Die statischen Momente der menschlichen Gliedmassen.

Von

Prof. Dr. E. Harless.

Zweite Abhandlung.

Die statischen Momente
der
menschlichen Gliedmassen.

Von
Prof. Dr. E. Harless.

Da es verhältnissmässig nur selten der Fall seyn dürfte, eine ganze Leiche zur Verfügung gestellt zu bekommen, wo, wie in unserer anatomischen Anstalt, von mehrfachen Seiten theils Recht, theils Wunsch zu verschiedenen wissenschaftlichen Zwecken Hingerichtete oder einzelne Theile derselben beansprucht, musste ich mich vorläufig begnügen, die in der Ueberschrift bezeichnete Aufgabe, an einem einzelnen Individuum gelöst, in der ersten Abhandlung zu veröffentlichen.

Ich habe mich über die Beschränkung der dort mitgetheilten Zahlen auf einen speziellen Fall bereits ausgesprochen. Mancherlei Erfahrungen haben mich inzwischen belehrt, dass eine viel grössere Gesetzmässigkeit in der Vertheilung der Massen an unserem Organismus existirt, als man vorauszusetzen geneigt seyn dürfte.

Schon die geringen Schwankungen in dem Ort des allgemeinen Schwerpunktes für die gleiche Stellung bei verschiedenen Individuen,

so wie die geringen Unterschiede, welche die Lage der Schwerpunkte ganzer Extremitäten zeigt, wie in der ersten Abhandlung nachgewiesen worden ist, konnten darauf hindeuten.

In der That: die äussere Erscheinung der Bewegungen an den einzelnen Menschen müsste eine viel grössere und auffälligere Verschiedenheit, als diess wirklich der Fall ist, zeigen, wenn die Anordnung der Massen, die relativen Längen der Hebelarme und die relativen Gewichte der Theile, so wie die Orte der Schwerpunkte grossen Schwankungen unterworfen wären.

Diess ist aber nicht der Fall.

Ich theile zunächst hier die Messungen und Berechnungen für die Leiche des im Januar 1857 hingerichteten 29 Jahre alten Kefer mit, welchen mir Herr Prof. Bischoff zu diesem Zwecke zu überlassen abermals die Güte gehabt hat, und werde darauf die bereits in den „Gelehrten Anzeigen" angedeutete Methode auseinandersetzen, nach welcher man die hier einschlägigen Beobachtungen für jeden beliebigen anderen Fall auch an Lebenden anstellen kann.

Die praktische Verwerthung der dabei gewonnenen Resultate, um derentwillen ich überhaupt die ganze Untersuchung aufgenommen habe, findet man im III. Heft meines „Lehrbuches der plastischen Anatomie".

I.

Die Zergliederung, Messung und Wägung, so wie die Bestimmung des Ortes der Schwerpunkte aller einzelnen Glieder wurde nach den Methoden vorgenommen, welche in der I. Abhandlung bereits mitgetheilt sind. Ich habe mich aber diessmal nicht mit den Mittelwerthen aus

beiden gleichnamigen Extremitätenstücken begnügt, sondern sie je für sich in Rechnung gezogen; auch sind die einzelnen Maasse mit noch vollkommeneren Instrumenten gewonnen und von mehreren Personen controlirt worden, ebenso die Wägungen und Aequilibrirungsversuche.

Die Resultate der Messungen waren folgende:

Die Totalhöhe des Körpers war	167,7	Cm.
Die Höhe des Kopfes . . .	20,2	Cm.
Die Fusshöhe	9,7	Cm.
Die Länge des Unterschenkels	38,15	Cm.
Die Länge des Oberschenkels	42,3	Cm.
Summe	90,15	Cm.

Die Länge des Rumpfes war aus drei verschiedenen Messungen, theils des Ganzen, theils der Summe seiner einzelnen Theile gewonnen, und betrug darnach 57,5 Cm.

Daraus ergiebt sich als Totalhöhe:

für den Kopf	20,2	Cm.
für den Rumpf	57,5	Cm.
für die unteren Extremitäten	90,15	Cm.
die Summe:	167,85	Cm.

Die speziellen Messungen an den einzelnen Extremitätenstücken mit möglichst genauer Berücksichtigung der geradlinigen Entfernungen, welche die Drehpunkte ihrer einzelnen Gelenke von einander zeigten, ergaben nachstehende Werthe:

für den Oberschenkel	rechts 42,3 Cm.	links 42,3 Cm.
für den Unterschenkel	rechts 38 Cm.	links 38,1 Cm.

für die ganze Fusslänge . . .	rechts 25 Cm.	links 25 Cm.
für den Fuss vom Drehpunkt des talus bis zum Mittelpunkt des capitulum metatarsi I. (schiefe Linie)	rechts 14,1 Cm.	links 14,1 Cm.
für die Fussbreite an der Ferse	6,3 Cm.	
für die Fussbreite am Zehenballen	9,9 Cm.	
für die Oberarmlänge	rechts 30,6 Cm.	links 30 Cm.
für den Vorderarm	rechts 26,4 Cm.	links 26,1 Cm.
für die Hand	rechts 18,5 Cm.	links 18,9 Cm.

Ich erwähne hiebei gelegentlich, dass sich zu sehr genauen Messungen brauchbare Bestimmungen der Drehpunkte einzelner Gelenke auch an dem Lebenden nach folgender Methode gewinnen lassen. Man gebe der einen Hälfte des Gelenkes z. B. dem Schultergürtel durch irgend welche Befestigung oder Bandagirung eine sichere und unverrückbare Stellung. Dann photographire man in folgender Weise. Die gewöhnliche Expositionszeit und etwas darüber wird in drei gleiche Theile getheilt. Nach dem Ende jeder Periode wird das Gelenk in eine neue Stellung möglichst rasch gebracht und bleibt in dieser die nächste Periode hindurch. So erhält man auf *einem* Bild drei verschiedene Stellungen, und zwar sehr scharf, wenn man den einfachen Kunstgriff gebraucht, dass man den Hintergrund des zu bewegenden Theiles nicht schon früher verbrennen lässt, ehe dieser vor jenen zu stehen kommt, oder später. Kommt z. B. der Arm in der letzten Periode vor den Rumpf oder einen anderen Theil des Körpers zu stehen, so bleibt der letztere bis zu dieser Periode mit einem dunkelrothen Tuch bedeckt, welches erst unmittelbar vor dem Beginn dieses Zeitabschnittes plötzlich weggezogen wird. Aus demselben Grund ist es nicht zulässig, den zu bewegenden Theil zuerst vor einer anderen Fläche des Körpers stehen zu haben, weil deren

blendendes Licht seine Modellirung in den späteren Abschnitten wieder verwischen würde.

Auf solche Weise erhält man die gehörige Anzahl von Punkten zur Construction der Sehnen, ihrer zugehörigen Bewegungsbogen und Ermittlung der Drehpunkte.

Die Messungen an dem Rumpf des Leichnam's ergaben:

Entfernung der beiden Gipfel der cristae oss. ilium	27,1 Cm.
Breite des unteren Brustkorb-Endes	27,7 Cm.
Aeussere Breite des Beckenbodens nach Exarticulation der Oberschenkel	10,2 Cm.
Durchmesser des grössten Kreises am caput femoris	rechts 4,9 links 4,8 Cm.
Durchmesser des grössten Kreises am caput humeri	rechts und links 4,4 Cm.
Entfernung der Drehpunkte des Schultergelenkes	29,9 Cm.
Entfernung der Drehpunkte des Hüftgelenkes	16,8 Cm.
Tiefen-Durchmesser des Rumpfes vom manubrium sterni zur Wirbelsäule	14,5 Cm.
In der mittleren Höhe der Schulterblätter	17,5 Cm.
In der Höhe des processus xyphoideus	19,1 Cm.
In der Höhe des mons pubis	16,9 Cm.

