

## XII.

# Ueber ein neueres Verfahren bei Schädelcapacitäts-Messungen, sowie über eine methodische Untersuchung der Fehler bei Volumens- und Gewichts-Bestimmungen des Füllmaterialies <sup>1)</sup>

von

Prof. Dr. Aurel von Török,  
Director des anthropologischen Museums zu Budapest.

Erst seit der scharfsinnigen Scheidung der gesammten Wissenschaft durch v. Helmholtz in die zwei grossen Reiche der Geistes- und der Naturwissenschaften können sowohl die gemeinsamen, wie die unterscheidenden Momente in der Thätigkeit auf beiderlei Gebieten scharf ins Auge gefasst werden.

Auf beiden Gebieten sind es die allgemeinsten Principien der Erkenntniss, welche die Denkhätigkeit einleiten und derselben eine allgemeine Richtung geben; von diesen Principien lieferte aber Kant den Nachweis, dass dieselben immer die nämlichen gewesen sind und als solche eigentlich im Laufe der Entwicklung menschlicher Wissenschaft keine Entwicklung in ihrem Wesen erfahren haben. — Also erst innerhalb dieser allgemeinsten Principien des Erkennens trennen sich die Geistes- und die Naturwissenschaften, um ihre eigenen Wege zu gehen. Aber auch nach dieser Trennung bleibt ihnen doch das Gemeinsame, dass die Wissenschaft immer eine Einheit anstrebt, die im Wesen des Allgemein-Menschlichen gegeben ist. Diese Einheit umfasst die Gesammtheit der Wege, welche unserem Denken zur weitesten Erkenntniss offen stehen. Wie unser körperliches Wesen trotz der unzähligen Einzelheiten eine Ein-

<sup>1)</sup> Vorgelegt in der Sitzung der Berliner Anthropologischen Gesellschaft am 21. Januar 1899.

heit darstellt, innerhalb welcher ein inniger Zusammenhang besteht, welchen wir symbolisch nicht anders, als mit dem Worte „Organismus“ ausdrücken können, ebenso verlangt der Menschengeist unter allen seinen Gedanken einen derartigen innigen, sozusagen organischen Zusammenhang, innerhalb dessen das Eine sich auf das Andere stützt und das Eine die Gesichtspunkte für das Andere liefern muss. Wir fassen diese Hypostasirung als eine in unserem Wesen gegebene, unabweisliche Nothwendigkeit auf. Aber schon der logische Sinn des Wortes: „Verlangen“ sagt uns, dass dieser organische Zusammenhang zwischen unseren Gedanken nicht als ein Fertiges auftritt, und das wir denselben allemal erst vermittelt unserer Denkhätigkeit aufsuchen und auffinden müssen, was wir Methodik nennen. Wie bereits unser allverehrter Meister Virchow gelegentlich so treffend bemerkte, hängt in der Wissenschaft Alles von einer richtigen Methode ab.

Auf dem Gebiete der Naturforschung sind es immer zweierlei Hilfsmittel, deren wir benöthigen; einerseits geistige Hilfsmittel — in Form von bereits erkannten Erfahrungsthatfachen, Lehrsätzen und Theorien, — andererseits materielle Hilfsmittel, — in Form von Forschungsobjecten und von künstlichen technischen Constructionen behufs der objectiven Forschung selbst. Bei dem unzertrennlichen Zusammenhange der theoretischen und der praktischen Seite einer Naturforschung ist es klar, dass ein wissenschaftlicher Fortschritt nur im Gefolge einer Weiterentwicklung beider Arten von Hilfsmitteln auftreten kann. Die Reichhaltigkeit des Arsenal's der Hilfsmittel ist stets das sicherste Zeichen von der hohen Entwicklung einer naturwissenschaftlichen Disciplin. Aber wie bei jeder anderen Arbeitsleistung des Menschen, so bleibt auch bei der Naturforschung das ausschlaggebende Moment des Erfolges doch nur den persönlichen Fähigkeiten des Forschers selbst anheim gestellt. Die Wissenschaft kann uns nur die Hilfsmittel liefern, die specielle Anwendung, sowie die Nutzung derselben bleibt Sache des Forschers selbst.

Aber wenn auch bei den wissenschaftlichen Forschungen das persönliche Moment als solches einen constanten Factor bildet, so verändert sich doch der Spielraum für denselben bei jeder Weiterentwicklung der Wissenschaft, wie dies sich als

eine einfache Consequenz des logischen Princip von den Fundamental-Functionen der menschlichen Denkhätigkeit erweist. Nach diesem Princip bedeutet nemlich eine Vermehrung des begrifflichen Inhaltes eine Verminderung des Umfanges, und „vice versa“ eine Verminderung des Umfanges eine Vermehrung des Inhaltes. — Je weniger begriffliche Stützpunkte für die Forschungen eine Disciplin zu liefern vermag, ein um so grösserer Spielraum ist für verschiedene persönliche Ansichten, Meinungen und Speculationen möglich; und umgekehrt, auf je mehr wissenschaftlichen Inhalt einer Disciplin gestützt wir irgend eine Einzelforschung in Angriff nehmen können, um so mehr ist auch die Denkhätigkeit innerhalb einer bestimmten Richtung gebannt, d. h. ist der Spielraum für unsere persönlichen Speculationen eingeengt. — Auch die Entwicklungsgeschichte der einzelnen naturwissenschaftlichen Disciplinen liefert hierfür den Beweis. — Je reichlicher die Erfahrungs-Thatfachen, je klarer die Lehrsätze, je inniger anschliessend die Theorien, je sicherer endlich die Experimente sich bei einer naturwissenschaftlichen Disciplin gestalteten, um so mehr verschwanden auch die gröberen Unterschiede sowohl in der theoretischen, wie in der praktischen Behandlung der Einzelprobleme, d. h. um so mehr konnte auch der wissenschaftliche Vereinheitlichungs-Process weitergedeihen. Schon ein Blick auf die heutige Literatur der naturwissenschaftlichen Disciplinen genügt, um wahrnehmen zu können, dass bei den bereits mathematisch höher entwickelten naturwissenschaftlichen Disciplinen wir nicht der Scenerie einerseits von so heterogenen und so zahlreichen persönlichen Ansichten, Meinungen, Speculationen, sowie andererseits von so verschiedenen — und häufig so widerspruchsvollen — Forschungsergebnissen begegnen, wie dies zum mindesten bei einem Theile der beschreibenden naturwissenschaftlichen Disciplinen noch so auffallend uns entgegentritt.

