoch die Mittelachse schneidenförmig zugespitzt. Auch die Aufhängung für die Waagschalen hat sich gewandelt: Man erkennt, wie bereits an den zuvor abgebildeten Münzwaagen mit ihren Behältnissen, das „schwanenhals“ - und das „boxen“ - förmige Ende des Balkens. Dies führt einerseits dazu, daß die Schalenaufhängung eindeutiger definiert ist und reibungsfreier arbeitet. Andererseits bewirkt der nach oben gebogene Schwanenhals oder die (bei der boxenförmigen Endaufhängung) nach den Seiten zu leicht ansteigende Form des Balkens, daß die Schalen deutlich höher als bei der bisher üblich gewesenen Anordnung aufgehängt sind. Gleichzeitig hat man die Hauptachse deutlich niedriger gelegt als früher; der Abstand zwischen dem Schwerpunkt des Balkens und der Mittelachse wird dadurch geringer. Durch diese Änderungen gelangt man dazu, daß jetzt alle drei Achsen annähernd in gleicher Höhe und damit in einer Ebene angeordnet sind. Man erreicht dadurch eine größere und auch bei stärkerer Belastung nur noch gering abfallende Empfindlichkeit. War jedoch, wie dies vorher der Fall war, die Mittelachse deutlich höher als die beiden Endachsen gelagert, mußte die Waage mit steigender Belastung zunehmend unempfindlicher werden.

Um historische Waagen miteinander vergleichen zu können, erscheint gerade die Bestimmung der Empfindlichkeit gut geeignet. Nun ist die Empfindlichkeit eine wägetechnische Größe, deren Definition im Laufe der Zeit gewissen Schwankungen unterworfen gewesen ist** Nachfolgend soll – in Übereinstimmung damit, wie man die Empfindlichkeit einer Waage früher festgelegt hat – darunter die Winkelabweichung verstanden werden, die sich, ausgehend von der Gleichgewichtslage, einstellt, wenn eine der beiden Schalen zusätzlich mit einer hinreichend kleinen Masse belastet wird. Als beiderseitige Grundbelastung wurde hier eine solche von 10 g gewählt. Sie entspricht der Masse der größeren im Besteck befindlichen Münzgewichte. Die meisten von ihnen sind beträchtlich kleiner, die kleinsten sind nur etwa 1,5 g schwer.

Nach dem Ergebnis von heute ausgeführten Wägeversuchen weisen neuzeitliche Münzwaagen recht unterschiedliche Empfindlichkeiten auf, obwohl sie konstruktiv ziemlich ähnlich sind. Dies scheint vor allem darauf zu beruhen, daß der Zustand der Dreh- und Lagerelemente teilweise recht schlecht ist: Verschmutzung, Rostansatz, aber auch stumpf und schartig gewordene Schneiden

* Es ist davon auszugehen, daß unterschiedliche Ausführungen in der Herstellung von Münzwaagen über längere Zeit hinweg nebeneinander bestanden haben – auch innerhalb der einzelnen Regionen der „Wägleinmacher“. Es ist daher problematisch, Münzwaagen allein nach solchen Merkmalen datieren zu wollen, soweit das Fertigungsdatum nicht im eingeklebten Etikett des Herstellers vermerkt ist.

** Nach der heutigen verbindlichen Definition (s. Anm. 6) wird die Empfindlichkeit einer mit Zeiger und Skala versehenen Waage definiert als die Änderung des Ausgangssignals Δl durch die sie verursachende Belastungsänderung Δm . Demnach ist die Empfindlichkeit, nach Zulage einer hinreichend kleinen Masse, abhängig von der Länge des Zeigers. Eine so definierte Empfindlichkeit kann deshalb nicht die Voraussetzung bilden, die Leistung von Waagen zu vergleichen. So sind heute andere Kriterien maßgeblich, um die Leistungsfähigkeit von Waagen zu charakterisieren.

sind die Ursachen. Durch eine schonende Reinigung ist es im Einzelfall gelungen, die Beweglichkeit wieder deutlich zu verbessern; bei stärkerer Beschädigung wäre eine gründliche Überholung durch den Feinmechaniker erforderlich. Als typische Empfindlichkeiten der neuzeitlichen Münzwaage, die für die damalige Zeit maßgeblich gewesen sind, sollen deshalb solche Daten gelten, die im oberen Ergebnisbereich liegen.