Setzt man die Totalhöhe = 1000, so gestalten sich die relativen Werthe dieser Messungen folgendermassen:

Kopfhöhe	120
Rumpfhöhe	343
Länge der unteren Extremitäten	537
	1000

Länge des Oberschenkels	252
Länge des Unterschenkels	227
Fusshöhe	58
	537
Fusslänge	149,07
Länge der rechten oberen Extremität	450,207
Länge von deren Oberarm	182,465
Länge des Vorderarmes	157,425
Länge der Hand	110,317
Länge der linken oberen Extremität .	447,226
Länge ihres Oberarmes	178,893
Länge ihres Vorderarmes	155,63
Länge ihrer Hand	112,703

Für den Rumpf berechnen sich die relativen Maasse in folgender Weise:

Entfernung der beiden Gipfel der cristae oss. ilium . . .	161,6
Breite des unteren Brustkorb-Endes	165,175
Aeusserer Querdurchmesser des Beckenbodens	60,823
Durchmesser des grössten Kreises am caput femoris	
rechter Seits	29,219
linker Seits	28,623
Durchmesser des grössten Kreises am caput humeri beider Seiten	26,237
Entfernung der Drehpunkte beider Schultergelenke	178,3
Entfernung der Drehpunkte beider Hüftgelenke	100,177
Tiefe des Brustkorbes in der Höhe des manubrium sterni .	86,463
Tiefe des Brustkorbes in der mittleren Höhe der Schulterblätter	104,355
Tiefen-Durchmesser des Rumpfes in der Höhe des processus xyphoideus	113,89
Tiefen-Durchmesser des Rumpfes in der Höhe des mons pubis	100,775

Betrachtet man die Längenmaasse als Multipla der Handlänge, wie es in der ersten Abhandlung geschehen ist, so erhält man folgende Reihe:

rechte Hand . .	= 1	
Kopf	1,09	
ganzer Rumpf .	3,105	
untere Extremität	4,87	
ganzer Körper .	9,065	
oberer Theil des Rumpfes	2,16	
unterer Theil des Rumpfes	0,945	
Oberschenkel	2,29	
Unterschenkel	2,06	
Fusshöhe	0,52	
ganze Fusslänge	1,351	
ganze obere Extremität rechter Seite		= 4,081
ihr Oberarm		= 1,654
ihr Vorderarm		= 1,427
ihre Hand		= 1
ganze obere Extremität linker Seite .		= 4,0540
ihr Oberarm		= 1,6216
ihr Vorderarm		= 1,4108
ihre Hand		= 1,0216

Für die Gewichtsbestimmung des ganzen Körpers ist zu bedauern, dass die Wägung vor der Hinrichtung nicht gestattet worden war. Der Leichnam wog 47087 Gramm.

der Kopf allein . 3747 Gramm.
der übrige Rumpf 43340 Gramm.

Aus dem Procentverhältniss des bei der Hinrichtung von Graf verloren gegangenen Blutes liess sich annähernd die Menge Blut berech-

nen, welche Kefer bei demselben Akt verloren hatte. Für seinen Leichnam betrug sie darnach:

2808 Gramm.

Diese zu der obigen Zahl addirt, gab als Körpergewicht vor der Hinrichtung:

49895 Gramm.

Der blutleere Rumpf wog, nachdem die vier Extremitäten exartikulirt waren:

19846,5 Gramm.

Die Extremitäten und der Kopf hatten ein Gesammtgewicht von

27240,4 Gramm.;

diese von dem Körpergewicht = 49895 Gramm. abgezogen, liessen für den extremitäten- und kopflosen Rumpf ein Gewicht von

22654,6 Gramm. übrig;

das durch die Waage ermittelte Gewicht von 19846,5 Gramm. abgezogen, giebt für die aus dem Rumpf ausgeflossene Blutmenge 2,808 Kilogramm.

Die einzelnen Extremitätenstücke wogen, nachdem sie, so viel diess überhaupt möglich ist, durch genau die gleichen Schnitte wie am Leichnam des Graf entfernt waren, wie folgt:

rechte ganze untere Extremität	9171,8	Gramm.
linke ganze untere Extremität .	9067,6	„
rechter Oberschenkel	5947	„
linker Oberschenkel	5827	„
rechter Unterschenkel . . .	2242,6	„
linker Unterschenkel	2252,4	„

rechter Fuss	982,2	Gramm.
linker Fuss	988,2	„
rechter Oberarm	1484,5	„
linker Oberarm	1411,3	„
rechter Vorderarm	821,1	„
linker Vorderarm	770,1	„
rechte Hand	393,2	„
linke Hand	374	„
rechte ganze obere Extremität .	2698,7	„
linke ganze obere Extremität .	2555,4	„

Die Zerspaltung des Rumpfes in zwei, wenn auch nicht anatomisch mit voller Schärfe zu trennende Parthien wurde auch in diesem Falle beibehalten, um ihre Masse zu berechnen, aber die für Gefässe mit unähnlichen elliptischen Grundflächen geltende Formel statt der zur Bestimmung des Inhaltes eines abgekürzten Kegels in Anwendung gebracht. Jene entspricht jedenfalls noch genauer den gegebenen Formverhältnissen des Rumpfes.

Diese Formel für die Berechnung des Inhaltes von Gefässen mit unähnlichen elliptischen Grundflächen ist bekanntlich:

$$V = \frac{\pi h}{6} [2 (ab + a_1 b_1) + ab_1 + a_1 b]$$

wobei a und b die grösseren, a_1 und b_1 die kleineren Halbaxen, h die Höhe bedeutet.

Für den Oberrumpf des Leichnams war

$a = 14{,}9$ Cent.
$b = 8$ „
$a_1 = 13{,}55$ „
$b_1 = 9{,}15$ „
$h = 40$ „

Daraus berechnete sich der Inhalt V zu 15310,5 Cub. Cent., was multiplicirt mit 1,066 dem Gewicht des Oberrumpfes

= 16,3225 Kilogr. entspricht.

Das Gewicht des Unterrumpfes wurde nach derselben Formel

aus den Axen 13,55 Cent.
8,45 „
6,75 „
6 „

und dem Werth von h = 17,5 berechnet, und betrug darnach:

4,38 Kilogramm.

Der ganze Rumpf hätte demnach ein Gewicht von

16,3225 + 4,38 = 20,7025 Kilogramm.

Nach den obigen Berechnungen betrug aber sein Gewicht

22,6546 Kilogr.

Diess giebt ein Deficit von 1,952 Kilogr., welches entsprechend den Gewichtsverhältnissen beider Parthien zu einander so vertheilt werden darf, dass man das Gewicht des Oberrumpfes zu 17776,6 Grm., das des Unterrumpfes zu 4868 Grm. annimmt.

In Relation zum Gewicht der rechten Hand, dieses = 1 gesetzt, gewinnen dann alle diese Theile des Körpers folgende Gewichtswerthe:

Der ganze Körper	126,9.
Der Kopf	9,5295.
Der Oberrumpf	45,209.
Der Unterrumpf	12,3805.
Der rechte Oberarm . . .	3,77545.

Der linke Oberarm	3,58925.
Der rechte Vorderarm . . .	2,0875.
Der linke Vorderarm . . .	1,9583.
Die linke Hand	0,95117.
Die rechte Hand	1,0.
Der rechte Oberschenkel . .	15,1245.
Der linke Oberschenkel . .	14,8195.
Der rechte Unterschenkel .	5,70345.
Der linke Unterschenkel . .	5,72834.
Der rechte Fuss	2,49795.
Der linke Fuss	2,51325.

Neben den Gewichtsverhältnissen müssen nun auch für diesen Fall die Orte des Schwerpunktes in den einzelnen Gliedern gegeben seyn.

Mit Ausnahme des Rumpfes wurden diese Orte auf die in der ersten Abhandlung bezeichneten Weise experimentell festgestellt.

Am Kopf liegt er 7,3 Cent. vom Scheitel entfernt.

Am Oberschenkel rechts 18,2 Cent. vom Mittelpunkt des caput femoris, links 17,7 Cent.

Am Unterschenkel rechts und links 21,15 Cent. von der Mitte des malleolus externus.

Am Fuss rechts und links 10,9 Cent. von der Ferse.