Sehr bemerkenswerth ist die Thatfache, dass bei wissenschaftlichen Forschungen das persönliche Moment erst dann als Factor schärfer ins Auge gefasst werden konnte, als dessen Wirkungskreis in Folge der mathematischen Erhöhung der Forschungen bereits eingeengt war. Es konnte nemlich derselbe bei den Einzelforschungen erst mittels Anwendung von präcisen

mechanischen Hilfsapparaten genauer abgeschätzt und in Rechnung gezogen werden, wie dies z. B. bei den astronomischen Beobachtungen und Versuchen in Form der Bestimmung der „persönlichen Fehler“ bereits seit langer Zeit practicirt wird. Hingegen bei allen jenen Forschungen, wo namentlich die Forschungstechnik noch im Argen liegt, und wo folglich der angebliche Ausspruch Benjamin Franklin's noch in voller Geltung ist: dass ein Naturforscher mit der Säge schneiden und mit dem Messer sägen können müsse, — wird auch der Antheil des „persönlichen Momentes“ bei den Forschungen nie scharf gesondert, wiewohl hier das Gelingen oder Nicht-Gelingen eines Versuches *caeteris paribus* gelegentlich beinahe gänzlich von der Persönlichkeit des Forschers abhängt. — Wir sehen dies z. B. auch in der Anthropologie, wo die Forschungstechnik in Hinsicht der sehr complicirten Einzelprobleme im Allgemeinen gewiss noch sehr Vieles zu wünschen übrig lässt.

Nach dieser Richtung hin liefert einen lehrreichen Beitrag jene Discussion, die auf dem XII. internationalen medicinischen Congress in Moskau (19.—26. Aug. 1897) gelegentlich der Vorzeigung des Poll'schen Apparates behufs der Messung der Schädelcapacität sich entwickelte.

Herr Prof. Dr. v. Luschan berichtete nemlich über eine grosse Reihe von Controlversuchen, die behufs der Messung der Schädelcapacität mittels des Poll'schen Apparates angestellt und mit durchaus befriedigenden Resultaten gekrönt wurden. Die Fehler blieben — nach v. Luschan — bei richtiger Handhabung stets unter 1 pCt. und könnten fast ganz eliminirt werden, wenn das Füllwasser nicht durch Messung, sondern durch Wägung bestimmt wird. Auch Herr Geheimrath Waldeyer schloss sich diesen Ausführungen an, wogegen Herr Virchow erklärte, von den Vorzügen der neuen Methode nicht überzeugt zu sein, weshalb er noch eine weitere Prüfung derselben verlangte. Er bemerkte, dass sowohl er, wie Prof. Ranke, mit ihrem eigenen Verfahren völlig zufrieden seien und kein Bedürfniss nach einer neuen Methode hätten. — Prof. v. Luschan hob in seinen Erwiderungen zum Schlusse hervor, dass er sich dem Wunsche nach Controlversuchen anschliesse, denn es würde sich hierbei ergeben, dass die Gummiblase des Poll'schen Apparates jeden

Schädel genau ausfüllt, ohne jeden Unterschied, ob derselbe kurz oder lang sei. Ein Vordrängen der Gummibläse durch Löcher und Spalten am Schädel sei nicht zu befürchten (worauf Herr Dr. Mies die Aufmerksamkeit lenkte), da dies bei vorsichtiger Behandlung einfach ausgeschlossen sei und bei unvorsichtiger nur ein Plus von 1—2 Cubikcentimetern ausmachen würde, wenn die Blase nicht platzt oder der Schädel in den Nähten auseinandergeht; ein wesentlicher Fehler sei absolut ausgeschlossen.

---

Da ich mich mit Versuchen über Schädelcapacitäts-Bestimmung bereits seit mehreren Jahren beschäftigte, war für mich die Neuerung des Herrn Poll („Ueber einen neuen Apparat zur Bestimmung der Schädel-Capacität“ s. Zeitschrift f. Ethn., Sitzung vom 19. December 1896) von grossem Interesse. Ich unterbrach sofort meine eigenen Versuche, um mich zuvörderst durch die Messungs-Resultate mittels des Poll'schen Apparates zu belehren. Sofort nach Anschaffung desselben begann ich meine Controlversuche. Ich stellte mir zunächst die Frage: ob die Gummibläse auch wirklich gleichmässig den endocranialen Raum bei der vorschriftsmässigen Füllung derselben mit Wasser ausfüllt? — Zu diesem Versuch verwendete ich solche knöcherne Schädel, die in verschiedenen Zonen durchsägt waren und deren einzelne Abschnitte durch Stifte und Hafteln genau aneinander gepasst und in ein Ganzes fest zusammengefügt werden konnten. Ich bestrich zuvor die ganze endocraniale Fläche in einem Continuum, aber von Stelle zu Stelle mit verschiedenfarbiger klebriger Pastellkreide, und füllte dann vorsichtig nach der Vorschrift die in die Schädelhöhle gesteckte Gummibläse mit destillirtem Wasser. Dass die Gummibläse nach der Vorschrift völlig gefüllt war, davon konnte ich mich dadurch vergewissern, dass ich das erreichte, was Poll als Beweis hierfür angiebt: „III. Davon, dass die Blase den Schädel-Innenraum vollständig erfüllt, kann man sich an den Foramina ovalia und den Fissurae orbitales superiores durch das Gesicht und das Gefühl überzeugen, indem man die Blase mit einem stumpfen Gegenstande (Streichholzköpfchen, Stecknadelknöpfchen aus Glas,

u. s. w.) berührt. Sie liegt der Knochenwand prall gefüllt an, ohne aus den Löchern hervorzquellen. Auch die Sella turcica wird von der Blase erfüllt: wenn man die Sinus sphenoidales von der Schädelbasis aus eröffnet und die Decke derselben durchstösst, kann man durch die entstandene Oeffnung das Verhalten der Blase in der Sella beobachten. — Noch sicherer kann man sich von der Erfüllung des Hohlraumes durch die Blase überzeugen, wenn man die Messung, statt an einem Schädel, an einem Glaskolben vornimmt, an dem sich unregelmässige Hervorragungen, Eindrücke, Löcher u. s. w. befinden.“ [a. a. O. S. (616)—(617)].

Nachdem die Gummiblase auf diese Weise vollkommen ausgefüllt war, lüftete ich die einzelnen kleinen Abschnitte der knöchernen Schädelwand, wobei die Gummiblase sofort hervorquoll und sich bedeutend ausdehnte; ich entleerte hierauf das Wasser, wie dies in der Vorschrift Poll's angegeben ist. Schon bei den ersten Versuchen vermisste ich auf der Blasenwand einen continuirlichen Abklatsch des farbigen Ueberzuges der endocranialen Oberfläche. Bei näherer Untersuchung ergab sich, dass die Gummiblase in der Umgebung des Hahnenkammes, welcher bei meinen Schädeln gerade sehr hoch und sehr scharf emporragte, sowie in der Umgebung der scharfen Kante der beiderseitigen kleinen Keilbeinflügel, ferner des Türkensattels (Proc. clinoidei), des beiderseitigen Foramen lacerum u. s. w. sich den schroffen Unebenheiten der inneren Schädeloberfläche nicht vollkommen angepasst haben konnte, weil eben hier der Abklatsch fehlte; hingegen überall dort, wo die knöcherne Oberfläche keine derartige Unebenheiten aufweist, auch ein continuirlicher farbiger Abklatsch an der äusseren Wand der Gummiblase zu beobachten war. Ich wiederholte diese Versuche, aber es wollte mir nicht gelingen, einen vollkommenen farbigen Abklatsch nach der vorschriftsmässigen Füllung der Gummiblase zu bekommen; immer fehlte derselbe an mehr oder minder grossen Stellen der Gummiblase. — Endlich entschloss ich mich zu Versuchen, bei denen ich in sehr langen Zwischenpausen die Gummiblase bis auf's Aeusserste anfüllte. Nach vorsichtiger Entleerung und nach Herausnahme der Gummiblase bekam ich einen beinahe continuirlichen Abklatsch des farbigen Ueberzuges, aber die Gummiblase hatte dabei ihre Contractionsfähigkeit an mehreren

Stellen eingebüsst, da hier durchscheinend dünnwandige buckelige Blasen überblieben, die erst nach mehreren Stunden sich verringerten, aber auch dann nicht mehr vollkommen verschwanden. Es hat die Gummiblase an diesen Stellen, welche der Lage nach den erwähnten Stellen des knöchernen Schädel-Innenraumes entsprachen, ihre frühere Elasticität eingebüsst.

