

RÖMISCHE SCHNELLWAAGE IM MUSEUM VON SZENTES

ZSOLT VISY

(Dunaujváros, Museum)

Es werden im József Koszta Museum von Szentés zahlreiche römische Gegenstände aufbewahrt. Die meisten von diesen Streufunden kamen aus Aquincum und Brigetio, und sie wurden um die Jahrhundertwende herum wohl über die Vermittlung von Wander-Erdarbeitern ins Museum eingeliefert. Es gibt darunter auch mehrere von künstlerischem oder wissenschaftlichem Gesichtspunkt aus beachtenswerte Stücke. Ein solches ist auch der Gegenstand der vorliegenden Besprechung, eine Schnellwaage.

Der Fundort dieser aus Bronze verfertigten Waage ist nicht bekannt, man kann auf Grund dessen, was eben gesagt wurde, nur vermuten, daß sie aus Brigetio oder Aquincum entstammt. Ihr Erhaltungszustand ist gut, sie ist beinahe unversehrt. L: 20,7 cm, die Länge der Lastkette ist 21,8 cm (Abb. 1—2). Es fehlen ihr: der verdünnte Anknüpfungsteil der beiden Aufhänge-Haken, eine der Aufhänge-Haken der Lastkette, ferner ein kleiner Teil ihres Drahtes. Es fehlt ihr auch das Laufgewicht. Der Durchschnitt der Stange der Waage ist quadratisch, und man sieht an ihren beiden Enden je einen Knopf. Der eine von diesen diente dazu, um das Herunterfallen des Laufgewichtes zu verhindern; der andere sicherte auf dem vor ihm liegenden zylindrischen Halsteil das freie Drehen jenes hufeisenförmig gebogenen Bronzedrahtes, der die Lastkette hielt. Notwendig war das freie Drehen dieses Stückes, damit die Waage in drei verschiedenen Stellungen funktionsfähig sei. Der Benutzer hatte nämlich je nach diesen Stellungen eine mit anderen Einteilungen versehene Seite der quadratischen Stange unter den Augen; doch in jeder Stellung mußte die Lastkette ein freies Baumeln haben. Zu allen drei Stellungen gehörte je ein Aufhänge-Haken; die Haken sind mit ihren anschließenden Ringen zu je einer Seite der Bronze-Stange genietet. Nachdem die Ebene der Seiten beim Aufhängen I. in einem Winkel von 45° gebrochen ist, befindet sich darum eine der Kanten der Stange bei jeder Wiege-Stellung oben; und fiel die Lastkette auf die rechte Seite des Benutzers, so konnte er die für diese Wiege-Stellung gültigen Einteilungen und Werte auf der ihm zugewandten schiefen Seite ablesen.

Abbildung 2. zeigt die Zeichnungen der drei Skalen auch gesondert. Der Wiegbereich I. umfaßt 0—5 Pfunde. Jeder Pfund wird durch kleinere Einkerbungen in 12 Unzen geteilt, und durch eingepunzte S-Buchstaben (*semis*) sind die Halbpfund-Werte kenntlich gemacht worden. Die Skala II. wog die Lasten zwischen 5—18 Pfund. Aber ausgeschrieben sieht man nur die Einheiten 5, 10 und 15, wobei selbst der Wert 15 Pfund nur durch das Zeichen V angegeben wird. Die übrigen vollzähligen Werte sind durch lange Einkerbungen kenntlich gemacht, und auch hier verweisen eingepunzte S-Buchstaben auf die Halbpfund-Einheiten. Der Wiegbereich der Skala III. war zwischen 15—55 Pfund. Nur die Dezimal-Werte sind vollständig ausgeschrieben.