Am Oberarm rechts und links 12,95 vom Mittelpunkt des caput humeri.

Am Vorderarm rechts 10,7 vom Drehpunkt des Ellbogengelenkes, links 11,05.

An der Hand rechts und links 6,75 von der Drehungsaxe des carpus.

Für den Ober- und Unterrumpf wurde die Lage des Schwerpunktes

nach den in der ersten Abhandlung bezeichneten Formeln berechnet, und fand sich an dem 40 Cent. hohen Oberrumpf

20,116 Cent. von der unteren Grenze,

an dem 17,5 Cent. hohen Unterrumpf:

9,0605 Cent. von der oberen Grenze.

Die Abstände aller dieser einzelnen Schwerpunkte von der Scheitelebene des Körpers waren also:

für den Kopf	7,3	Centim.
für den Oberrumpf	46,384	„
für den Unterrumpf	69,2605	„
für den rechten Oberarm . .	39,45	„
für den linken Oberarm . .	39,45	„
für den rechten Vorderarm .	67,8	„
für den linken Vorderarm . .	67,55	„
für die rechte Hand . . .	102	„
für die linke Hand	101,5	„
für den rechten Oberschenkel	95,9	„
für den linken Oberschenkel .	95,4	„
für beide Unterschenkel . .	141,15	„
für beide Füsse	163,5	„

Setzt man wieder die Relationen einerseits der Abstände von den Grenzen der einzelnen Glieder, die Länge je eines Gliedes = 1, und die Abstände der verschiedenen Schwerpunkte in Bruchtheilen der ganzen Körperhöhe, diese = 1000 genommen, so gewinnt man folgende Uebersicht:

Abstand der einzelnen Schwerpunkte.

	Von der oberen Grenze des Gliedes, dessen Länge je = 1 gesetzt ist.	Von der unteren Grenze des Gliedes, dessen Länge je = 1 gesetzt ist.	Von der Ebene des Scheitels, deren Entfernung von der Sohle = 1000 gesetzt ist.
Kopf	0,3613	0,6387	43,5305
Oberrumpf	0,4971	0,5029	276,585
Unterrumpf	0,51774	0,48226	413,0
Rechter Oberarm . . .	0,42739	0,57261	235,245
Linker Oberarm . . .	0,4316	0,5684	235,245
Rechter Vorderarm . .	0,41758	0,58242	404,29
Linker Vorderarm . .	0,4023	0,5977	402,805
Rechte Hand	0,361	0,639	608,23
Linke Hand	0,3571	0,6429	605,245
Rechter Oberschenkel .	0,4302	0,4184	571,85
Linker Oberschenkel .	0,5698	0,5816	568,875
Rechter Unterschenkel .	0,4435	0,5565	841,68
Linker Unterschenkel .	0,4945	0,5055	841,68
Rechter Fuss	0,436 (von d. Ferse)	0,564 (von d. Zehe)	974,955
Linker Fuss	0,436	0,564	974,955
Das Mittel ist =	0,4322	0,5678	

Als Controle für die Richtigkeit der Messungen und Berechnungen muss nach der auf pag. 89 der ersten Abhandlung entwickelten Formel der Ort des Schwerpunktes für den ganzen Körper gesucht werden.

Für den Leichnam des Kefer waren die Logarithmen der Q jener Formel folgende:

		Die Numeri:
Kopf	8,8756086 . . .	0,0750945.
Oberrumpf	9,5517712 . . .	0,356265.
Unterrumpf	8,9892755 . . .	0,097560.

		Die Numeri:
rechter Oberarm . .	8,4735051 . . .	0,0297516.
linker Oberarm . . .	8,4515442 . . .	0,0282845.
rechter Vorderarm . .	8,2162681 . . .	0,0164535.
linker Vorderarm . .	8,1884156 . . .	0,0154315.
rechte Hand	7,8965384 . . .	0,0078802.
linke Hand	7,8747965 . . .	0,0074954.
rechter Oberschenkel .	9,0762228 . . .	0,119185.
linker Oberschenkel .	9,0673699 . . .	0,116783.
rechter Unterschenkel .	8,6526767 . . .	0,0449445.
linker Unterschenkel .	8,6545704 . . .	0,0451406.
rechter Fuss . . .	8,2941248 . . .	0,0196845.
linker Fuss	8,2967697 . . .	0,0198046.

Damit berechnet sich das X jener Formel aus der Summe der Qx, deren Werthe nachstehend folgende sind:

Kopf	0,54819.
Oberrumpf	16,5245.
Unterrumpf	6,7571.
rechter Oberarm . .	1,17367.
linker Oberarm . . .	1,11585.
rechter Vorderarm . .	1,1156.
linker Vorderarm . .	1,04245.
rechte Hand . . .	0,803783.
linke Hand	0,760784.
rechter Oberschenkel .	11,4297.
linker Oberschenkel .	11,1406.
rechter Unterschenkel	6,34395.
linker Unterschenkel .	6,37167.
rechter Fuss . . .	3,21845.
linker Fuss	3,23805.
Summe =	71,584347 = X

Dieser Abstand des allgemeinen Schwerpunktes des Körpers ist aber, dessen Totalhöhe = 1000 gesetzt,

= 426,85 vom Scheitel,

eine Zahl, welche mit dem in der ersten Abhandlung (pag. 75) bezeichneten Mittel 420,07 so nahe als möglich zusammentrifft, wenn man bedenkt, wie viele Einzel-Bestimmungen durch Waage und Maasstab und wie viele, theilweise nie absolut genaue Rechnungen schliesslich zur Gewinnung dieser *einen* Zahl beitragen müssen.

Jene Mittelzahl gilt nur für erwachsene Männer. Es ist begreiflich, dass dieselbe für das weibliche Geschlecht, wegen der Verschiedenheit ihrer Körperverhältnisse eine andere seyn wird, und auch dass der Ort des allgemeinen Schwerpunktes in den einzelnen früheren Lebensperioden ein wechselnder ist.

Ich theile hier nur vorläufig einige etwas weiter auseinander liegende Bestimmungen für das weibliche Geschlecht mit, ohne daraus schon jetzt ein allgemeines Gesetz ziehen zu wollen.

	Körperhöhe in Centim.	Abstand des Schwerpunktes vom Scheitel; in Centim.	Abstand des Schwerpunktes vom Scheitel bei 1000 Totalhöhe
I. 31 Jahre alt (hat noch nicht geboren, sehr robust gebaut)	160,5	71	442,3
II. 19 Jahre alt (hat einmal geboren, gracil gebaut) . .	157	70,7	450,3
III. 24 Jahre alt (hat einmal geboren, schlank gebaut) . .	167,4	73,15	436,9

Bei allen fällt der Schwerpunkt in der ausgestreckten Rückenlage in das Bereich des Kreuzbeines. Bei Kindern, wie z. B. bei einem Mädchen von $6\frac{3}{4}$ Jahren, wo der Abstand des Schwerpunktes vom Scheitel = 422,07 war, liegt er in der Berührungsebene der Hüftbeinkämme; bei einem anderen, in einem Abstand von 425,2 vom Scheitel, selbst noch um $\frac{1}{2}$ Centimeter über dieser Ebene. Diess nur im Vorübergehen; wir betrachten jetzt die nächste Tabelle.