Wer je einen solchen Versuch an derartig präparirten knöchernen Schädeln machen wird, muss sich davon überzeugen, dass eine im strengen Sinne des Wortes vollkommene Ausfüllung des Schädel-Innenraumes mittels des Poll'schen Apparates doch nicht so leicht ist; und wenn dies Prof. v. Luschan, sowie den betreffenden übrigen Experimentatoren leicht gelungen ist, so ist dies gewiss nur ihrer besonderen persönlichen Geschicklichkeit zuzuschreiben, deren ich mich leider nicht rühmen kann.

Ich musste deshalb von einer allgemeinen und dauernden Verwendung dieses Apparates<sup>1)</sup> bei den in grosser Anzahl der Einzelfälle vorzunehmenden Bestimmungen der Schädelcapacität vollends absehen und kehrte zu meinen unterbrochenen früheren Capacitäts-Bestimmungen mittels fester körniger Füllmasse zurück.

Wie bereits erwähnt, hebt Prof. v. Luschan als Vorzug des neuen Verfahrens hervor, dass die Fehler bei richtiger Handhabung des neuen Apparates stets unter 1 pCt. bleiben; aber auch bei meinem Verfahren bleiben die Fehler stets unterhalb dieser Werthgrösse. Leider hat Prof. v. Luschan die Schwankungsbreite der beim Poll'schen Verfahren auftretenden Fehler der Capacitäts-Bestimmung nicht näher angegeben. Wenn im Allgemeinen nur soviel verlangt wird, dass die Fehler stets unter 1 pCt. bleiben sollen, so ist dies gewiss als keine zu strenge Anforderung für eine möglichst exacte Capacitäts-Bestimmung anzusehen: was bedeutet 1 pCt. des Volumens bei Schädelcapacitäten? Je nach der betreffenden Grösse des Schädelraumes ist 1 pCt. z. B. bei 900 Cubikcentimetern

<sup>1)</sup> Ich kann nicht umhin, die sonstige Construction dieses Apparates lobend hervorzuheben; es wäre zu wünschen, dass Herr Poll auch fernerhin nach dieser Richtung hin thätig wäre, da die kraniometrische Technik im Allgemeinen einer weiteren Entwicklung noch immer sehr dringend bedarf.

Capacität = 9 Ccm., bei 1000 = 10 Ccm., bei 1500 = 15 Ccm., bei 2000 = 20 Ccm., gewiss eine für alle Schädelcapacitäten sehr leicht bemerkbare Werthgrösse. — Die weitere Behauptung Prof. v. Luschan's, dass nemlich, wenn das Füllwasser nicht durch Messung, sondern durch Wägung bestimmt wird, die Fehler hierdurch fast ganz eliminirt werden können, muss als zu optimistisch hingestellt werden. Damit nemlich eine Volumens-Bestimmung mittels Wasser möglichst genau ausfallen könne, muss allemal destillirtes Wasser von  $+ 15^{\circ}$  C genommen werden (Poll hat Wasserleitungswasser zur Füllung der Gummibläse angegeben). Sind diese zwei Bedingungen nicht genau erfüllt, so können schon in Folge hiervon die Fehler gewiss nicht mehr fast ganz eliminirt werden, gleichviel, ob nachträglich das Füllwasser nach dem Volumen oder nach dem Gewichte bestimmt wird. Die Wassermenge, welche zur Füllung der Gummibläse verwendet wurde, muss ja doch dieselbe bleiben sowohl bei der Volummetrie, wie bei der Wägung. Der Vortheil, dass man bei Wägung das Gewicht nicht nur nach Grammen, sondern sogar bis zu Milligrammen bestimmen kann, ist ja nur ein scheinbarer, da die wesentlichen Fehler nicht etwa erst bei der Volummetrie ihren Ursprung nehmen (es können sich hier nur neue, mehr oder minder grosse Fehler den ursprünglichen beigesellen), — sondern schon bei der Füllung der Gummibläse entstehen, also ursprüngliche Fehler, die sowohl bei der Volummetrie, wie bei der Wägung mit im Spiele bleiben. Diese ursprünglichen Fehler können also nachträglich, etwa durch Wägung — anstatt Raummessung —, doch nicht eliminirt werden, und ich kann mir nicht recht vorstellen, wie Prof. v. Luschan sich eine solche Möglichkeit gedacht hat<sup>1)</sup>.

---

Die Idee, bei der Capacitäts-Bestimmung des Schädels das Füllmaterial einfach durch Wägung zu messen, hat neuerdings Herr Dr. Paul Bartels in einem bemerkenswerthen Aufsätze

<sup>1)</sup> Um zwischen dem Volumen und dem Gewichte des Füllwassers ein constantes Verhältniss zu bekommen, müsste immer destillirtes Wasser von derselben Temperatur genommen werden, weil auch das Gewicht (die Dichtigkeit) bei verschiedener Temperatur verschieden ist.



[„Ueber eine neue Methode der Capacitäts-Bestimmung des Schädels“ s. Zeitschrift f. Ethn., Sitzung vom 18. April 1896 (256) bis (262)] angeregt. Er benutzte bei seinen Messungen die Welcker'schen „kleinen grünen Felderbsen“ von durchschnittlich 5 mm Durchmesser, und kam zu folgenden interessanten Resultaten: „Wenn ich — sagt er — irgend einen Schädelinhalt nach Cubikcentimetern bestimmen will, so brauche ich nur die Zahl, welche das Gewicht der hineingestopften Erbsen angiebt, mit dem Coefficienten 1,173 zu multipliciren, um die Zahl der Cubikcentimeter Wasser zu erhalten, die der Schädel fasst.“ — Er führt hierauf bezüglich noch weiter aus: „Wenn also die Capacität eines Schädels gemessen werden sollte, so stellte ich zuerst sein Eigengewicht fest, füllte ihn dann möglichst sorgfältig (nehmlich bis zu einem Maximum der Füllung) mit Erbsen, und stellte dann das Gewicht  $p$  der Erbsen fest. Zur Controle habe ich jeden Schädel mindestens zweimal gefüllt und gewogen. Meist erhielt ich bei der zweiten Messung ein etwas niedrigeres Resultat; betrug die Differenz 10 g oder weniger als 10 g, nach oben oder unten, so begnügte ich mich mit diesen beiden Messungen, nahm die höhere Zahl als die genauere an, multiplicirte mit dem Coefficienten 1,173 und gewann so die Capacität  $x$  des Schädels an Cubikcentimetern Wasser. — Falls es einmal geschah, dass ich bei der Wiederholung der Wägung ein Resultat bekam, das um mehr als 10 g von dem ersten differirte, so wiederholte sich die Füllung und Wägung so lange, bis die Differenz zwischen den beiden grössten Zahlen höchstens 10 betrug, und nahm dann das höchste Resultat als das richtige an, woraus ich dann wie oben die Capacität berechnete. (Doch ist dieser Fall nur 1 oder 2 mal vorgekommen; die Differenz betrug bei der Wiederholung der Messung durchschnittlich 5 g. Ein öfteres Vorkommen höherer Differenzen würde ja auch Mangel an Uebung und Ungleichwerthigkeit der einzelnen Wägungen beweisen und die Anwendung eines für jede Messung annähernd geltenden Coefficienten ausschliessen).“