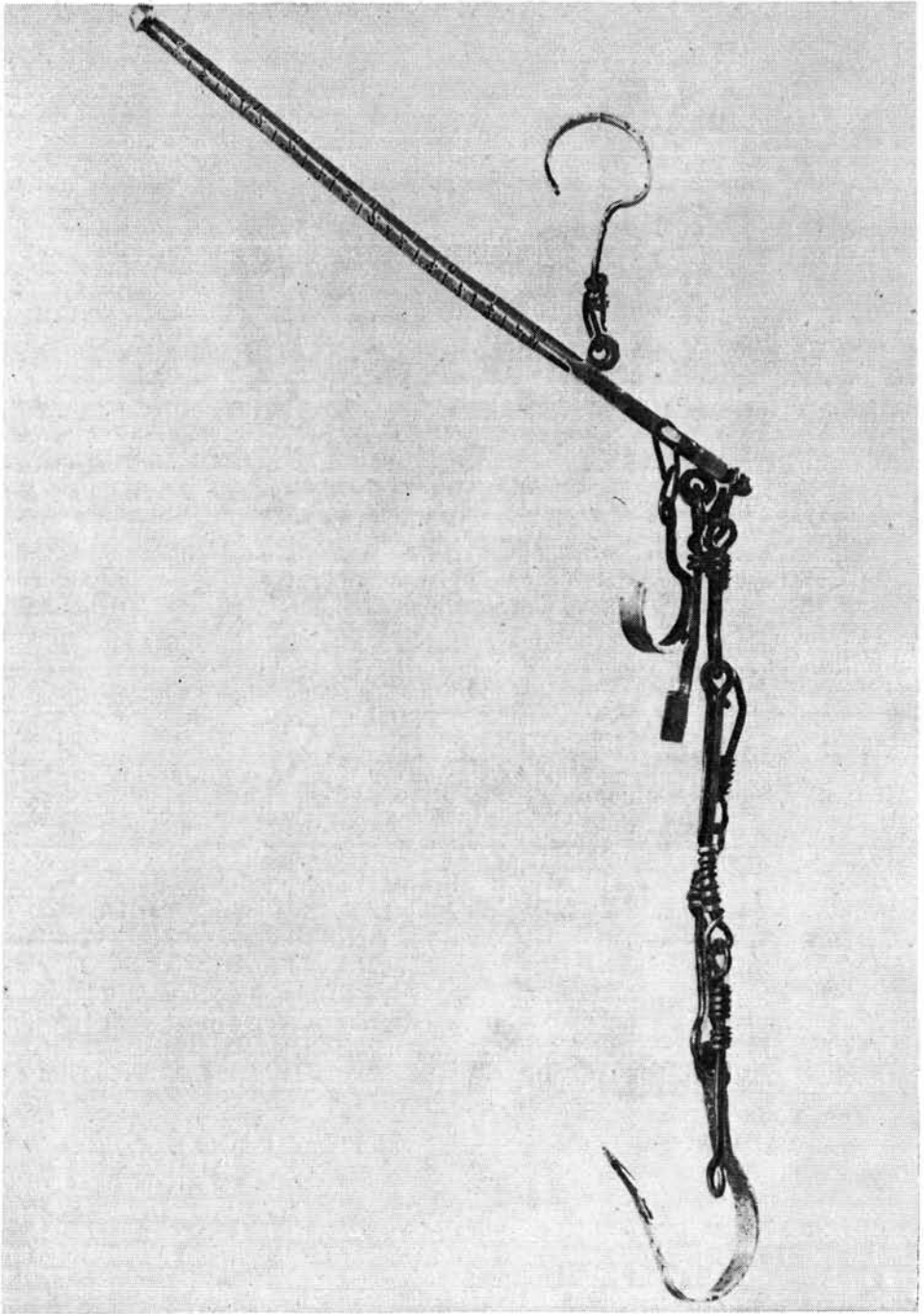


Abb. 1.
Abb. 2. → Beilage