Namen der Theile	Absolute Gewichte		Differenz	Relative Gewichte Hand = 1		Differenz	Absolute Längenmaasse		Differenz	Relative Längenmaasse Totalhöhe = 1000		Differenz
	Graf	*Kefer*		*Graf*	*Kefer*		*Graf*	*Kefer*		*Graf*	*Kefer*	
	Gramm.						Centim.					
Kopf	4555	3747	— 808	8,4352	9,5295	+1,0943	21,2	20,2	—1,0	122,7	120	— 2,7
Oberrumpf . .	23055	17776,6	—5278,4	42,694	45,209	+2,515	41	40	—1	225,82	238,52	+12,70
Unterrumpf .	6553	4868	—1685	12,1450	12,3805	+0,2355	13,5	17,5	+4,0	81,1	104,48	+23,38
r. Oberarm .	2070	1484,5	—622,1	3,8333	3,77545	—0,15095	36,4	30,6	—6,1	211,06	182,465	—30,381
l. Oberarm . .		1447,9 (Mittel)			3,68235 (M.)			30,3 (M.)			180,679 (M.)	
		1411,3			3,58925			30			178,893	
r. Vorderarm .	1160	821	— 364,45	2,1482	2,0875	—0,1253	29,889	26,4	—3,639	173,07	157,425	—16,543
l. Vorderarm .		795,55 (M.)			2,0229 (M.)			26.25 (M.)			156.527 (M.)	
		770,1			1,9583			26,1			155,63	
r. Hand . . .	540	393,2	— 156,4	1	1		20,314	18,5	—1,614	117,62	110,317	— 6,11
l. Hand . . .		383,6 (M.)						18,7 (M.)			111,51 (M.)	
		374			0,95117			18,9			112,703	
r. Oberschenkel	7165	5947	—1278	13,252	15,1245	+1,720	44,9	42,3	—2,6	259,99	252	— 7,99
l. Oberschenkel		5887 (M.)			14,972 (M.)							
		5827			14,8915			42,3				
r. Unterschenkel	2800	2242,6	— 552,5	5,1852	5,70345	+0,5307	42,9	38	—4,85	248,405	227	—21,405
l. Unterschenkel		2247,5 (M.)			5,715895 (M.)			38,05 (M.)				
		2252,4			5,72834			38,1				
r. Fuss . . .	1170	982,2	— 184,8	2,1667	2,49795	+0,3389	6	9,7	+3,7	34,74	58	+23,26
l. Fuss . . .		985,2 (M.)			2,5056 (M.)							
		988,2			2,51325			9,7				
ganzer Körper	63970	49895	—14075	118,4	126,9	+8,5	172,685	167,7	—4,985	1000	1000	

Relative Längenmaasse Hand = 1		Differenz	Abstände von der Scheitelebene bei 1000 Totalhöhe		Differenz	Werthe von Q		Differenz	Werthe von xQ		Differenz
Graf	*Kefer*		*Graf*	*Kefer*		*Graf*	*Kefer*		*Graf*	*Kefer*	
1,043	1,09	+0,047	46,324	43,5305	— 2,7935	0,071214	0,0750945	+0,0038705	0,56966	0,54819	—0,02147
1,9	2,16	+0,26	253,04	276,585	+23,545	0,36044	0,356265	—0,004175	15,7500	16,5245	+0,7745
0,69	0,945	+0,255	426,16	413,0	—13,16	0,10253	0,097560	—0,00497	7,54640	6,7571	—0,7893
	1,654					0,032362	0,0297516			1,17367	
1,7918	1,6378 (M.)	—0,1540	261,72	235,245	—26,475		0,0297516 (M.)	—0,0026104	1,4615	1,14476 (M.)	—0,31674
	1,6216					0,032362	0,0282845			1,11585	
	1,427			404,29			0,0164535			1,1156	
1,471	1,4189 (M.)	—0,0521	434,28	403,547 (M.)	—30,733	0,018136	0,0159420 (M.)	—0,002194	1,3600	1,07902 (M.)	—0,28098
	1,4108			402,805			0,0154315			1,04245	
	1			608,23			0,0078802			0,803783	
1			579,32	606,737 (M.)	+27,417	0,0084423	0,0076878 (M.)	—0,0007545	0,84459	0,782283 (M.)	—0,062307
	1,0216			605,245			0,0074954			0,760784	
				571,85			0,119185			11,4297	
2,2102	2,29	+0,0798	573,245	570,3625 (M.)	— 2,8825	0,11186	0,117984 (M.)	+0,006124	11,07550	11,2851 (M.)	+0,2096
				568,875			0,116783			11,1406	
				841,68			0,0449445			6,34395	
2,111	2,06	—0,051	798,495		+43,185	0,043775	0,0450425 (M.)	+0,0012650	6,03610	6,35781 (M.)	+0,32171
				841,68			0,0451406			6,37167	
				974,955			0,0196845			3,21845	
0,29	0,52	+0,23	979,735		— 4,780	0,018293		+0,001391	3.09477	3.22825 (M.)	+0,13348
				974,955			0,0198046			3,23805	
8,50	9,065	+0,565							Summe 71,43858	71,584347.	1.37% d. Totalhöhe. c. 7'''

Die Tabelle, welche übersichtlich alle Zahlen für den Leichnam des Graf und des Kefer zusammenstellt, lässt erkennen, wie eine durchaus freie Compensation die Gleichheit in dem Ort des Schwerpunktes herstellt. Es lassen sich nämlich die Differenzen hinter der Reihe der xQ als Summe zweier Produkte betrachten, deren eines durch $x\Delta Q$, das andere durch $Q\Delta x$ gebildet wird. Die Vergleichung der daraus gebildeten Zahlen unter einander lässt erkennen, wodurch in den vorliegenden beiden Fällen die grosse Aehnlichkeit in der Lage des gemeinsamen Schwerpunktes erzielt worden ist. Man erhält aber mit Bezug auf Kefer, also unter Benützung der Werthe von x und Q bei Graf nachstehende Reihe:

	$x\Delta Q$	$Q\Delta x$
Kopf	+ 0,03	— 0,05
Oberrumpf	— 0,182	+ 0,967
Unterrumpf	— 0,365	— 0,444
Oberarm	— 0,118	— 0,186
Vorderarm	— 0,164	— 0,132
Hand	— 0,0755	+ 0,0143
Oberschenkel	+ 0,610	— 0,375
Unterschenkel	+ 0,18	+ 0,14
Fuss	+ 0,235	— 0,1043

Dadurch gewinnt zugleich das Instrument, „die mechanische Wippe", deren ich in der ersten Abhandlung gedacht, und welches ich in den „Gelehrten Anzeigen" ausführlich beschrieben habe *), an Werth, indem die dazu gehörigen Gewichte ohne irgend erheblichen Fehler wenigstens auf alle männlichen wohlgebildeten Körper direkt angewendet werden können.

*) Das Instrument ist bei Mechanikus Stollenreuther in München auf Bestellung zu haben; sein Preis ist 36 fl.

Ich habe das Instrument zum Oefteren auf seine Feinheit geprüft, und z. B. nach Aufstellung der Gewichte für die Abstände der einzelnen Schwerpunkte von der Scheitelebene bei Graf das Gegengewicht auf 71,25 einstellen müssen. Der Unterschied von der logarithmischen Berechnung und der Ablesung am Instrument betrug also nur: 0,1 %.

Ich habe auch mit verschiedenen lebenden Modellen und mit Antiken Versuche an dem Instrument gemacht, und z. B. für die berühmte Statuette des Merkur, welche von Ch. Dupin's Werk in Valentin's Lehrbuch übergegangen ist, durch die Ablesung ein mit den von Meyer entwickelten Grundsätzen vollkommen übereinstimmendes Resultat, entgegen der Zeichung, wie sie Valentin gegeben hat, gefunden, was auch mit der Berechnung schliesslich übereinstimmte. Die Schwerlinie ist nämlich an dem bezeichneten Ort *) so gezeichnet, als fiele sie gerade durch die Spitze der Zehe. In einem solchen Fall ist das Stehen nicht mehr möglich. Die Beobachtung an meinem Instrument und die Rechnung aus der Stellung aller einzelner Glieder hat aber ergeben, dass der Künstler mit einem fast unbegreiflichen Takt das richtige Aequilibrium errathen hat; die wahre Schwerlinie fällt nämlich unmittelbar hinter dem Ballen der grossen Zehe (Drehungsaxe des capitulum metatarsi I.) herab; in dieser Stellung *kann* die Figur balanciren.