---

Wenn man bedenkt, dass bei Schädelcapacitäts-Messungen nicht nur schon bei der Füllung des Schädel-Innenraumes gewisse

Fehler entstehen, die man nie gänzlich eliminiren kann, sondern dass dazu auch noch bei der Volumens-Bestimmung der Füllmasse neu entstehende Fehler hinzukommen, die ebenfalls nie völlig vermieden werden können, so ist die Methode des Dr. Bartels vom Gesichtspunkt einer Vereinfachung des Verfahrens gewiss von Nutzen. Schon Welcker bemerkte sehr richtig: „Je mehr Manipulationen, um so mehr Gelegenheit zu ungleichmässiger Behandlung“, — somit auch um so reichlicher die Fehlerquellen bei der Schädelcapacitäts-Bestimmung.

Aber wenn auch bei der Wägung der Füllmasse ein Theil der Manipulation vereinfacht wird, so bleibt die Frage der Fehlerquellen noch immer eine complicirte, weshalb man hier die verschiedenen Chancen gegenseitig abschätzen muss, was nicht so einfach ist. Wir wollen dies hier auf gemeinverständliche Weise versuchen.

Keine durch uns ausgeführte Messung oder Wägung kann je gänzlich ohne Fehler sein; wir müssen uns damit begnügen, die Grössen der Fehler mehr und mehr möglichst einschränken zu können, was aber nur mittels einer Verbesserung der Technik ermöglicht wird. Wie eben z. B. die astronomischen Messungen beweisen, kann bei Vervollkommnung der Technik die Schwankungsbreite der „persönlichen Fehler“, — welche, so lange wir menschliche Wesen bleiben, immer sich geltend machen werden —, innerhalb so enger Grenzen gebannt werden, wie dies in früheren Zeiten ganz unmöglich war. Bei der noch mangelnden höheren Entwicklung der craniometrischen Technik, dürfen wir vor der Hand noch keine so grossen Ansprüche nach dieser Richtung hin erheben; um so weniger bei den Schädelcapacitäts-Bestimmungen, weil man hier nie mit nur einerlei, sondern immer mit mehrerlei Fehlern laboriren muss. Fehler entstehen immer erstens schon bei der Ausfüllung des Schädel-Innenraumes, gleichviel ob wir eine flüssige, oder eine feste Füllmasse benutzen. (Es wäre doch eine arge Illusion, wenn man glauben würde, dass mittels Flüssigkeit z. B. Wasser, Quecksilber, der so höchst unregelmässig geformte Innenraum des Schädels völlig ohne Fehler ausgefüllt werden könnte; man braucht nur ein beliebiges Schädel-Étalon in einer nur etwas verschiedenen Horizontale aufzustellen, und man wird sofort gewisse, wenn auch nur sehr

kleine Unterschiede im Verbrache des flüssigen Füllmaterialies bemerken; aber auch bei möglichst genauer Einhaltung irgend einer horizontalen Grundlage des Schädels, bez. der Oeffnungsebene des Foramen magnum, — was viel schwieriger ist, als man es im Allgemeinen glauben würde, — werden wir bei Wiederholungen der Ausfüllung stets mehr oder minder bemerkbare Unterschiede finden, — Unterschiede, d. h. Fehler, die nicht einmal dann ganz gleich bleiben, wenn die Füllung des Schädelinnenraumes von einer und derselben Person wiederholt wird —, umsoweniger wenn die Wiederholungen der Füllung von verschiedenen Personen ausgeführt werden. Das zweite Mal entstehen Fehler bei der Bestimmung des Füllmaterialies selbst, gleichviel ob wir dieselbe in Bezug auf das Volumen oder auf das Gewicht ausführen. — Bei diesen zweierlei Fehlern sind stets auch zweierlei Momente in Betracht zu ziehen. Das eine Moment ist ein sachliches und hängt einerseits von der Natur des zu bestimmenden Raumes (ein Schädel-Innenraum ist leichter, der andere schwieriger genau auszufüllen), andererseits von der Natur des Füllmaterialies, sowie von der Beschaffenheit der zur Messung dieses Füllmaterialies gebrauchten Hilfsmittel (mehr oder weniger breite oder schmale Messcylinder, specielle Beschaffenheit der Waage) ab. Das andere Moment ist ein rein persönliches (individuelles), welches, auch im Falle des gleichbleibenden sachlichen Momentes, immer sowohl nach der Verschiedenheit der manipulirenden Personen, als auch je nach den zeitlich verschiedenen psycho-physischen Dispositionen einer und derselben manipulirenden Person variabel ist. Das persönliche Moment stellt demnach das  $\alpha\alpha\tau'$   $\xi\epsilon\chi\chi\eta\nu$  variable Moment bei den Experimenten dar, welchem gegenüber das sachliche Moment wenigstens von Fall zu Fall als ein constantes zu betrachten ist.

---

Wir haben weiter oben den Process jedweddes Fortschrittes in der Wissenschaft als einen Vereinheitlichungs-Process hingestellt; dieser Vereinheitlichungs-Process bezieht sich aber bei dem doppelten Charakter der Naturforschung immer zugleich auf das Theoretische und auf das Praktische. Aber eben darin liegt jener spezifische Charakter der Naturwissen-

schaft, welcher sich in dem immer entschiedener auftretenden Wunsche nach einer Exoterie der Wissenschaft bekundet. Wir bewundern zwar das geniale Denken, die künstlerische Hand eines Forschers, wir zollen ihm auch deshalb ungeschmälerstes Lob; wir verlangen aber dafür als Entgelt eine um so präzisere Darlegung, eine um so entschiedener Entkleidung dieser bewunderungswürdigen Gedanken von allem Esoterischen, wir verlangen möglichste Stabilisirung der Leistungen der künstlerischen Hand, — damit Beides zu einem je mehr zugänglichen Gemeingute der Menschheit werden könne, da eben durch diese Zugänglichkeit auch der Vereinheitlichungs-Process am besten befördert wird. Hierin liegt ein wesentliches ethisches Moment der Naturwissenschaften, hinsichtlich der Aufklärung der Menschheit.