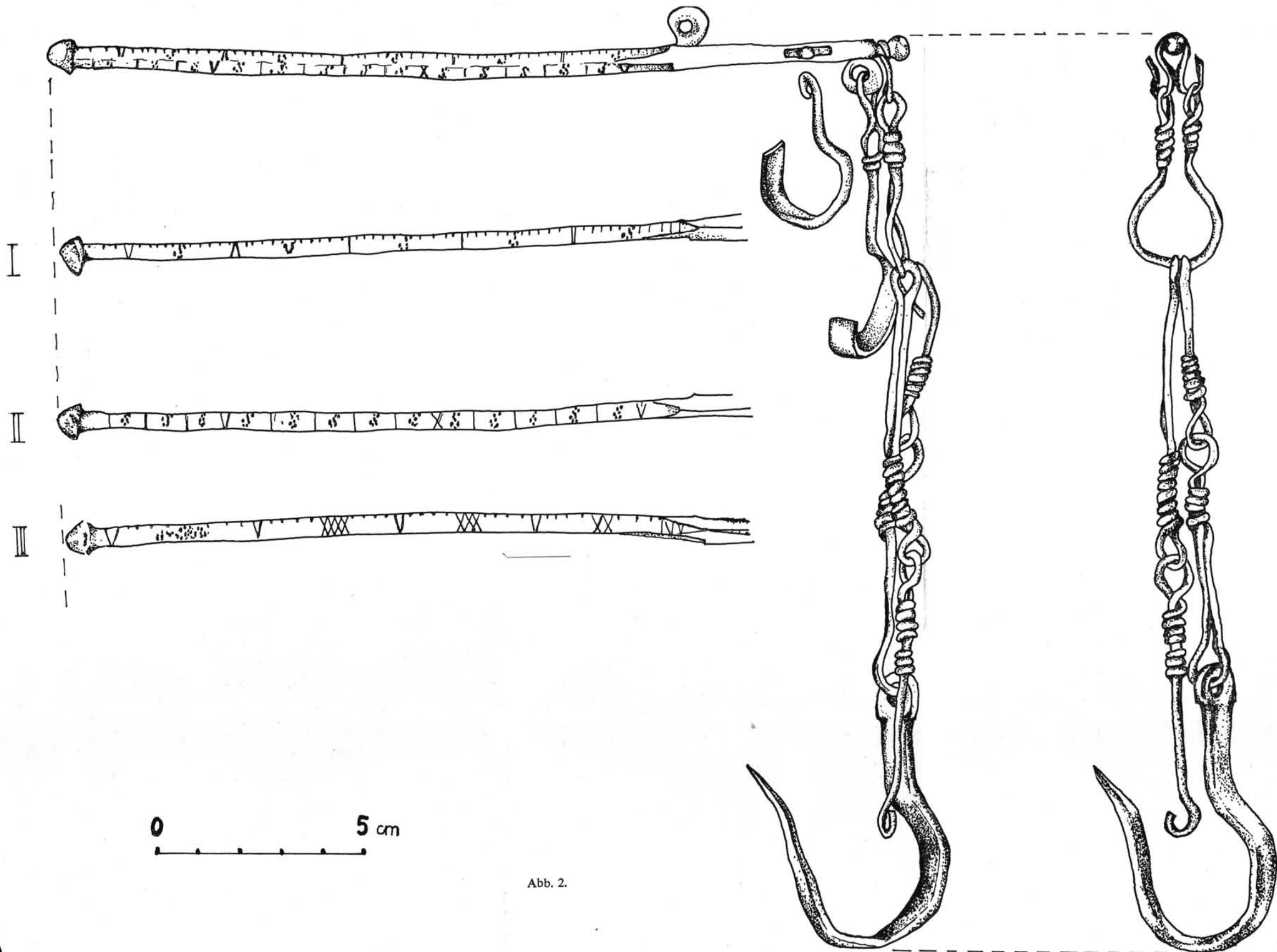
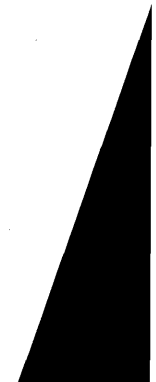


Abb. 2.