Indem nun wohl durch diese Untersuchungen im Zusammenhalt mit dem, was von verschiedenen Beobachtern an verschiedenen Individuen in Beziehung auf die Lage des Schwerpunktes eines liegenden menschlichen Körpers, so wie seiner grösseren combinirten Gliedmassen gefunden und in der ersten Abhandlung zusammengestellt worden ist, gerechtfertigt erscheint, eine grosse Uebereinstimmung in der Zusammenwirkung aller statischen Momente der einzelnen Gliedmassen anzunehmen,

*) Valentin. Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Bd. I. 3114.

so bleibt für jede innerhalb der hier möglichen Grenzen exakte Untersuchung eines individuellen Falles noch immer, auch bei Untersuchungen an Lebenden, ein Weg offen, alle die nöthigen Zahlen zu ermitteln, welche dazu erforderlich sind, die Lage des Gesammtschwerpunktes in den verschiedensten Stellungen aus ihren Componenten aufzufinden.

Diess ist der zweite Theil der Aufgabe, welche ich mir in dieser Abhandlung gestellt habe, zu deren Lösung ich sofort übergehe.

II.

Die Aufgabe besteht zunächst darin, Mittel zu finden, mit welchen man die Glieder eines lebenden Menschen einzeln zu wiegen im Stande ist. Das kann begreiflich nicht direkt geschehen, sondern nur durch Rechnung gefunden werden, wenn zwei Dinge bekannt sind: erstens das Volumen, und zweitens das spezifische Gewicht des Theiles.

Das Volumen lässt sich leicht finden, wie zuletzt gezeigt werden soll. Die erste Frage ist: kann mit hinreichender Sicherheit das spezifische Gewicht eines solchen Theiles für jeden individuellen Fall ermittelt werden?

Die Möglichkeit wird jedem Anderen, ebenso wie mir anfänglich, schwer denkbar seyn, wenn man überlegt, dass in jedem Theil und bei jedem Individuum in sehr verschiedener Weise Substanzen von sehr verschiedenem spezifischen Gewicht combinirt sind. Muskeln, nahezu von gleichem spezifischen Gewicht wie Blut, Knochen schwerer als dieses, Fett leichter als dieses, ja selbst leichter als Wasser, der übrigen Gewebmassen von verschiedenem spezifischen Gewicht nicht zu gedenken, welche ausserdem in ungleichen Mengenverhältnissen eingeflochten sind.

Gleichwohl habe ich mich durch 44 Wägungen an Extremitäten-Stücken der verschiedensten Leichen Erwachsener überzeugen lassen müssen, dass auch in dieser Beziehung eine so grosse Uebereinstimmung durch gegenseitige Compensation der Massenvertheilung herrscht, wie wir sie in ähnlicher auffallender Weise so eben in Beziehung auf die statischen Momente haben nachweisen können.

Da für die Auffindung der letzteren zunächst die Aufgabe gestellt war, so habe ich die Schnitte, mit welchen die Glieder von einander getrennt wurden, ebenso gelegt, wie ich es in der ersten Abhandlung beschrieb.

Die Wägungen in der Luft wurden auf einer sehr genauen Waage von der Construktion unseres hiesigen Mechanikus Ungerer angestellt; darauf die Glieder nach dem Archimedischen Prinzip in Wasser gewogen, dessen Temperatur und spezifisches Gewicht vor und nach jeder einzelnen Wägung auf's Genaueste geprüft worden ist.

Daraus liess sich in bekannter Weise das spezifische Gewicht jedes Theiles im Vergleich zum destillirten Wasser von grösster Dichtigkeit berechnen und auch wieder sein Volumen auffinden.

Ich theile zunächst die Ergebnisse der Untersuchung an den einzelnen Leichen in der Reihenfolge mit, in welcher sie angestellt wurden.

I. Leiche eines 68jährigen abgemagerten, an Marasmus senilis verstorbenen Mannes:

	rechte Seite		linke Seite	
	absolutes Gewicht	spezifisches Gewicht	absolutes Gewicht	spezifisches Gewicht
Theil	Gramm.		Gramm.	
Oberarm . .	1420,7	1,09036	1239,1	1,0936
Vorderarm . .	767,2	1,111905	765,3	1,111725

	rechte Seite		linke Seite	
	absolutes Gewicht	spezifisches Gewicht	absolutes Gewicht	spezifisches Gewicht
Theil	Gramm.		Gramm.	
Hand . . .	447,7	1,1093	443,9	1,1034
Oberschenkel	4670	1,08705	4460,4	1,08715
Unterschenkel	1874	1,1265	1811	1,1295
Fuss . . .	952,5	1,0950	965,5	1,09975

Das Maass der Abmagerung, oder allgemeiner des Vorherrschens der Knochensubstanz spricht sich in diesem Fall durch den höheren Werth des spezifischen Gewichtes, welchen der Vorderarm im Gegensatz zur Hand zeigt, aus, während dieses Verhältniss bei jüngeren Individuen gerade umgekehrt ist. Dass der Fuss spezifisch leichter ist als der Unterschenkel kommt auch bei jüngeren, kräftigen und plötzlich gestorbenen Personen vor, wie sich später zeigen wird. Auch die Beobachtung, dass Stücke der linken unteren Extremität ein höheres absolutes Gewicht haben, als die gleichnamigen Stücke der rechten, wird nicht vereinzelt bleiben.

II. Leiche eines 26jährigen Weibes, gut genährt und ziemlich fettreich:

	rechte Seite		linke Seite	
	absolutes Gewicht	spezifisches Gewicht	absolutes Gewicht	spezifisches Gewicht
Name	Gramm.		Gramm.	
Oberschenkel	4890	1,0532	4723	1,0514
Unterschenkel	1947,9	1,0773	1863,15	1,0785
Fuss . . .	755,05	1,1017	713,45	1,0996

III. Leiche des äusserst robusten, ermordeten Strassenräubers Heigel, 40 Jahre alt:

	rechte Seite absolutes Gewicht Gramm.	rechte Seite spezifisches Gewicht	linke Seite absolutes Gewicht Gramm.	linke Seite spezifisches Gewicht
Oberarm . .	2560,1	1,08375		
Vorderarm .	1389,7	1,10295		
Hand . . .	525,1	1,11336		
Oberschenkel	7567,0	1,06586	7367,0	1,0598
Unterschenkel	2760,2	1,0859	2806,9	1,08607
Fuss . . .	1038,8	1,08015	1072,3	1,07668

IV. Leiche eines sehr gracil gebauten Mädchens von 20 Jahren:

Theil	rechte Seite absolutes Gewicht Gramm.	rechte Seite spezifisches Gewicht
Oberarm .	1525,6	1,0622
Vorderarm .	725,6	1,0804
Hand . .	316,8	1,1163

V. Leiche des hingerichteten Kefer, 29 Jahre alt:

Theil	rechte Seite absolutes Gewicht Gramm.	rechte Seite spezifisches Gewicht	linke Seite absolutes Gewicht Gramm.	linke Seite spezifisches Gewicht
Oberarm . .	1484,5	1,0872	1411,3	1,0884
Vorderarm .	821	1,1091	770,1	1,1127
Hand . . .	393,2	1,1191	374	1,1178
Oberschenkel	5947	1,0549	5827	1,0564
Unterschenkel	2242,6	1,0861	2252,4	1,0861
Fuss . . .	982,2	1,0924	988,2	1,0916

	absolutes Gramm.	spez. Gewicht
Kopf	3747	1,0851

VI. Kopf der hingerichteten 38 Jahre alten Pickel:

Gramm.	
4980	1,1300

Berechnet man für die einzelnen Theile dieser in Beziehung auf Alter und Constitution so sehr verschiedenen Leichen die Mittel der spezifischen Gewichte, und reiht sie sämmtlich an einander, so erhält man folgende Uebersicht:

Name des Theils	Mann 68 J.	Weib 26 J.	Mann 40 J.	Mädchen 20 J.	Mann 29 J.	Mittel
Oberarm . .	1,09198	1,05705	1,08375	1,0622	1,0882	1,08117
Vorderarm .	1,111815	1,06244	1,10295	1,0804	1,1113	1,10055
Hand . . .	1,10635	1,1097	1,11336	1,1163	1,1184	1,11511
Oberschenkel .	1,087105	1,0523	1,06283		1,0560	1,062551
Unterschenkel	1,1280	1,0779	1,08598		1,0865	1,097425
Fuss . . .	1,097375	1,10065	1,07841	Frau 38 J. alt	1,0924	1,095905
Kopf . . .				1,1300	1,0851	1,1075

Ordnet man die einzelnen Glieder in aufsteigender Linie nach dem Werth ihres spezifischen Gewichtes, so erhält man für die Mittel folgende Reihe:

Oberschenkel
Oberarm
Fuss
Unterschenkel
Vorderarm
Kopf
Hand

Dass die am reichlichsten mit Weichtheilen, Fleisch und Fett ver-

sehenen Theile an dem einen Endpunkt, die Hand mit ihren vorzüglich von Knochen und Sehnen gebildeten Gewebsmassen an dem entgegengesetzten Ende stehen, hat nichts Auffallendes. Von dem Fuss hätte man aber gewiss vorausgesetzt, dass er der Hand in dieser Reihe näher stehen würde. Entweder sind die grossen spongiösen Knochen seiner Wurzel sehr reich an Fett, oder es drückt das Fettpolster der Sohle das spezifische Gewicht des ganzen Fusses so unerwartet herab.