Die Bestrebungen nach einer Exoterie in den Naturwissenschaften gehen mit der sog. Mechanisirung der Geistesthätigkeit Hand in Hand. Es kann nichts in der Naturwissenschaft exoter werden, was nicht zugleich auch an eine Machanisirung gebunden wäre. Mechanisiren ist nichts Anderes, als das Wandelbare in stabilere Formen zu bringen. Wir mechanisiren unsere Ideen, Gedanken in starre Axiome, in festgestellte Lehrsätze und in möglichst eng aneinanderschliessende Theorien, ebenso wie wir auch unsere Sinnesthätigkeiten und Handfertigkeiten durch künstlerische Hilfsmittel mechanisiren<sup>1)</sup>. Der Mechanisirungs-Process strebt in beiden Richtungen nach einer mathematischen Präcision. Sowohl die theoretische Auffassung, wie auch die praktische Behandlung der Einzelprobleme der Naturwissen-

<sup>1)</sup> Sämmtliche technische Hilfsmittel der Naturforschung sind nichts Anderes, als mechanische Fixirungen unserer Gedanken. In diesem unverfänglichen Sinne können gewiss unsere künstlichen Hilfsmittel (Waffen, Werkzeuge, Apparate, Maschinen) als Projectionen unseres Geistes nach aussen aufgefasst werden; dass aber sämmtliche künstliche Hilfsmittel zugleich auch geistige Projectionen der Körperorgane wären, wie dies Kapp in seinen „Grundlinien einer Philosophie der Technik“ (Braunschweig, 1877) aufzufassen geneigt ist, muss doch bezweifelt werden, da wir für einen grossen Theil der technischen Erfindungen, wenigstens wie wir bis heute die Organismen kennen, gar keine solche Organe auffinden können, welche als Vorbilder zu den betreffenden technischen Erfindungen dienen könnten.

schaften weisen umsomehr ein mathematisches Gepräge auf, je eine je höhere Stufe die Entwicklung der Naturforschung erreicht hat. Die Geheimnisse der Natur können also durch die Mathematik am deutlichsten exoterisch werden.

Bei dieser Mechanisirung werden aber zugleich auch die in unserem menschlichen Wesen gegebenen Unvollkommenheiten der Thätigkeit mehr und mehr fixirt, d. h. umso deutlicher zur Evidenz gebracht, weshalb auch die persönlichen Fehler bei mathematischer Thätigkeit allemal sofort zur Evidenz gelangen. — Wäre die Thätigkeit bei unseren Schädelmessungen z. B. speciell bei der Schädelcapacitäts-Bestimmung zu einer wirklich mathematischen Behandlung reif, so könnten bei unseren Versuchen die Fehler des sachlichen und persönlichen Moments nicht nur verringert, sondern zugleich auch gegenseitig präcis abgeschätzt werden. Bei dem heutigen Stande unserer Disciplin sind wir aber erst dahin gelangt, um die verschiedenen Fehler bei unseren Versuchen überhaupt erst einzeln näher aufsuchen zu lernen, und es wird gewiss noch eine Weile dauern, bis wir Alle dorthin gelangt sein werden, um auch schon die Möglichkeit einer fast gänzlichen Eliminirung der Fehler bei unseren Schädelcapacitäts-Bestimmungen in Betracht zu ziehen, wie dies Professor v. Luschan angeblich bereits geglückt ist.

---

Ich habe deshalb bei meinen Versuchen, die vielerlei hinderlichen Umstände in Rechnung ziehend, ein viel näher liegendes Ziel angestrebt.

Bei diesen Ueberlegungen schwebte mir nemlich das Ziel vor, ob es nicht möglich wäre, ohne besondere Schwierigkeiten und ohne besondere Geldkosten ein solches Verfahren aufzustellen, das einerseits mit keinen bedeutenden Fehlern verbunden ist, und andererseits auch bei einer beliebig langen Reihe von Einzelmessungen ganz gleichmässig befolgt werden kann. Dass diese Gleichmässigkeit sich hier hauptsächlich auf die vollkommene Constanz des Füllmaterials beziehen kann, brauche ich nicht weiter zu erörtern. Es ist bei cranio-logischen Forschungen geradezu als ein strenges Gebot zu erachten, dass die Technik so eingerichtet wäre, dass dieselbe nicht nur für wenige, sondern für möglichst viele Einzelforschungen

unter denselben Bedingungen möglichst gleichmässig gehandhabt werden könne; dies erfordert aber vor Allem, dass wenigstens das zur Messung verwendete Material ein möglichst unveränderliches sei. Dass meine Aufmerksamkeit sich aber gerade auf diese Frage gerichtet hat, war nur die einfache Folge meines Vorhabens, die Capacität bei 4000 Schädeln meiner Sammlung bestimmen zu wollen. Hieran mussten alle bisher bekannt gewordenen technischen Hilfsmittel für unzureichend befunden werden. — Das Poll'sche Verfahren ist deshalb nicht geeignet, weil, von einer vollkommenen Ausfüllung der Schädelhöhle auch abgesehen, die Gummiblasen bei einer längeren Verwendung in ihrer Elasticität eine Aenderung erleiden und somit erneuert werden müssten (für 4000 Schädel wären *minimo calculo* wenigstens ein bis zwei Dutzend nöthig). Viertausend Schädelhöhlen etwa nach Broca's Vorschlag mit Quecksilber auszufüllen, müsste, ausser den grossen Kosten, auch die Gesundheit ernstlich gefährden, wollte man nicht diese vielen Messungen mit langen Unterbrechungen ausführen. Der Vorschlag des Dr. Mies, eine jede Schädelhöhle zuvor mit einem wasserdichten Ueberzug zu versehen, ist ausser der grossen Zeitvergeudung eben deshalb ungeeignet, weil sehr viele Schädel wegen anderer Rücksichten nicht aufgesägt werden dürfen. — Es ist doch einleuchtend, dass wir vorderhand auf die Methode, die Schädelhöhlen mit Flüssigkeiten auszufüllen noch Verzicht leisten müssen, und dass ein solches Verfahren höchstens auf wenige Einzelfälle der Forschung beschränkt bleiben kann. — Leider bleibt nichts Anderes übrig, als unsere Zuflucht zu aus soliden Partikelchen bestehenden Füllmaterialien zu nehmen. — Bei einem festen Füllmaterialie liefert aber die Unmöglichkeit einer continuirlichen Ausfüllung des Raumes eine reichliche Quelle der verschiedenartigsten Fehler; es bleiben zwischen den einzelnen Partikelchen des Füllmaterialies immer Zwischenräume übrig, die je nach der Beschaffenheit desselben und je nach der Lagerung desselben ganz verschieden ausfallen können, — Verschiedenheiten welche, auszugleichen wir nicht im Stande sind. Vom theoretischen Standpunkte könnten die aus diesen Ungleichheiten der Zwischenräume entstandenen Fehler noch am besten eingeschränkt werden, wenn die Partikelchen in geometrischem Sinne kugelförmig wären und mög-

lichst starr wären, so dass man dann bei einer äusserst behutsamen Füllung wenigstens einigermaassen das nachahmen könnte, was bei den Pyramiden von Kanonenkugeln der Fall ist, — wo man die Zwischenräume sogar berechnen kann. Ich brauche nicht weiter auszuführen, warum wir dieses Ideal einer Füllung bei unseren Schädelcapacitäts-Bestimmungen nicht zu erreichen vermögen. — Leider sind wir genöthigt, die Schädel-Innenräume sozusagen blindlings auszufüllen, und das einzige, was uns hier als schwacher Vertreter des Gesichtssinnes etwas helfen kann, bleibt das Tastgefühl. Je mehr die Sinnesthätigkeit beschränkt bleibt, umso einseitiger kann auch die Controlle sein. Bei dieser Bewandtniss muss unser Augenmerk also hauptsächlich auf eine möglichst günstige Beschaffenheit des Füllmaterials gerichtet sein.