Von einer teilweise noch erstaunlichen Leistungsfähigkeit zeigten sich einige ältere Münzwaagen aus dem 17. Jahrhundert. Die empfindlichste von ihnen, aus der Fertigung von Gerrit Geens in Amsterdam aus dem Jahre 1663, ergab bei 50 mg zusätzlicher Auflage – entsprechend dem holländischen As – einen Ausschlag von 35° (!). Bei einem Fünftel davon, 10 mg, betrug dieser Winkel 10° , eine Auslenkung, die noch sehr gut erkennbar ist*. Wenn man die Waage ruhig hält oder sie an einem Häkchen aufhängt, ließe sich ohne Schwierigkeit noch die Hälfte davon feststellen. Andere Münzwaagen, insbesondere solche der Grafschaft Mark aus der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts, zeigen bei der genannten Auflage von einem As Auslenkungen von 15 bis 20° , bei Teilen davon, also 10 oder 20 mg, entsprechend weniger. Einige andere dagegen erwiesen sich mehr oder minder unempfindlich, vermutlich wegen der vorher genannten Korrosions- und Abnutzungserscheinungen.

Die Frage mag zu stellen sein, inwieweit man bei der Münzwägung die gegebene Genauigkeit der Waage voll ausgenutzt hat; kleinere Ausgleichsgewichte als ein As, etwa $1/2$ oder $1/4$ As, hat man anscheinend nur selten benutzt. Wenn dann nach Zulage der As-Gewichte die Waage nicht genau einspielte, sondern in einer deutlich erkennbaren Schräglage verblieb, wäre es möglich gewesen, die Neigung des Waagebalkens anteilmäßig mit zu berücksichtigen. Nun hat man, bis etwa zur Mitte des 18. Jahrhunderts, die Neigungswaage im später üblichen Sinne mit Zeiger und Anzeigequadrant noch nicht gekannt⁸⁴. Man mußte sich indessen bereits vorher solcher Möglichkeiten bewußt gewesen sein: Die Konstruktion einer speziellen Münzwaage mit zusätzlichem Quadranten, die sogenannte Nürnberger Dukatenwaage („Wäglein ohne Gewicht“) mag Beweis dafür sein⁸⁵.

Für jede Münze galt allerdings eine herstellungsmäßige Toleranz – später als „Remedium“ bezeichnet – die bei einigen Promille lag. Außerdem war eine untere Gewichtsgrenze festgelegt, die eine Münze durch Abnutzung im Verkehr erreichen konnte, ohne daß der Empfänger sie ablehnen durfte – das sogenannte Passiergewicht⁸⁶. Diese Untergrenze, die bei etwa 0,5 % des Prägegewichts lag, galt jedoch nur für dasjenige Staatsgebiet, in dem die Münze gesetzliches Zahlungsmittel war⁸⁷. Bei einer Münze von 10 g hätten diese 0,5 % gerade dem As mit 50 mg entsprochen. So ist es denkbar, daß man sich im eigenen Staatsgebiet mit der genannten Genauigkeit der Wägung zufrieden gab, im grenzüberschreitenden Handelsverkehr jedoch einen strengeren Maßstab angelegt hat.

* Zu beachten ist, daß bei zusätzlicher einseitiger Gewichtsaufgabe eine direkte Proportionalität gegenüber dem Tangens des Neigungswinkels besteht und nicht gegenüber dem Neigungswinkel selbst. Das bedeutet, daß mit zunehmender Belastung die Neigung des Balkens zwar größer wird, die Zunahme der Neigung jedoch geringer. Bei nur geringer Belastung besteht faktisch direkte Proportionalität auch für die Neigung selbst.