[Faint, illegible text, possibly bleed-through from the reverse side of the page. The text is arranged in several horizontal lines across the middle and right portions of the page.]



ben; den fünfziger Wert gibt ein punzierter Schmuck an. Bei den 5-Pfund Werten sieht man die Ziechen V, und Einschnitte zeigen die übrigen vollzähligen Werte.

Die Waage war also — trotz der kleinen Ausmaße und der filigranen Ausarbeitung — auch zum Wiegen beträchtlicher Lasten geeignet, nachdem ihre maximale Belastung 55 Pfund = 18,009 kg war.

Es kamen schon ziemlich viele Waagen des ähnlichen Typus von römerzeitlichen Fundorten zum Vorschein,¹ und so ist unsere Waage keine Seltenheit, ihre Konstruktion ist wohlbekannt,² umso mehr, nachdem Waagen, die nach einem ähnlichen Prinzip funktionieren, auch heutzutage in Gebrauch sind. Eben darum wäre hier eine eingehendere Schilderung von ihr überflüssig. Aber es gibt doch einen Punkt, der eine ausführlichere Erörterung verdient, und dieser Punkt betrifft die Frage nach dem Wert des Laufgewichtes. Die Berechnungen weiter unten mögen dazu beitragen, wie man die Frage entscheiden kann, ob antike Waagen und Laufgewichte — die meistens unabhängig voneinander zum Vorschein kommen — einst zusammengehörig waren.³

Man kann den Wert des Laufgewichtes feststellen, auch wenn die Waage mangelhaft und darum ihr Eigengewicht nicht bekannt ist. Denn man braucht ja zur Bestimmung des Laufgewichtes nur die folgenden drei Angaben:

das Gewicht der Belastung (also das den Einteilungen der Waage entsprechende Gewicht) G ;

der Gewichtarm, t ;

der Kraftarm, s .

Es sei angenommen, daß die Waage unter einer gewissen Belastung mit dem Laufgewicht (P) ins Gleichgewicht gebracht wurde. Im Gleichgewichtszustand spielte natürlich auch das Eigengewicht der Waage auf beiden Seiten (m_1, m_2) eine Rolle; die Schwerpunkte dieser letzteren sind auf l_1 bzw. l_2 Distanzen von dem Punkt des Aufhängens entfernt. Im Falle des Gleichgewichts sind die Kräfte auf beiden Seiten der Waage gleich, also:

$$m_1 l_1 + P s_1 = m_2 l_2 + G t.$$

Und man nehme jetzt an, daß auf das zweite Mal mit einer grösseren Belastung ein ähnlicher Gleichgewichtszustand erreicht wurde:

¹ CIL XIII 10031; *Wosinsky, M.*, Tolnavármegye az őskortól a honfoglalásig (=Komitat Tolna von der Urzeit bis zur Landnahme). II. (1896) Taf. CLXVII.; *Radnóti, A.*, Waagen und Gewichte, in: *Intercisa II. Arch. Hung.* 36. (1957) 229, Taf. XLV. 14, 15, 17; *Biévelet, H. et Jolin, R.*, L'exploration archéologique de Bavai. *Latomus* 13 (1954) 417 ff.; *Nuber, H. U.*, Zwei römische Schnellwaagen aus Eining, Ldkr. Kelheim und Arxtham, Gem. Höslwang, Ldkr. Rosenheim. *Bayrische Vorgeschichtsblätter* 32 (1967) 29 ff.; *Fremersdorf, Fr.*, Inschriften auf römischem Kleingerät aus Köln. *BRGK* 27 (1937) 41; *Behrens, G.*, Merowingische Gewichte und Waagen. *Mainzer Zeitschrift* 34 (1939) 17. ff.