Hier ergibt sich eine ganze Reihe von Complicationen. — Bleischrotkörner haben den Vorzug, dass dieselben so erzeugt werden können, dass die einzelnen Körner fast rein kugelförmig ausfallen und auch in ihrem Durchmesser nur sehr geringe Unterschiede aufweisen; sie sind ausserdem auch ziemlich dauerhaft. Ihre nachtheilige Seite ist, dass sie schmutzen und verhältnissmässig sehr schwer sind. Ein Liter Bleischrot von 3 mm grossen Körnern; wiegt in abgerundeter Zahl etwa 6500 gr, so dass für dünnwandige oder zerbrechlichere Schädel immerhin eine Gefahr entsteht. Dies war auch der Grund, warum der um die Förderung einer wissenschaftlichen Schädelcapacitäts-Bestimmung so verdiente Welcker von einer allgemeinen Anwendung der Schrotkörner abgerathen hat („Mit Bleischrot soll man Hasen schiessen, aber keine Schädel messen“). — Welcker's „kleine grüne Felderbsen“ besitzen den grossen Vortheil, dass sie ziemlich rund sind, dass sie ziemlich dem Drucke widerstehen, nicht schmutzen, in Körnern von ziemlich ähnlicher Grösse ausgesondert werden können, und ausserdem noch, dass sie verhältnissmässig sehr leicht sind. Ein Liter von 5—6 mm grossen Körnern wiegt etwa 860 gr (also ihr Gewicht ist etwa 7,56 mal geringer, als dasjenige des Bleischrotes). — Wenn es heisst, eine Serie von einer grösseren Anzahl der Einzelfälle der Forschung zu unterziehen, so muss behufs möglichster Annäherung der Gleichmässigkeit in der Forschung sowohl das sachliche, wie auch das persönliche

Moment bei der Thätigkeit nach Möglichkeit fixirt werden. Das sachliche Moment wird z. B. bei der Schädelcapacitäts-Bestimmung dadurch fixirt, dass immer dasselbe Füllmaterial (z. B. dieselbe Partikelchen des soliden Füllmaterialies) und immer dieselben Messcylinder benutzt werden. Die Fixirung des persönlichen Momentes beschränkt sich darauf, dass eine und dieselbe Person die Messungen nach Thunlichkeit gleichmässig ausführt. — In Folge der Nothwendigkeit einer möglichst präcisen Fixirung des sachlichen Momentes musste ich auch von dem Gebrauche der Welcker'schen Erbsen Abstand nehmen. Wenn man mehrere hundert Schädel untersuchen will, muss in Folge der Zerspaltung der einzelnen Erbsenkörner das Füllmaterial ergänzt, bez. erneuert werden, wodurch die Gleichmässigkeit des sachlichen Momentes sofort Einbusse erleidet. — Ich benutze deshalb sogenannte Perlen aus Kaliglas (mit Bleimischung), die noch runder sind, als die  $\frac{1}{2}$  Erbsenkörner, ebenso wenig schmutzen, wie die Erbsenkörner, aber unvergleichlich viel dauerhafter sind, als diese. Bei Capacitäts-Messungen von 4000 Schädeln ist keine einzige Glasperle zersprungen, sie blieben vollkommen intact, so dass sämmtliche Schädel mit denselben Perlen ausgefüllt werden konnten. Ich kann also getrost den Ideengang Welcker's weiter ausführend sagen: der Mensch nähre sich mit Erbsen und fülle den Schädel-Innenraum mit widerstandsfähigerem Material.

Ich verwende zur Schädelcapacitäts-Bestimmung Glasperlen von 5—6 mm Durchmesser. — Nachdem die Glasperlen vom Fabrikanten bereits sortirt wurden, nehme ich eine abermalige Sortirung vor, und zwar auf folgende Weise. Die Glasperlen werden auf ein blechernes Sieb mit runden Löchern von gerade 6 mm Durchmesser geschüttet, unterhalb dessen ein zweites blechernes Sieb mit Löchern von gerade 5 mm Durchmesser aufgestellt ist. Es wurden die Glasperlen sowohl auf dem oberen, wie auf auch dem unteren Siebe tüchtig untereinander gerüttelt und geschoben. Ich erhielt also auf diese Weise lauter Glasperlen, deren Durchmesser kleiner als 6 mm, und grösser als 5 mm waren. Ein Liter solcher Glasperlen wiegt etwa 1500 g. — Dieses Füllmaterial, welches etwa 4,33 mal leichter als Bleischrot und 1,74 mal schwerer als Erbsen ist, kann, von morschen Schädeln



abgesehen, die ohnehin von Fall zu Fall den speciellen Umständen gemäss immer eine besondere Behandlung erheischen, — also auch nach dieser Richtung hin — behufs der Schädelcapacitäts-Bestimmung anempfohlen werden. — Was nun die behufs der Volummetrie des Füllmaterialies anzuwendenden Messcylinder anbelangt, so kann ich nicht umhin, auch diese Frage als nicht so einfach hinzustellen, wie man dies im Allgemeinen zu thun geneigt ist. — Unser durch den Tod der Wissenschaft zu früh enttraffter Welcker war der erste, der auch hinsichtlich dieser Frage uns auf mehrere wichtige Momente aufmerksam machte. — Jeder einzelne Forscher kann an sich selbst die Erfahrung machen, dass, wenn er das Volumen eines gegebenen (aus Partikelchen bestehenden) Füllmaterialies in irgend einem Messcylinder bestimmt hat, die Werthgrösse des Volumens mehr oder weniger eine Veränderung erleidet, wenn er die Volumens-Bestimmung in demselben Messcylinder öfters wiederholt. (Bei der allgemein gebräuchlichen Graduirung in 10 bis 5 ccm Einheiten werden die kleineren Abweichungen nur zu leicht übersehen und vernachlässigt.) Ist dies schon bei Anwendung eines und desselben Messcylinders der Fall, so muss sich das Moment der Fehler noch mehr geltend machen, wenn verschiedene Messcylinder benutzt werden. Ebenso selbstverständlich ist es, dass, wenn derlei Versuche nicht nur von einer und derselben Person, sondern von mehrern Personen ausgeführt werden, auch die Mannigfaltigkeit in den Unterschieden der Einzelmessungen, eben wegen der grösseren Mannigfaltigkeit der sog. persönlichen Fehler, zunehmen muss. — Nun können wir ganz deutlich einsehen, wie complicirt die Frage sein muss, wenn es sich darum handelt, die Capacitäts-Grössen der Rassenschädel, — die von verschiedenen Forschern mittels verschiedener Methoden bestimmt wurden, — untereinander regelrecht zu vergleichen. Hinsichtlich der persönlichen Fehler hat Welcker eine sehr wichtige Unterscheidung getroffen. Er classificirte dieselben in zwei Kategorien, in diejenige der sog. Minusfehler und in diejenige der Plusfehler. — Ein Minusfehler ist dann vorhanden, wenn das Füllmaterial von einem sog. Schädel-Étalon im Messcylinder ein geringeres Volumen angiebt, als es angeben sollte. Die Ursache eines solchen