⁸⁴ H. R. Jenemann, Zur Entwicklungsgeschichte der Neigungswaage. *Wägen + Dosieren* 11, 1980, 210-215 u. 248-253.

⁸⁵ Kisch a.a.O. (s. Anm. 78) 40.– Jenemann a.a.O. (s. Anm. 84) 212.

⁸⁶ T. Kroha, Die Münzwaage in der Geschichte des Geldes. *Helvet. Münzenzeitung* 5, 1970, 305-313; 310.

⁸⁷ Klimpert a.a.O. (s. Anm. 82) 266.

9. Zur Ausführung von Münzwägungen in der Spätantike.

Da sich die Prägung von Goldmünzen in neuerer Zeit aus der Spätantike heraus ableiten läßt, darf daraus, wie bereits bemerkt, geschlossen werden, daß ihr Umlauf während der gesamten Zeit von der Münzwaage begleitet gewesen ist. Die weitgehende Ähnlichkeit der Münzwaage der Neuzeit mit feineren Waagen der Spätantike wie auch die übereinstimmende Anordnung des gesamten Bestecks im Behältnis aus Holz mag ein weiteres Indiz dafür sein, daß die Tradition der Münzwägung so gut wie nicht unterbrochen gewesen ist. Daraus lassen sich jetzt, in umgekehrter Richtung, noch andere Rückschlüsse ziehen: Die frühen neuzeitlichen Münzwaagen sind ja in ihren konstruktiven Details (runde Hauptachse sowie Ring- und Loch - Aufhängung für die Schalen) gegenüber der Spätantike faktisch kaum verändert. Folglich wird auch die Genauigkeit der Münzwägung in spätrömischer Zeit derjenigen in der beginnenden Neuzeit kaum nachgestanden haben; eher mag es umgekehrt gewesen sein. Aus den später erzielten Verbesserungen (schneidenförmige Hauptachse und Lagerung der drei Achsen in einer Ebene) resultierte zwar eine weitere Erhöhung der Wägegenauigkeit, jedoch von nur gradueller Art. Somit dürfte, von der Konstruktion der Waage her, eine Genauigkeit der Münzwägung in der Antike bis zu mindestens 50 mg herab, vermutlich noch um einiges besser, erreichbar gewesen sein.

Und mit welchen Gewichtsstücken wird man diese Wägegenauigkeit erreicht haben? Das normale römische Gewichtssystem ging ja von der Libra über die Unze ($1/12$ der Libra), die Drachme ($1/8$ der Unze), das Scripulum ($1/3$ der Drachme) und den Obulus ($1/2$ des Scripulum), bis herunter zur Siliqua ($1/3$ des Obulus) als kleinster Gewichtgröße. Diese Siliqua betrug also $1/1728$ der Libra, entsprechend 0,189 g. Und wenn A. Mutz die Frage stellt, wozu die Römer solch kleine Gewichtsstücke gebraucht hätten⁸⁸, nimmt er an, daß sie diese für Drogen und Gifte benutzt hätten. Und jetzt soll die für die Münzwägung postulierte Genauigkeit nur einen Bruchteil der Siliqua als kleinster Einheit betragen haben!

Solange man sich bei feineren Wägungen des zusätzlichen Laufgewichtes an der Zweischalenswaage bediente, war es unproblematisch, diese Genauigkeit zu erreichen. Man brauchte lediglich das Laufgewicht hinreichend klein zu machen, beispielsweise von der Masse des Obulus (0,568 g), so daß eine Rasterstellung an dem zwölfgeteilten Balken zu der erforderlichen empfindlichen Ableseung führte. Die von Petrie beschriebenen Waagen scheinen freilich nicht mit dieser Zusatzeinrichtung versehen zu sein; dann hat es sicherlich Gründe gegeben, daß man davon abgegangen ist. Da sie in ihrer konstruktiven Ausführung genau so beweglich waren wie die zusätzlich mit dem Laufgewicht ausgestatteten, mußten sie auch die gleiche Empfindlichkeit der Wägung erlaubt haben. Es bleibt nur übrig, daß man vollständig mit Gewichtsstückchen ausgeglichen hat.