² Ihr Funktionsprinzip wurde durch *Paret, O.*, [Von römischen Schnellwaagen und Gewichten. *Saalburg Jb.* 9 (1939) 73. ff.] ausgearbeitet; diese Studie gilt auch heute noch als grundlegend. Man kann aus der ungarischen Fachliteratur zwei solche Werke erwähnen, die benutzt werden können: *Finály, H.*, Az ókori súlyokról és mértékekről (= Von den antiken Gewichten und Maßen). Budapest, 1883; ferner *Soproni, S.*, Rómaikori ólomsúlyok a szekszárdi múzeumban (=Römerzeitliche Bleigewichte im Museum von Szekszárd). *Num. Közl.* 64—65 ;(1966) 215 ff.

³ Es ist bis zu einem gewissen Grade störend, daß O. Paret das Eigengewicht der Waage nur auf der Seite des Kraftarmes berücksichtigt; auf der Seite des Lastarmes rechnet er nur mit dem Gewicht der Lastkette. Aber seine Methode hat doch zu keinem unrichtigen Ergebnis geführt, nachdem die vernachlässigte Quantität im Laufe der Berechnungen sowieso fortfällt. Es ist nur nötig auf den irrtümlichen Ausgangspunkt hinzuweisen, nachdem in gewissen Fällen auch die vernachlässigten Angaben berücksichtigt werden müßten, und in solchen Fällen die Formel von O. Paret zu einem irrtümlichen Ergebnis führt.

$$m_1 l_1 + P s_2 = m_2 l_2 + G' t.$$

Subtrahiere man jetzt von der größeren Gleichung aus die kleinere:

$$P s_2 - P s_1 = G' t - G t.$$

Wie man sieht, fallen infolge dieser Operation alle Glieder fort, in denen Angaben über das Eigengewicht der Waage eine Rolle gespielt hatten. Man kann aus dieser letzteren Gleichung das Laufgewicht leicht bestimmen:

$$P(s_2 - s_1) = t(G' - G)$$

$$P = \frac{t(G' - G)}{s_2 - s_1}$$

Man bekommt also den Wert des Laufgewichtes, wenn man das Produkt des Lastarmes mit der Differenz beider Belastungen durch den Distanz-Unterschied der beiden Stellen des Laufgewichtes dividiert.⁴ Arbeitet man mit den Einheiten sowohl des Gewichtes wie auch der Distanzen, so bekommt man den Wert des Laufgewichtes aus dem Lastarm und aus der auf die Einheit bezogenen Teilungsdistanz.

Man bekommt die folgenden Ergebnisse, wenn man einige Fälle der Skalen —III. einsetzt:

	t	$s_2 - s_1$ Im Durchschnitt	P
I.	47 mm	26,6 mm	1,76
II.	18 mm	10 mm	1,8
III.	6 mm	3,37 mm	1,78

In bester Approximation ergibt den Wert des Laufgewichtes der Durchschnitt aller drei Skalen.⁵ Die konkrete Berechnung führt zum Ergebnis: 1,78 Pfund = 583 g; dieser Wert darf im Prinzip als das Laufgewicht gelten.

Die Waage funktionierte also nicht mit derselben Genauigkeit in allen drei Skalen. Unsere Berechnungen gelten nur für die Skala III. Man berechnet die durchschnittliche Toleranz der beiden anderen Skalen mit Hilfe der folgenden Formel:

$$G' - G = \frac{P(s_2 - s_1)}{t}$$

Berücksichtigt man die durchschnittliche Distanz der Einteilungen, so bekommt man die durchschnittliche Abweichung der Last von 1 Pfund, und diese läßt sich auch schon prozentmäßig ausdrücken:

⁴ Auch an dieser Stelle bedanke ich mich *Gábor Visy* gegenüber, der mir in der Ausarbeitung der Berechnungen mit seinen Ratschlägen behilflich war.

⁵ Nach *O. Paret* (op. cit. 76) bekommt man die zuverlässigsten Ergebnisse im Bereich der Skala I.