Im Ganzen aber sind die Differenzen der spezifischen Gewichte aller dieser Theile sehr gering; auch macht es keinen so grossen Unterschied, wenn ein Glied, wie z. B. der Oberschenkel, kräftig ist, ob er diess der starken Muskulatur oder mehr Fett verdankt, wenn auch dieser Unterschied sich in den kleinen oben zu bemerkenden Differenzen noch ausspricht.

Die grösste überhaupt hierbei aufgefundene Differenz beträgt 0,0339. Während die absoluten Gewichte in den extremen Fällen sich wie 1 : 24 verhalten, gilt für sie in Beziehung auf die spezifischen Gewichte das Verhältniss von 1 : 1,03.

Eine Uebersicht dieser grossen Differenzen auf der einen, und der so kleinen auf der anderen Seite gewährt die später nachfolgende Zusammenstellung, in welcher die Volumina in aufsteigender Linie geordnet sind.

Man übersieht jetzt schon die Möglichkeit, ohne erheblichen Fehler irgend welchen Werth des spezifischen Gewichtes für einen bestimmten Theil des Körpers aus der Reihe herauszugreifen, und ihn zur Berechnung des absoluten Gewichtes zu benützen. Indessen auch dieser Fehler lässt sich noch verkleinern.

Um diess aber darzuthun, wird es nöthig, die Methode zu bezeichnen,

nach welcher man das Volum eines Gliedes bei dem Lebenden finden kann; denn das ist die zweite durch die Beobachtung aufzufindende Grösse, ehe die Berechnung des Gewichtes möglich wird.

Für die Extremitäten-Stücke bediene ich mich schmaler hoher Cylinder von Zinkblech mit Querschnitten, welche den grössten der Theile, welche für sie bestimmt sind, möglichst wenig übertreffen, für den ganzen Körper eines hohen Bottich's.

Die Cylinder haben, $\frac{1}{2}''$ von ihrem oberen Rand entfernt, einen kurzen, gekrümmten, rinnenförmigen Ausguss (eine Schnaupe). Sie werden mit Wasser von bekannter Temperatur und Dichtigkeit gefüllt, bis dieses eben aufhört, aus der Rinne noch weiter auszutröpfeln. Dass sie vollkommen fest und senkrecht gestellt sind, bedarf keiner Erwähnung.

Unter die Schnaupe wird ein tarirter Glaskolben gestellt; und nun lässt man von dem zu untersuchenden Menschen z. B. die Hand langsam eintauchen, nachdem man vorher die Grenzen der Drehungsaxe des Handgelenkes ermittelt hat. Steht diese dann in gleicher Ebene mit dem Boden der Rinne, und läuft kein Wasser mehr in den Kolben, so wird die Hand herausgezogen; man lässt ihr anhängendes Wasser in den Cylinder abtröpfeln, und wiegt inzwischen den Kolben, in welchem sich schon vorher etwas Wasser von bekannter Menge befunden hatte.

Ist das neu hinzugekommene, von der Hand verdrängte Wasser gewogen, so giesst man am Rand des Cylinders vorsichtig wieder so viel Wasser nach, bis der erste überschüssige Tropfen aus der Rinne ausläuft.

Der Kolben wird nun auf's neue gewogen, und die Gewichtsabnahme giebt jetzt wieder eine Beobachtung für die von der Hand verdrängte Wassermenge. Beide Beobachtungen sind mit entgegengesetzten

Fehlern behaftet. Im ersten Fall ist es unvermeidlich, dass nicht in Folge kleiner Muskelbewegungen und Erschütterungen des Wassers etwas mehr ausfliesst, als einfach durch die Form des Gliedes verdrängt wird; im zweiten Fall kommt fast ebenso unvermeidlich durch die Erschütterungen bei dem Eingiessen des Wassers der erste Tropfen etwas verfrüht. Man erhält also dort ein kleines Plus, hier ein kleines Minus. Das Mittel von beiden wird dadurch mit dem kleinsten Fehler behaftet.

In dieser Weise fährt man fort, lässt den Arm bis zum Ellbogen und endlich bis zur Achsel eintauchen, wägt die jedesmal verdrängte Wassermasse, und controlirt schliesslich ihre Summe durch Ermittlung der von der ganzen Extremität *auf einmal* verdrängten Wassermasse.

Um aus den Gewichtsbestimmungen des Wassers mit Sicherheit das Volumen finden zu können, ist es nöthig, jedesmal die Temperatur des Wassers genau ermittelt zu haben.

Ist diess geschehen, und sind die Volumina auf destillirtes Wasser von grösster Dichtigkeit reducirt, so handelt es sich darum, das absolute Gewicht der zugehörigen Theile aufzufinden.

Ist der Einfluss der Weichtheile mit ihren verschiedenen Mengenverhältnissen auf das spezifische Gewicht der einzelnen Theile, wie wir oben sahen, auch nicht gross, so ist er doch eben noch merklich genug, um berücksichtigt zu werden. Bei den Knochen wechselt, wie Werthheim *) gezeigt hat, das spezifische Gewicht mit den Lebensaltern nicht unerheblich, ohne dass von einer gewissen Zeit an sich beträchtliche Differenzen in ihrem Volumen wahrnehmen liessen. Der Einfluss der Weichtheile auf das spezifische Gewicht eines ganzen Gliedes hängt wesentlich von deren Masse, also von dem Volumen des Ganzen ab.

---

*) Ann. ch. phys. XXI. 385.

Hat man nun durch die Gewichts-Bestimmungen eine hinlängliche Anzahl von Körpertheilen verschiedenen Kubikinhaltes kennen gelernt, so wird bei weiteren Untersuchungen an Lebenden nach der oben beschriebenen Methode das Volum der verdrängten Wassermasse immer nahezu bald mit dem des gleichnamigen Stückes dieser, bald mit dem einer der anderen untersuchten Leichen zusammenfallen.

Das spezifische Gewicht des gleichnamigen Theiles, dessen Volumen der im speziellen Fall verdrängten Wassermenge am nächsten steht, wird dann mit der grössten Zuverlässigkeit zur Berechnung des absoluten Gewichtes für den untersuchten Theil benützt werden können.

Zu dem Behuf mussten die absoluten Gewichte jener Körpertheile der Leichen zur Bestimmung der Volumina benützt werden, wobei sich die nachstehende Reihenfolge ergiebt, in welcher diese Volumina in aufsteigender Linie geordnet sind. Der unmittelbaren Benützung dieser Tabelle zu Liebe sind die spezifischen und absoluten Gewichte nochmal angefügt.

Zum Verständniss der Bezeichnungen muss vorausgeschickt werden, dass M. Mann, W. Weib, die dabei stehende Zahl das Alter bedeutet, r. und l. ist rechts und links, H. Hand, VA. Vorderarm, OS. Oberschenkel u. s. w.