Nun mag die Siliqua für die meisten Wägungen, auch solche relativ feiner Art, ausgereicht haben. Im pharmazeutischen Bereich ist sie jedoch bei besonders hohen Anforderungen nicht die kleinste Einheit gewesen. Bei den Völkern des Orients war bereits von alters her die Grundlage zur Bestimmung der Masse das Korn, sei es als Reiskorn, als Getreidekorn oder als Samenkorn des Johannisbrotes^{89; 90}. Mit der Verwendung einer genau festgelegten Anzahl von Körnern bestimmter Prove-

⁸⁸ A. Mutz, Über römische Maß- und Gewichtssysteme und ihre Anwendung bei Schnellwaagen. Basler Volkskalender – Jahrbuch der Nordwestschweiz 1965, 50-57.

⁸⁹ J. Berendes, Die Pharmazie bei den alten Kulturvölkern. 2 Bde. (Halle 1891, 2. Aufl.; Nachdruck Hildesheim 1965).

⁹⁰ H. J. Alberti, Maß und Gewicht – Geschichtliche und tabellarische Darstellungen von den Anfängen bis zur Gegenwart (Berlin 1957).

nienz kam man auf eine ziemlich gleichmäßig zu reproduzierende größere Gewichtseinheit, die dann durchweg nach dem Duodezimalsystem unterteilt wurde.

Die Verwendung des Granum als eigenständige Einheit ist bei anderen Völkern des Orients bereits vor den Römern nachgewiesen; bei den Griechen und Römern wurde die Siliqua in 4 Gran (Weizenkörner) unterteilt⁹¹. Folglich waren in der Spätantike hinreichend kleine Gewichtseinheiten bekannt, um bis zu einer Genauigkeit von etwa 50 mg herab wägen zu können. Solche Gewichtsstückchen könnten nun tatsächlich das Weizen- oder Gerstenkorn gewesen sein. Für die hochentwickelte Feinmechanik der Spätantike dürfte es auch keine Schwierigkeiten bereitet haben, geeignete kleine, fein ausgewalzte Metallstückchen aus Bronze herzustellen. So wird auch berichtet, daß für Schalenwaagen höchster Empfindlichkeit ein Feingewichtssatz mit den fünf Größen 890 mg, 370 mg, 220 mg, 170 mg und 30 mg erhalten geblieben sei⁹².

Und wenn dann in der Beschreibung des Waagenbesteckes von Petrie gesagt wird, daß die sehr feine Pinzette dazu gedient habe, die (relativ großen) Münzen und Münzgewichte zu hantieren, muß diese Aussage vermutlich relativiert werden: Gerade die Münzen wurden ohnehin ständig „gehandhabt“, so daß bei der Wägung eine Pinzette gleichfalls nicht erforderlich war. Für sehr kleine Gewichtsstückchen, ganz gleich aus welchem Material, wäre freilich ein solches Hilfsgerät von höchstem Nutzen gewesen.

Und wird man sich dann, um die Goldmünzen zu wägen, eines „vollen“ Gewichtssatzes – bis zu den kleinsten Stücken herab – bedient oder wird man dazu eine andere Technik angewandt haben? Gerade die Waagenbestecke von Petrie tragen dazu bei, auch auf diese Frage zu antworten. Das „doppelte“ Besteck bestand ja aus zwei Teilen: Einer etwas größeren Waage, der Gewichtsstücke aus dem normalen Gewichtssystem zugeordnet waren, und einer kleineren ohne einen solchen Gewichtssatz, dafür aber mit Münzen und Glasgewichten verschiedener Größe. Was dann die ziemlich kleine Waage aus dem zweiten Etui mit ihren Glasgewichten angeht, so muß ihre Verwendung der kleineren aus dem ersten Besteck analog gewesen sein.