	$G' - G$	Abweichung	%
I.	330,2 g	+2,75 g	+0,84%
II.	323,89 g	-3,56 g	-1,09%
III.	327,45 g	± 0	± 0

Natürlich war die Toleranz in Wirklichkeit viel größer; dies ergibt sich auch schon aus den kleineren oder größeren Distanz-Unterschieden gegenüber der prinzipiell richtigen Distanz. In der Skala I. schwankt die Pfund-Einteilung zwischen 25,8—27,2, die Unzen-Einteilung zwischen 1,3—3,2 mm; dagegen bewegt sich die Pfund-Einteilung der Skalen II. und III. zwischen 9—10,8 bzw. zwischen 2,2—5,6 mm. Wie man sieht, je kleiner die Einteilungsdistanzen sind, umso größer wird die Ungenauigkeit. Aber es ist doch auffallend, daß eine Waage zum alltäglichen Gebrauch mit einer verhältnismäßig so großer Genauigkeit funktionierte. Selbstverständlich vermochte sein Meister dieses trotz seiner Einfachheit doch komplizierte Instrument nur auf Grund genauer Berechnungen und gründlich experimentierter Methoden zu verschaffen.⁶ Vergleicht man die verschiedenen Distanzen der Waagenarme untereinander, so wird es nicht besonders schwer die Bewandnis der Waagen-Herstellung herauszubekommen, d. h. jene Kunstgriffe zu erraten, wodurch es erreicht wurde, daß man in drei verschiedenen Stellungen der Waage mit demselben Laufgewicht bis zur Grenze von 50 Pfund Belastung wiegen könne. Die folgenden Ausdrücke verraten die Konstruktion der Waage:

$$26,6 : 10 : 3,37 \approx 47 : 18 : 6 \quad \text{oder} \\ 8 : 3 : 1 \approx 16 : 6 : 2$$

Es ist leicht einzusehen, daß das Verhältnis der Einteilungsdistanzen und der Lastarme aller drei Skalen nahezu 1:2 ist, und daß das innere Verhältnis beider Reihen (in den drei Skalen) dasselbe ist: 8:3:1. Es ist vermutlich kein Zufall, daß der Grundwert aller Berechnungen, die durchschnittliche Größe der Skala I. 26,6 mm ist, denn dies ist nahezu der Maßstab: 1 Unze=25 mm.

Es folgt aus dem Verhältnis 8:3:1, daß die Skala II. dreimal, und die Skala III. achtmal soviel Einteilungsdistanzen hat, als die Skala I. Dies ist in der Tat so, nachdem Skala I. bis 5 Pfund, Skala II. zwischen 5—18, und Skala III. zwischen 15—55 Pfund wiegt. (Es wäre auf Skala II. Platz für noch einen Wert am Anfang und Ende vorhanden gewesen, aber man brauchte diesen nicht mehr.) Die richtige Wahl der Verhältnisse hatte auch zur Folge, daß 7 Unzen auf die nützliche Länge der Waagenstange genügten: 5 auf den Kraftarm, und 2 auf den Gewichtarm; so wurde der Wiegbereich des Instrumentes — mit den gerade notwendigen Wiederholungen — von 0 bis 55 Pfund kontinuierlich.

Die Tatsache, daß jeder Gewichtarm nahezu das Doppelte der dazugehörigen durchschnittlichen Einteilungsdistanz ausmacht, kommt daher, daß der approximative Wert des Laufgewichtes 2 Pfund ist, nachdem

$$P = \frac{2 \text{ Unzen} \times 1 \text{ Pfund}}{1 \text{ Unze}} = 2 \text{ Pfund.}$$

⁶ Paret, O., (op. cit.77) schlug eine Lösungsmöglichkeit vor, aber seine Methode ist kaum zutreffend. Er glaubte nämlich, der Meister hätte vom Wert des Last- und Kraftarmes sowie von der maximalen Belastung aus die Größe des Laufgewichtes erschlossen. Es wurde dabei nicht wahrgenommen, daß man dieselbe Aufgabe auch einfacher, und vor allem, genauer lösen kann, wenn man nämlich vom Verhältnis der Lastarme und der dazugehörigen Teilungsdistanzen ausgeht.