Bezeichnung	Volum in C. Centim.	Spezifisches Gewicht	Absolutes Gewicht in Gramm.
W. 20. H. r.	283,795	1,1163	316,8
M. 30. H. l.	334,585	1,1178	374
M. 30. H. r.	354,35	1,1191	393,2
M. 68. H. l.	402,30	1,1034	443,9
M. 68. H. r.	403,585	1,1093	447,7
M. 40. H. r.	471,627	1,11336	525,1

Bezeichnung	Volum in C. Centim.	Spezifisches Gewicht	Absolutes Gewicht in Gramm.
W. 26. F. l.	648,825	1,0996	713,45
W. 20. VA. r.	671,605	1,0804	725,6
W. 26. F. r.	685,35	1,1017	755,05
M. 68. VA. l.	688,395	1,111725	765,3
M. 68. VA. r.	689,99	1,1119	767,2
M. 30. VA. l.	692,105	1,1127	770,1
M. 30. VA. r.	740,24	1,1091	821
M. 68. F. r.	869,865	1,095	952,5
M. 68. F. l.	877,925	1,09975	965,5
M. 30. F. r.	899,116	1,0924	982,2
M. 30. F. l.	905,275	1,0916	988,2
M. 40. F. r.	961,715	1,08015	1038,8
M. 40. F. l.	995,91	1,07668	1072,3
M. 68. OA. l.	1133,05	1,0936	1239,1
*M. 40. VA. r.	1260,0	1,10295	1389,7
M. 30. OA. l.	1296,65	1,0884	1411,3
M. 68. OA. r.	1302,95	1,09036	1420,7
M. 30. OA. l.	1365,45	1,0872	1484,5
W. 20. OA. r.	1436,25	1,0622	1525,6
M. 68. US. l.	1603,35	1,1295	1811
M. 68. US. r.	1663,55	1,1265	1874 †
W. 26. US. l.	1727,55	1,0785	1863,15
W. 26. US. r.	1808,15	1,0773	1947,9
M. 30. US. r.	2064,85	1,0861	2242,6
M. 30. US. l.	2073,85	1,0861	2252,4
*M. 40. OA. r.	2362,25	1,08375	2560,1
M. 40. US. r.	2541,85	1,0859	2760,2
M. 40. US. l.	2583,63	1,08607	2806,9
M. 30. K.	3453,365	1,0851	3747
M. 68. OS. l.	4102,85	1,08715	4460,4

Bezeichnung	Volum in C. Centim.	Spezifisches Gewicht	Absolutes Gewicht in Gramm.
M. 68. OS. r.	4295,85	1,08705	4670
W. 38. K.	4407,05	1,1300	4980 †
W. 26. OS. l.	4492,1	1,0514	4723
W. 26. OS. r.	4643,0	1,0532	4890
M. 30. OS. l.	5515,9	1,0564	5827
M. 30. OS. r.	5637,5	1,0549	5947
M. 40. OS. l.	6951,46	1,0598	7367
M. 40. OS. r.	7099,15	1,06586	7567

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, wie gering überhaupt der Einfluss der spezifischen Gewichte und wie wenig störend er auf den Parallelismus der beiden Reihen ist, von welchen eine die Volumina, die anderen die Gewichtswerthe enthält. Nur an zwei Punkten ist die Reihenfolge gestört, nämlich wo die Werthe für den Kopf der 28jährigen Frau, und für den rechten Unterschenkel des 68jährigen Mannes mit † in der Tabelle eingetragen sind. Nur in diesen beiden Fällen ist das spezifische Gewicht unverhältnissmässig grösser, so dass es das Volum der entsprechenden Theile um eine oder zwei Stufen hinaufdrängt.

Das Zweite, was bei Betrachtung der Tabelle auffällt, ist, dass sich mit nur zwei Ausnahmen, welche mit * bezeichnet sind, die sämmtlichen Extremitätenstücke in scharf gesonderte Gruppen trennen. Nur der Vorderarm des athletisch gebauten Mannes, dessen Gewicht in die Reihe der Oberarme fällt, und dessen Oberarm an Gewicht mit den Unterschenkeln der übrigen Leichen wetteifert, stört die vollkommen scharfe Trennung. Auch möchte ich noch keineswegs dieser Trennung eine allgemein gültige Gesetzlichkeit zuschreiben, und bezeichne desswegen jene beiden Fälle nur als Ausnahmen in der vorliegenden Reihe, nicht als Ausnahmen einer Regel überhaupt.

Die spezifischen Gewichte ordnen sich in absteigender Linie ganz anders als die Volumina oder absoluten Gewichte; nämlich so:

(1,1300)

W. 38. K.	M. 68. H. r.	M. 30. OA. r.	
M. 68. US. l.	M. 30. VA. r.	M. 30. OA. l.	
M. 68. US. r.	M. 68. H. l.	M. 68. OS. l.	W. 26. US. l.
M. 30. H. r.	M. 40. VA. r.	M. 68. OS. r.	W. 26. US. r.
M. 30. H. l.	W. 26. F. r.	M. 30. US. r.	M. 40. F. l.
W. 20. H. r.	M. 68. F. l.	M. 30. US. l.	M. 40. OS. r.
M. 40. H. r.	W. 26. F. l.	M. 40. US. l.	W. 20. OA. r.
M. 30. VA. l.	M. 68. F. r.	M. 40. US. r.	M. 40. OS. l.
M. 68. VA. r.	M. 68. OA. l.	M. 30. K.	M. 30. OS. r.
M. 68. VA. l.	M. 30. F. r.	M. 40. OA. r.	M. 30. OS. r.
	M. 30. F. l.	W. 20. VA. r.	W. 26. OS. r.
	M. 68. OA. r.	M. 40. F. r.	W. 26. OS. l.
			(1,0514)

Hieraus folgt die Regel, dass neben dem im speziellen Fall aufgefundenen Volum des Theiles eines Lebenden zugleich auch Alter und Geschlecht berücksichtigt seyn will.

Ergiebt sich beispielsweise als Volum der Hand eines Dreissiger 408 oder 410 Cubcent., so nimmt man nicht das spezifische Gewicht der dem Volum nach zunächststehenden Hand des 68jährigen in der Tabelle, sondern das Mittel des spezifischen Gewichtes, welches die Hand des 30 und des 40 Jahre alten Mannes in der Tabelle finden lässt.

Wie mit den einzelnen Extremitätenstücken verfährt man mit dem übrigen Theil des Körpers, indem man aus dem grossen Holzgefäss mit dem Unter- und Oberrumpf das Wasser verdrängen lässt und schliesslich durch Untertauchen des Kopfes auch dessen Volum aus Gewichtsmengen Wasser erhält.

Hat man die Volumina und daraus die Gewichte aller einzelnen Theile bestimmt, so hat man in der Waage, auf welche man den Menschen vor Beginn und nach Beendigung der ganzen Versuchsreihe stellt, ein Mittel, die Richtigkeit der Beobachtungen und Berechnungen zu prüfen.

Da, wie die Tabelle (sub I.) ausweist, die Abstände der Schwerpunkte an den einzelnen Theilen des Körpers in Bruchtheilen der Totalhöhe ausgedrückt, sehr wenig schwanken, noch weniger die relativen Mittel ihrer Abstände von den Endpunkten der Glieder, so lässt sich schon daraus annähernd ihr Ort auch für jedes andere lebende männliche Individuum finden.

Noch genauer kommt man auf einen Umweg durch Rechnung zum Ziel. Es ist in der ersten Abhandlung nachgewiesen worden, dass verschiedene Beobachter an verschiedenen Leichen zu dem gleichen Resultat in Beziehung auf den anatomischen Ort gekommen sind, an welchem der Schwerpunkt einer ganzen Extremität des ganzen Rumpfes u. s. f. zu suchen ist. So für den Rumpf in der Ebene des processus xyphoideus, für die obere Extremität in der der Drehungsaxe des Ellbogengelenkes, für die untere in der des oberen Kniescheibenrandes.