Gewiß darf man davon ausgehen, daß die größere Waage aus dem Doppelbesteck nicht dazu vorgesehen war, einzelne Goldmünzen zu wägen: Es ist, worauf bereits hingewiesen wurde, bekannt, daß bestimmte Waagen vorhanden waren, um Gold zu wägen und andere für das Silber. Und soweit man mit Silber bezahlte, wird es sich, wegen seines gegenüber dem Gold nur weniger als 1/10 betragenden Wertes, oft um größere Massen von Metall gehandelt haben. Das Silber wurde, gleich ob gemünzt oder in Barrenform, zugewogen, wobei der Kaufpreis in Einheiten des normalen Gewichtssystems zu entrichten war – mit der Libra als Grundlage. Die Konstruktion der größeren Waage deckt sich also, in Kombination mit den definierten Gewichtsstücken, mit der bekannten Überlieferung. Es ist allerdings nicht auszuschließen, daß man bei größeren Kaufsummen auch die Goldmünzen nicht einzeln, sondern en bloc gewogen hat, womit man sich gleichermaßen der größeren Waage mit ihrem „Norm“-Gewichtssatz bedienen konnte. Die Masse der gesetzlich eingeführten Goldmünze, des Solidus, stand ja, wie ebenfalls bereits erwähnt, zur Libra in einem festen Verhältnis. Bei einer solchen Praxis war es nicht erforderlich, jede Goldmünze einzeln zu wägen.

Zur Wägung der einzelnen Münzen, insbesondere des Goldsolidus oder dessen Unterteilungen, des semis (Halbstück) und des triens (Drittelstück), standen dann die kleineren Instrumente zur Verfügung. Man benötigte dazu echte Münzgewichte von genau gleicher Masse wie der zu bestimmenden Münzen. So enthält das zweite Besteck aus der Sammlung von Petrie ein quadratisches

⁹¹ Berendes a.a.O. (s. Anm. 89) I 262 u. II 75.

⁹² Luschin v. Ebengreuth a.a.O. (s. Anm. 70) 157.

Bronzestück von genau der Masse des Solidus sowie Stücke aus Glas von dessen Hälfte und Drittel. Bei der kleineren Waage des ersten Bestecks ist eine solche Zuordnung der Gewichtsstücke nicht erkennbar – außer daß die darin enthaltenen Münzen als „Standard“ zum Vergleich gedient hätten.

Nun hat man an vielen Stellen Vergleichsgewichte ähnlicher Art gefunden, sogenannte Exagien⁹³; sie wurden von Staats wegen bei Herstellung und Verwendung überwacht und mußten vor jedem Mißbrauch geschützt werden. Außer Exagien aus Bronze aus spätrömischer und byzantinischer Zeit ist aus dem Ostmittelmerraum eine große Anzahl von Glasgewichten erhalten geblieben, die in verschiedenen Sammlungen aufbewahrt werden^{94; 95; 96}. In genau gleicher Form sind sie später auch von den Arabern verwendet worden. Massives Glas hat den besonderen Vorteil, daß jeder Versuch einer nachträglichen Gewichtsverminderung sofort auffällig wird. Günstig mag außerdem sein, daß seine Dichte nur etwa ein Drittel derjenigen der Bronze beträgt und dadurch die, bei gleicher Masse, dreifach so großen Stücke besser zu handhaben sind*.