Der Wert des Laufgewichtes hat jedoch, wie gesehen den 2 Pfund *nicht* erreicht; das Laufgewicht war bloß 1,78 Pfund. Dieser Unterschied ist darauf zurückzuführen, daß der jeweilige Lastarm kürzer als das Doppelte der entsprechenden Einteilungsdistanz ist.

Es wurde also durch vorangehende Berechnungen ermöglicht, daß der Meister den Körper der Waage herstelle, und das Laufgewicht ausgieße. Nur die Anfangspunkte der Skalen (0, 5, 15 Pfund) mußten auf experimentellem Wege mit Hilfe des Laufgewichtes festgestellt werden, nachdem die Stellen von diesen Anfangspunkten schon durch das Eigengewicht der Waage, genauer: durch jene Gewichtsverhältnisse bestimmt werden, die den einzelnen Stellungen entsprechen. Auf alle Fälle wurde die Lastkette so bemessen, daß durch sie die Waage zwar heuntergezogen werde, aber nur so weit, daß ihr Gleichgewicht durch das Anbringen des Laufgewichtes — möglichst nahe beim Aufhänge-Punkt (-beim Punkt 0) — hergestellt werde. Es bleibt allerdings eine offene Frage, ob — nachdem die Anfangspunkte gefunden waren — die übrigen Einteilungen der Skalen einfach nach berechneten Distanzen ausgemessen und eingeschlagen wurden, oder ob man auch diese mit Experimentieren gefunden hatte. Jene Abweichungen, die man bei den Unterteilen beobachtet, scheinen allerdings zu verraten, daß man um die Genauigkeit dieser letzteren sich weniger gekümmert hat.⁷

Es kommt, leider, vor, daß man manchmal die grundlegende Einheit einer Waage auf Grund der Einteilungen der Skalen und ihrer Zeichen nicht bestimmen kann. Es läßt sich zwar auch eine solche nicht bekannte Einheit nachrechnen, aber nur wenn die Waage unversehrt oder rekonstruierbar ist, da man in solchen Fällen das Eigengewicht der Waage nicht vermissen kann. Man geht bei dieser Rekonstruktion vom Gedanken aus, daß im Falle eines gegebenen Laufgewichtes der Punkt 0 0 durch das Eigengewicht der Waage bestimmt wird. Doch trifft natürlich auch das Umgekehrte dieser Beobachtung zu: man kann in der Kenntnis der Distanz zwischen dem Aufhänge-Punkt und dem Punkt 0 ($=x$), sowie des Eigengewichtes der Waage den Wert des Laufgewichtes in Gramm berechnen, und es ist danach schon leicht festzustellen: welche Grundeinheit die Einteilungen der Waage hatten. Der Gleichgewichtszustand der Waage ohne Belastung wird durch die folgende Forme ausgedrückt:

$$Px + m_1 l_1 = m_2 l_2, \text{ woraus}$$

$$P = \frac{m_2 l_2 - m_1 l_1}{x}$$

⁷ Eben darum ist die Ansicht von *Paret, O.*, (op. it. 75) irrtümlich, wenn wer meint, daß man die verlorengegangenen Laufgewichte nur auf experimentellem Wege ersetzen konnte. Ein sachverständiger Meister konnte anstatt der verlorengegangenen mit voller Genauigkeit neue Laufgewichte gießen: er mußte dazu nur die Lastarme, die Teilungsdistanzen sowie die grundlegende Einheit der Waage

($P = \frac{f}{s_2 - s_1}$) kennen. Auch wenn die Lastkette verloren ging, war es nicht irreparabel, oder wenn sie aus irgendeinem Grunde mit einem Teller vertauscht wurde; ein solcher Fall war z. B. derjenige der Waage von *Arxheim Nuber, H. U.*, (op. cit. 38). Ein Bleibeschwerer unter dem Teller hat in diesem Fall den Gewichtsunterschied ersetzt. Man braucht also nicht zu vermuten — wie *H. U. Nuber* versuchte — daß im Falle Waage bei den verschiedenen Wiege-Stellungen verschiedene Beschwerer angewendet wurden. Verfehlte Berechnungen haben ihn zu einem irrtümlichen Ergebnis geführt. Er stellte seine Formel auf Grund einer vermutlichen Gleichgewichtslage auf, wobei er jedoch das Eigengewicht der Waage außer acht ließ. Es wurde dagegen hier darauf hingewiesen, daß ein zusätzliches Gewicht nur die Stelle des Punktes 0 der Waage zu bestimmen vermochte.