Nach der Formel $X = \frac{mx + m_{I}x_{I} + m_{II}x_{II}}{m + m_{I} + m_{II}}$ kann immer controlirt werden, ob die angenommenen Lagen der Schwerpunkte also die x der Formel richtig gewählt sind; wo nicht, so corrigirt man sie nach der Wahrscheinlichkeit innerhalb der kleinen Differenzen, welche überhaupt hier stattfinden.

Für die zwei grossen Abschnitte des Rumpfes kann man den Ort je nach den durch die direkten Maasse gefundenen Grundlagen der oben benützten Formeln aufsuchen und ebenfalls so controliren, dass man untersucht, an welchen anatomischen Ort dadurch der Schwerpunkt des gesammten Rumpfes verlegt wird.

Schliesslich kann dann der letzte Controlversuch für alle Gewichtsbestimmungen und die Vertheilung der Schwerpunkte in den einzelnen Gliedern dadurch gemacht werden, dass man den ganzen Menschen in der horizontalen Rückenlage nach Webers Methode auf dem umkippenden Brett balancirt, und darnach den Abstand des allgemeinen Schwerpunktes von der Scheitelebene feststellt. Ist diess geschehen, so untersucht man entweder durch die Rechnung oder mit der mechanischen Wippe, deren Gewichte man nach den Befunden corrigirt hat, was bei ihren abschraubbaren Deckeln leicht möglich ist, wohin dadurch der gleiche Punkt verlegt wird.

Hat man genaue Messinstrumente für das abgeflossene Wasser, z. B. genau gearbeitete Cylinder mit seitlich angebrachten und getheilten Steigröhren, so sieht man, dass man ohne Waage durch Bestimmung der Volumina die einzelnen Körpertheile wiegen und die ganze Berechnung durch Webers Versuch controliren kann.

Auf diese Weise haben sich beispielsweise bei einem 24jährigen Mann, das Gewicht seiner Hand = 1 gesetzt, für die Extremitätenstücke folgende Werthe gefunden:

Fuss . . .	2,09
Unterschenkel	5,10
Oberschenkel.	13,854
Vorderarm .	2,21435
Oberarm . .	3,3883

Diess giebt, verglichen mit den Mitteln der entsprechenden Gewichte beider Hingerichteten,

die kleinen Differenzen von — 0,2461 für den Fuss,
— 0,35 für den Unterschenkel,
— 0,258 für den Oberschenkel,
+ 0,1288 für den Vorderarm,
— 0,369 für den Oberarm.

Der mittlere Werth dieser Differenzen ist kleiner als der, welcher für alle diese Theile bei den beiden Hingerichteten angetroffen wurde.

In einer späteren Abhandlung werde ich, wenn hinreichend Material gesammelt ist, ausführlichere Vergleichungen der relativen Gewichte, welche die Glieder sehr verschieden gebauter lebender Menschen zeigen, mittheilen, und begnüge mich hier nur mit dem Beweis, dass die angegebene Methode sie auszuführen, hinlängliche Genauigkeit besitzt.

Die Verwendung der auf solche Weise gefundenen Werthe der statischen Momente aller einzelnen Gliedmassen zur Bestimmung der Lage des allgemeinen Schwerpunktes und der Schwerlinie in irgend einer fraglichen Stellung des Körpers ist nach Correction der Gewichte auf der Wippe einfach, und kann auf doppeltem Weg zum Ziel führen. Entweder nach vorausgegangener photographischer Aufnahme des Aktes, oder nach vorausgegangener Messung.

Beide Methoden bedürfen schliesslich noch einer kurzen Besprechung. Je schwieriger die Stellung ist, welche in dieser Beziehung untersucht werden soll, desto nothwendiger ist es, sich statt der negativen, sogenannte positive Photographien auf Glas zu verschaffen. Die letzteren erfordern bei guter Beleuchtung nur 1 Sekunde, und können ausserdem mit Sublimatlösung, welche man nach ihrer Fixirung aufgiesst, in Licht und Schatten sehr zweckmässig gekräftigt werden. Der anzustellenden Messungen wegen thut man gut, um nicht durch die Glasdicke dabei beirrt zu werden, die Bildfläche mit Gummi oder transparentem Firniss zu überziehen, die betreffenden schon photographirten Linien, welche den horizontalen Ebenen der einzelnen Schwerpunkte entsprechen (man hat dieselben nämlich vorher auf den lebenden Menschen, wie sie ermittelt worden sind, durch farbige Striche oder Punkte aufgetragen), auf Papier durchzuzeichnen und nun die Messungen zu beginnen.

Es versteht sich, dass man den Akt von der Seite aufnimmt, auf welcher am wenigsten Verkürzungen vorkommen, und wobei die zu untersuchende Verschiebungsebene der Schwerlinie der Bildfläche parallel läuft.

Ebenso ist es nöthig, die gehörige Entfernung des Apparates zu wählen und die optische Axe des Instrumentes auf die halbe Höhe des ganzen Körpers in der fraglichen Stellung zu richten.

Auf dem Papier, auf welches wenigstens alle einzelnen Schwerpunkte mit ihren Bezeichnungen übergetragen sind, errichtet man neben der Figur, senkrecht zu deren Bodenfläche, einen Perpendikel, und misst die Abstände der Schwerpunkte aller einzelnen Glieder.

Die dazu gehörigen Gewichte werden auf der Wippe an die durch die Messung bezeichneten Orte gestellt, und das Gegengewicht, so aufgestellt, dass der Zeiger des Instrumentes auf Null einsteht.

Die Entfernung, in welcher der Schwerpunkt des Gegengewichtes von dem Hypomochlion sich in diesem Fall befindet, entspricht dem Abstand der Schwerlinie des Körpers in der aufgenommenen Stellung von der neben der Figur errichteten Senkrechten, somit also auch dem Ort, wo sie die Unterstützungsfläche trifft.

Die andere Methode direkt durch Messung die gegenseitige Lage der Schwerpunkte einzeln zu finden, ist umständlicher, aber genauer; sie beruht darauf, sie auf die Ebene zu projiciren, auf welcher der Mensch in der fraglichen Stellung sich befindet. Sie erfordert mehr Zeit und findet desshalb nur in weniger schwierigen Stellungen ihre Anwendung.

Ich benütze dazu eine der Anzahl der einzelnen Körpertheile entsprechende Reihe von Stäben, welche rund und von 4—9′ hoch sind.

An jedem Stab lässt sich ein etwa $\frac{1}{2}'$ langer horizontaler Arm verschieben und durch eine Stellschraube in jeder Höhe des Stabes fixiren. Dieser Arm endigt in einen Draht von $1\frac{1}{2}$ Linie Durchmesser, welcher in senkrechter Richtung an seinem vordersten Punkt gekerbt ist. Auf dem Gipfel der Stange ist ein Seidenfaden befestigt. Dieser trägt einen kleinen, kegelförmigen Senkel von Stahl. Jede Stange trägt den Namen des Körpertheiles, für welchen sie verwendet wird.

Das zu untersuchende Modell tritt auf eine in Quadratcentimeter getheilte horizontale Fläche, und begiebt sich in die verlangte Stellung. An seinem Körper sind die horizontalen Ebenen der Schwerpunkte durch Linien vorgezeichnet. So bald die richtige Stellung eingenommen ist, schieben die Beobachter die horizontalen Arme der Stäbe an die Linien der Schwerpunkte, und zwar je nach Umständen nach einem vorher entworfenen Plan, in Folge dessen die gehörigen Abzüge der halben Dicke jedes einzelnen Theiles für den bestimmten Zweck der Untersuchung, also je nachdem die Verschiebung des Schwerpunktes nach vorn, hinten, rechts oder links ermittelt werden soll, ohne weitere Irrungen gemacht werden können. Dann entfernt sich das Modell von der getheilten Fläche mit der Vorsicht, dass kein Stab mehr verrückt wird, und nun werden die Fäden mit den Senkeln über die Kerben der Drähte an den horizontalen Armen der Stäbe gelegt, und die Berührungspunkte derselben mit den einzelnen Körpertheilen auf die getheilte Fläche projicirt. Aus den notirten Ablesungen an dieser wird die Lage des allgemeinen Schwerpunktes wie bei der ersten Methode aufgefunden.