Fehlers rührt davon her, dass das betreffende Füllmaterial innerhalb des Schädel-Innenraumes loser gelagert war, als im Messcylinder, d. h. dass die nicht ausgefüllten Lufträume (die übrigens nie gänzlich eliminirt werden können) innerhalb des Schädel-Innenraumes grösser waren, als im Messcylinder selbst, sei es, dass zufällig die Partikelchen im Messcylinder eine viel günstigere, inniger anschliessende Lagerung einnehmen konnten, oder dass dies willkürlich, nemlich durch einen zweckmässig angewendeten Druck erfolgte. Es ist somit klar, dass die zweite Kategorie der Fehler, nemlich die Plusfehler nur dann auftreten können, wenn umgekehrt die Lagerung der Partikelchen des Füllmaterials innerhalb der Schädelhöhle eine viel festere ist, als im Messcylinder. — Die Lagerung der Partikelchen hängt aber sowohl innerhalb der Schädelhöhle, wie auch innerhalb des Messcylinders von mehreren variablen Einzelmomenten ab. Die einen beziehen sich auf die Beschaffenheit des Füllmaterials (Festigkeit, Elasticität, Grösse und Form der Partikelchen), sowie auf die Art und Weise der Füllung (Richtung und Schnelligkeit des Falles, An- und Rückprall, Aufschnicken, Pressung der Partikelchen); die anderen wiederum beziehen sich auf die Form und Raumgrösse des Behälters (des Schädel-Innenraumes, der Messcylinder). Es ist nun leicht einzusehen, wie nöthig es wäre, alle diese Einzelmomente beherrschen zu können, damit unsere Capacitäts-Bestimmungen exacte Resultate aufweisen könnten. — Bei dieser Bewandniss hatte Welcker doch Recht, als er im Allgemeinen den Lehrsatz aufstellte: Je weniger Manipulationen, um so weniger Fehler.

Da bei meinen Versuchen das eine Moment, nemlich dasjenige des Füllmaterials aus Glasperlen, sich verhältnissmässig sehr günstig gestaltete, so musste ich auch das andere Moment — welches von der Grösse und Form der zur Volummetrie benutzten Messcylinder abhängig ist — nach dieser Richtung in Betracht ziehen. — Ich habe bei meinen schon vor längerer Zeit in Angriff genommenen Controlversuchen gefunden, dass die Form des auszufüllenden Behälters eine wesentliche Rolle bei der Capacitätsbestimmung spielt. Auf eine ausführliche Erörterung dieser Frage, — welche hier zu weit ab führen müsste, — verzichtend, will ich hierauf bezüglich nur Folgendes

hervorheben: Ich fand nemlich, dass die Form des Behälters zur Volumens-Bestimmung (eines aus festen Partikelchen bestehenden Füllmaterialies) sich um so günstiger gestaltet, d. h. der Innenraum caeteris paribus um so gleichmässiger ausgefüllt werden kann, je mehr der auszufüllende Raum sich der geometrischen Kugelform nähert. — Ich nehme zu diesen Versuchen einerseits mehrere bereits mittelst destillirten Wassers (bei  $+ 15^{\circ}$  C) geaichte Gasballons, andererseits graduirte Messcylinder. Füllt man z. B. zwei oder mehrere solche Gasballons, deren Inhalt gleich gross ist, mittels meiner Glasperlen, und zwar so, dass das Füllmaterial des einen Gasballons auch zur Füllung der übrigen benutzt wird, so wird man finden, dass eine gleichmässige Füllung hier „caeteris paribus“ leichter gelingt, als bei Messcylindern. Bei Messcylindern machen sich die Unterschiede, d. h. die Fehler der Volummetrie um so mehr geltend, je mehr die Höhe des Cylinders den Durchmesser seiner Grundfläche übertrifft. — Dass im Allgemeinen die Kugelform behufs gleichmässigerer Vertheilung, bzw. Lagerung von kugelförmigen Partikelchen günstiger ist, als die Cylinderform, ergibt sich schon aus dem Momente, dass, während bei der Kugel das Volumen nach der dritten Potenz des Radius zunimmt ( $V = \frac{4}{3}r^3\pi$ ), dies bei dem Cylinder nur nach der zweiten Potenz des Radius der Grundfläche ( $V = r^2\pi h$ ) der Fall ist. Andererseits wissen wir, dass bei Cylindern von gleichem Cubikinhalte die Oberfläche dann am geringsten werden kann, wenn die Höhe des Cylinders gerade so gross ist, als der Durchmesser der Grundfläche ( $h = 2r$ ); in diesem Falle ist der Cylinder ein gleichseitiger, und die Formel seines Volumens: ( $V = r^2\pi h$ ) geht in die Formel ( $V = 2r^3\pi$ ) über. — Je mehr also die Höhe den Durchmesser der Grundfläche an Grösse übertrifft, d. h. je schmärer der Messcylinder (bei gleichbleibendem Volumen) wird, um so ungünstiger gestaltet sich verhältnissmässig die Raumform hinsichtlich einer möglichst dichten Ausfüllung, — wenn hierbei die Grösse und Form der Partikelchen des Füllmaterialies unverändert bleiben. — Bei Messcylindern, namentlich bei schmalen Messcylindern ist die Summe der Lufträume, also die Summe der von den Partikelchen nicht ausgefüllten Zwischenräume eine grössere, als bei Behältern von kugelförmiger Form. Daher kommt es, dass wenn