So wird die Anwesenheit von Exagien aus Bronze und aus Glas in den spätrömischen Münzbestecken erst verständlich und sinnvoll: Sie wurden in genau gleicher Weise verwendet wie die Münzgewichte der wesentlich späteren neuzeitlichen Münzwaagen auch. Schließlich ergibt sich damit so gut wie von selbst die Antwort auf die Frage nach der angewandten Wägetechnik: Um ein eventuell vorhandenes Mindergewicht nachzuweisen, mußten kleine Ausgleichsgewichte der zu wägenden Goldmünze zugefügt werden. So sind in den beiden spätantiken Bestecken, außer den größeren Metallgewichten und -exagien, nicht nur echte Münzgewichte aus Glas vorhanden, sondern noch einige besonders kleine Glasklumpchen. Mit der Masse von einer oder zwei Siliquae können sie zu nichts anderem gedient haben, als das Fehlgewicht der Goldmünzen auszugleichen. Und wenn mit ihnen die konstruktionsmäßig gegebene Empfindlichkeit der kleinen Waagen für die Goldmünzen noch nicht voll auszunutzen war, steht nichts entgegen anzunehmen, daß ursprünglich noch kleinere vorhanden waren – gleich ob aus Metall, Glas oder „Korn“. Prinzipiell war ja davon auszugehen, daß die Münze zu leicht wog; eine übergewichtige Münze anzutreffen, war mehr als unwahrscheinlich.

Hat man dagegen noch mit dem Laufgewicht gearbeitet, konnte ganz analog verfahren werden: Wog die Münze gegenüber dem Exagium zu leicht, wurde das Laufgewicht am Waagebalken angehängt – und zwar auf der Seite der Münze und zuerst ziemlich in der Nähe der Mittelachse. In die-

* Zu den Exagien aus Glas bemerkt Petrie (s. Anm. 95), daß sie genauer zu fertigen waren als die Münzen, zu deren Wägung sie dienten. Zu ihrer Herstellung sagt er, daß man ein kompaktes Glasstück auf genau die erforderliche Masse reduziert und es dann geschmolzen habe. Man müßte dazu voraussetzen, daß das Wiederaufschmelzen des festen Glasstücks direkt in der Preßform ausgeführt worden ist – ein insgesamt ziemlich aufwendiges Verfahren. Wesentlich einfacher wäre es gewesen, aus dem Glasschmelztiegel mit Hilfe einer kleinen Glasmacherpfeife flüssiges Glas zu entnehmen, dieses nach Augenmaß in die bereits vorgewärmte Preßform einzugeben und sofort zu pressen. Geübte Glasmacher sind imstande, solche Arbeiten mit einer erstaunlichen Gleichmäßigkeit auszuführen. Diejenigen Stücke, welche bei der anschließenden Wägung außerhalb der Toleranzgrenzen gelegen haben, waren auszusondern und konnten wieder eingeschmolzen werden.

Hinzugefügt sei noch, daß, aus der Sicht des heutigen Glaschemikers gesehen, die damals erschmolzenen Gläser nicht besonders gut erschienen: Um das Glas bei den damals erreichbaren Temperaturen schmelzen zu können, mußte der Alkaligehalt ziemlich hoch sein. Eine Auslaugung über die Standard-Grieß-Methode führt bei solchen Gläsern zu ziemlich hohen Werten. Kompaktes Glas überzieht sich indessen oberflächlich mit einer hauchdünnen Korrosionsschicht, die einen weiteren Angriff weitgehend verhindert.

⁹³ R.-Alföldi a.a.O. (s. Anm. 28) 217.

⁹⁴ G. Schlumberger, Poids de verre étalons monétiforme d'origine Byzantine. *Revue des Etudes Grecques* 8, 1895, 59-76.

⁹⁵ F. Petrie, *Glass Stamps and Weights* (London 1926).

⁹⁶ M. Jungfleisch, Les dénéraux et estampilles Byzantines en verre de la collection Froehner. *Bull. de l'Inst. d'Egypte* 14, 1931-32, 233-256.

ser Stellung wirkte sich seine Gewichtskraft nur wenig auf die Gleichgewichtslage aus. Je mehr es dann nach außen, also zur Münze hin, verschoben werden mußte, desto mehr Untergewicht der Münze zeigte es an.