Es wurden schon mehrere völlig unversehrte Schnellwaagen gefunden. Es ist auffallend, daß die Laufgewichte von diesen meistens weniger wiegen, als was man aus dem Verhältnis ihrer Einteilungsdistanzen des Lastarmes berechnen kann. Man könnte versuchen für diese Differenzen mehrere Gründe namhaft zu machen, wie etwa: ursprüngliche Ungenauigkeit, Gewichtsverlust infolge der Oxidierung, Abnutzung infolge des Gebrauchs etc. Aber man dürfte als möglichen Grund auch die absichtliche Ungenauigkeit nicht außer acht lassen. Man könnte daran denken, daß der Händler damit vielleicht einen unrechtmäßigen Gewinn erstrebt hatte. Es ist ja leicht einzusehen, daß man mit der Verminderung des Laufgewichtes — in größerem oder in kleinerem Maße — einen bedeutenden Gewinn erzielen konnte. Ein derartiges Manipulieren war auch deswegen verhältnismäßig leicht, nachdem man bei dieser Art Waage die Genauigkeit eigentlich nur beim Punkt o kontrollieren konnte; verminderte man dabei das bewegliche Gewicht vorsichtig nur um einigen Prozentsatz, so war die Abweichung beim Anfangspunkt so klein, daß man dafür noch leicht die technische Mangelhaftigkeit der Waage verantwortlich machen konnte. Prägnant wurden die Abweichungen nur bei größeren Belastungen. Etalons waren dagegen nicht immer bei der Hand, mit denen man nämlich den Schwindel hätte nachweisen können.

Nehmen wir an — wie es auch wahrscheinlich ist — daß der Unterschied zwischen dem prinzipiellen und dem tatsächlichen Wert des Laufgewichtes zur Hälfte auf beabsichtigte Gewichtsverminderung, und zur Hälfte auf natürliche Abnutzung zurückgeht. So kann man die Abweichung des rekonstruierten ursprünglichen Laufgewichtes vom prinzipiellen Wert auch prozentmäßig zum Ausdruck bringen, wodurch das Maß des Schwindels genau kenntlich wird. Das leichtere Laufgewicht kann nämlich die Zunahme der Last bis 1 Pfund nur dann ausgleichen, wenn die ursprüngliche Einteilungsdistanz nach dem vorigen Prozentsatz vergrößert wird. Nachdem jedoch die Distanz zwischen dem Aufhänge-Punkt und dem Punkt o (x) der Skala I. in den meisten Fällen nur $1/5$ — $1/10$ der allgemeinen Einteilungsdistanzen ausmacht, wird auch die Distanz-Zunahme bei den Punkten o nur soviel ausmachen. In Wirklichkeit macht dieser Wert etwa 1 mm aus, d. h. er ist so winzig, daß man mit seiner Hilfe den Schwindel nicht nachweisen kann. Dieses Manipulieren vermochte zum Ergebnis zu führen, daß der Händler — indem er das verminderte Laufgewicht mit den entsprechenden Einteilungsdistanzen in Einklang brachte — um einen gewissen Prozentsatz weniger Ware seinem Käufer aushändigen konnte.⁸

⁸ Dies macht im Falle der Waage von Ehningen *Paret, O.*, (op. cit. 77) etwa 13%, und in demjenigen der Waage von Arxtheim *Nuber, H. U.*, (op. cit. 35 ff.) etwa 3% aus.