Es ist zu resumieren, daß die Technik der Wägung an der spätantiken Münzwaage mit derjenigen der Neuzeit weitgehend übereinstimmt. Die Indizien sprechen dafür, daß nicht nur die Wägung von Münzen, sondern auch das Wägeverfahren selbst auf die Tradition aus der Spätzeit des römischen Altertums zurückgeht.

Wie insbesondere der Vergleich mit den technischen Daten der Waagen des Landesmuseums zu Trier zeigt, ist auch die Leistungsfähigkeit der spätantiken Münzwaage mit derjenigen der frühneuzeitlichen in etwa gleichzusetzen. So ist davon auszugehen, daß man sich gleichermaßen mit der gesicherten Genauigkeit der Wägung auf ein granum zufrieden gegeben hat. Um an der Einstellung des Zeigers sicher entscheiden zu können, ob es erforderlich war, noch ein weiteres Grangewicht aufzulegen oder nicht, mußte die Hälfte davon noch erkennbar gewesen sein. Nach der Auslenkung, die aus der Zulage von einem Gran resultierte, war dies, ohne übertriebene Anforderungen an die Waage selbst oder an die an dieser ausgeführte Wägung zu stellen, auch möglich. Bei der Wägung eines Goldsolidus arbeitete die antike Münzwaage somit mit einer relativen Auflösung von etwa $5 \cdot 10^{-3}$. Allerdings dürfte dieser Zahlenwert nicht die Grenze der Leistungsfähigkeit der gleichartigen Waage der Römer überhaupt dargestellt haben. Die etwas größer dimensionierten Instrumente waren für deutlich höhere Belastungen als nur die des Goldsolidus vorgesehen und dabei von ebenfalls recht feiner Gestaltung. Sie erlaubten dabei, eine ebenfalls ziemlich empfindliche Massenbestimmung auszuführen, so daß sie eine relative Auflösung von etwa $1 \cdot 10^{-3}$ erreicht haben dürften.

Der Verfasser dankt den Herren H. Grießhaber in Pfaffenweiler bei Freiburg/Br., P. J. Riedinger in Würzburg und H. Winskowsky in Langen b. Frankfurt a. M. (sämtlich Mitglieder von ISASC – International Society of Antique Scale Collectors) für das Entgegenkommen, daß an einigen ihrer Münzwaagen Wägeversuche ausgeführt und die technischen Daten ermittelt werden konnten.

Durch die Erlaubnis des Rheinischen Landesmuseums, Trier, ist es möglich gewesen, die technischen Daten der dort befindlichen feineren römischen Waagen zu vermessen.

Nachtrag

Nach Abschluß der Arbeit ist dem Verfasser bekannt geworden, daß das Waagenbesteck von F. Petrie, das die beiden Waagen enthält, in den Beständen des Science Museum, London, inventarisiert ist (Inv.Nr. 1935-452); es befindet sich dort als Leihgabe des Museum by University College, dem die Petrie Collection gehört (Abb. 17).

Mit Schreiben des Science Museums (Dr. D. Vaughan v. 4. August 1983) wurde mitgeteilt, daß die Waagebalken der beiden Waagen keinerlei Unterteilung aufweisen, wie dies bei den meisten der in Trier vorhandenen der Fall ist. Die in der hier vorgelegten Arbeit geäußerte Vermutung über deren Nichtvorhandensein ist damit als bestätigt anzusehen.

Im Science Museum liegt das Ergebnis einer Bestimmung der Empfindlichkeit der beiden äußerst gut erhaltenen Instrumente vor. Danach sind ohne Belastung noch 0,5 grains erkennbar. Bei 100 grains Belastung (knapp 7 Gramm) geht sie bei der größeren der beiden auf 0,9 grains und bei der kleineren auf 1,6 grains zurück. Bei 1000 grains Belastung sind noch 5,0 resp. 6,0 grains feststellbar.

Die in dem vorliegenden Beitrag angegebenen Daten über die Empfindlichkeit spätrömischer Waagen, die durch Analogieschlüsse gewonnen wurden, dürfen damit als bestätigt angesehen werden. Ebenso trifft zu, daß die Empfindlichkeit mit zunehmender Belastung deutlich abnimmt – offenbar als Folge der konstruktiven Gestaltung des Waagebalkens mit der deutlich höher als die beiden Schalenaufhängungen liegenden Mittelachse.

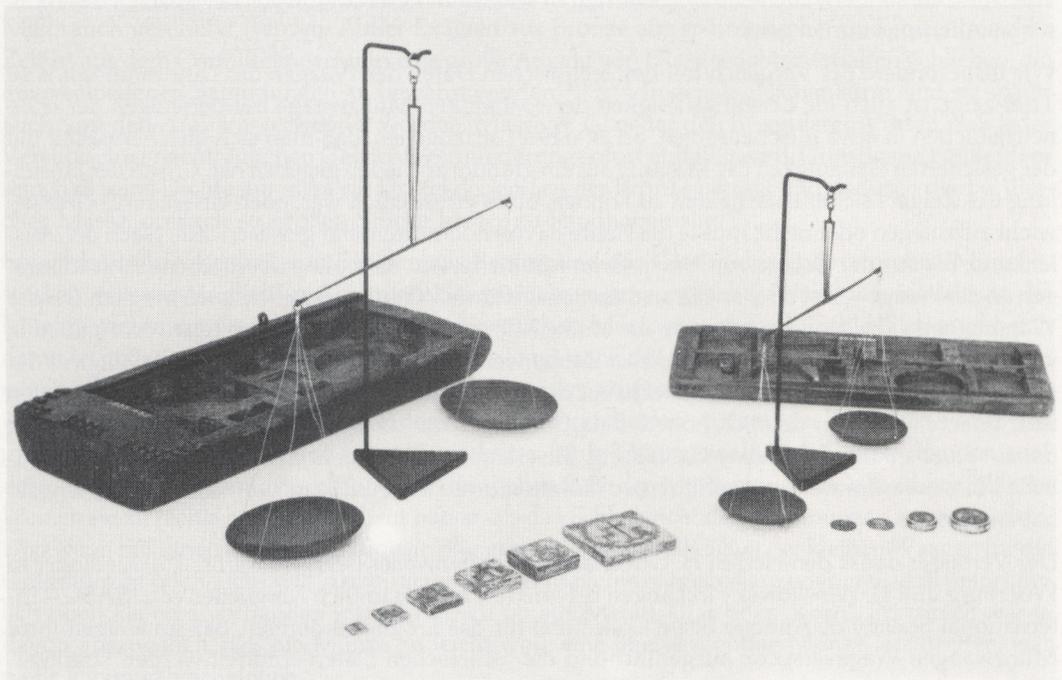


Abb. 17 Zwei spätrömische Geld- und Münzwaagen aus der Petrie-Collection (vgl. Abb. 11).
Copyright The Science Museum, London

Aus diesen Angaben läßt sich, indirekt, auch eine zusätzliche Bestätigung des vom Verfasser behaupteten Wägevorgangs ableiten: Da ein Laufgewicht offenbar nicht verwendet worden ist, die Waagen jedoch bis etwa ein granum aufzulösen imstande gewesen sind, konnte der Ausgleich nur durch kleine Gewichtsstücke vorgenommen worden sein. Wenn dann die zu wägende Münze gegenüber dem Exagium zu leicht war, konnte dieser Ausgleich nur so ausgeführt worden sein, daß kleine Gewichtsstückchen zu ihr hinzugefügt wurden.

Hans R. Jenemann
Schwedenstr. 7 E
6203 Hochheim