der Innenraum eines Schädel-Étalons mittels des Druckes widerstandsfähigerer kugelförmiger Partikelchen ausgefüllt und das Volumen dieses Füllmaterials dann in einem Messcylinder bestimmt wird, man ein grösseres Volumen erhält, als dasjenige der Schädelcapacität. Wie gesagt, wenn zur Füllung des Schädel-Innenraumes ein derartiges Material benutzt wird (z. B. Glasperlen), so sind die Plusfehler ein Zeichen, dass der Schädel möglichst dicht ausgefüllt wurde; Minusfehler hingegen würden das sicherste Zeichen sein, dass der Schädel-Innenraum nicht gehörig ausgefüllt wurde. Bei einem Füllmaterial, dessen Partikelchen dem Drucke genügend Widerstand leisten, dürfen keine Minusfehler vorkommen; etwaige solche Capacitäts-Bestimmungen müssen unbedingt als völlig verfehlt erklärt werden. Etwas anders verhält sich die Sache, wenn zur Ausfüllung des Schädelinnenraumes ein solches Material benutzt wird, dessen Partikelchen dem Drucke nicht genügend Widerstand leisten (z. B. Samenkörner), sei es dass die Substanz weich oder dass sie sehr elastisch ist. Bei einem solchen Füllmaterial hängt das Volumen einseitig von dem bei der Füllung angewendeten Drucke ab. Es können bei einem solchen Füllmaterial bald Plus-, bald Minusfehler auftreten, was lediglich davon abhängt, ob bei der Füllung des Schädel-Innenraumes oder bei derjenigen des Messcylinders ein geringerer Druck angewendet wurde. Nun, da wir die Dichtigkeit der Füllung einerseits beim Schädel, andererseits beim Messcylinder mittels des einseitigen Druckgefühles nur im Groben beurtheilen können, ist es doch einleuchtend, dass bei Anwendung eines zusammendrückbaren Füllmaterials die Fehlerquelle der Volumens-Bestimmungen eine reichlichere ist, als bei einem solchen Füllmaterial, wo das Moment des Druckes bedeutend reducirt werden kann, — wie dies bei den Glasperlen der Fall ist. — Ein dem Druck widerstandsfähigeres Material ist behufs der Schädelcapacitäts-Bestimmung viel mehr geeignet, als ein zusammendrückbares. — Wenn Welcker sagt: je weniger Manipulationen, um so weniger Fehler, so kann ich dies auch noch nach einer anderen Richtung hin weiter ausführen: je mehr der Spielraum der einzelnen einflusshabenden Momente eingeengt werden kann, um so geringer können auch die

Fehler werden. — Eine Verminderung der einfluss-habenden Momente ist aber schon ipso facto mit einer Erleichterung der Manipulation gleichbedeutend.

---

Aus den so eben mitgetheilten Erörterungen ergibt sich von selbst das Ziel unserer Betrachtungen behufs einer Förderung der Exactheit bei den Schädelcapacitäts-Bestimmungen, welches wir kurz zusammenfassen können: dasselbe Füllmaterial für alle einzelnen Schädelcapacitäts-Bestimmungen und dieselben volumetrischen Messapparate. Bei der Erfüllung dieser zwei Bedingungen könnten die sachlichen Fehler leichter fixirt, d. h. constant werden, so dass nur mehr die persönlichen Fehler das wesentliche Moment bei den Schädelcapacitäts-Bestimmungen abgeben würden. Dass wir aber derzeit von diesem Ideal noch sehr weit zurück sind, braucht ebenso wenig bewiesen zu werden, wie dass wir derzeit nach dieser Richtung hin nur noch sehr schwache Fortschritte machen können.

---

Von diesem Gesichtspunkte aus will ich auch die Versuche aufgefasst wissen, über welche ich hier zur Prüfung, sowie zur Aufmunterung einer weiteren Verbesserung des Verfahrens im Folgenden handeln werde.

---

Da ich mir vorgenommen habe, die Schädelcapacität von 4000 Schädeln unter meiner Aufsicht bestimmen zu lassen, konnte es sich hier nicht etwa um einen Record für eine Maximalleistung der verbesserten Technik handeln; es handelte sich nicht darum, zu zeigen, wie die Fehler bei der Anwendung von Glasperlen möglichst gering gemacht werden können, sondern nur darum, wie gross dieselben bei einer sogenannten Normalleistung (Durchschnittsleistung) ausfallen; also um eine Leistung die ein jeder — dem man eine solche Arbeit überhaupt anvertrauen kann — auszuführen im Stande ist. Aber eben deshalb verknüpfte ich diese Untersuchungen mit dem Studium des Momentes der „persönlichen Fehler“. — Ich betraute mit der Ausführung dieser Untersuchungen einen meiner Schüler, Herrn Col. Kelemen (Cand. philosophiae), dem zur speciellen Aufgabe

gemacht wurde, sämtliche Manipulationen möglichst gleichförmig und gleichmässig bei allen einzelnen Schädelcapacitäts-Bestimmungen auszuführen; da nur unter solchen Bedingungen die „persönlichen Zehler“ ganz klar zum Vorschein gelangen. Es wurden also immer dieselben Glasperlen, dieselben Messcylinder und dieselbe Wage bei den Capacitäts-Bestimmungen benutzt.

Nach einigen Voruntersuchungen behufs Einübung liess ich zunächst Controlversuche an einem Schädel-Etalon ausführen. Es wurde hierzu ein Ranke'scher Bronzeschädel verwendet, dessen Capacität = 1258,8 ccm angegeben ist. — Es wurde die Capacität dieses Bronzeschädels in vier doppelten Serien und zwar 400 Mal mittels directer Volumensbestimmung und 400 Mal mittels des Gewichtes ermittelt. — Als Füllmaterial wurden einerseits Glasperlen (von 5—6 mm Durchmesser), andererseits Welcker'sche Erbsen (von zwischen 5—6 mm Durchmesser) angewendet. — Behufs der Volumetrie wurden zwei Messcylinder verwendet; nemlich ein grösserer, bei welchem die Einheit der Graduierung = 5 ccm, und ein kleinerer, bei welchem die Einheit der Graduierung = 2 ccm Werthgrösse bedeutete. — Behufs der Gewichts-Bestimmung diente eine kaufmännische Waage, die bis auf 0,2 g genau zeigte. — Sowohl mit den Glasperlen, wie auch mit den Erbsen wurden zweierlei Capacitäts-Bestimmungen vorgenommen. Nemlich das eine Mal wurde der Bronzeschädel gefüllt und das Volumen des Füllmaterials erst nachträglich in den Messcylindern bestimmt; das andere Mal wurde das Füllmaterial vorher schon in den Messcylinder gegossen, so dass das Volumen der bei der Füllung verbrauchten Glasperlen und Erbsen an den Messcylindern einfach abgelesen werden konnte. Endlich wurde das Gewicht des Füllmaterials bei einem jeden Einzelversuche bestimmt. — Die Werthgrössen der Volumens erstrecken sich bis auf 2 Einheiten von Cubikcentimetern, diejenigen des Gewichtes bis auf die Zehntel eines Grammes.

Ich stelle die Ergebnisse dieser insgesamt 800 Einzelversuche der Schädelcapacitäts-Bestimmung in derselben Reihenfolge auf, in welcher sie gefunden wurden:

## Ranke'scher Bronzeschädel.

(Capacität mittels dest. Wassers bei  $+ 15^{\circ}\text{C} = 1258.8 \text{ ccm.}$ )

A) Füllmaterial: Glasperlen von 5—6 mm Durchmesser.

I. 100 Capacitäts-Bestimmungen, das Volumen des Füllmaterials nachträglich bestimmt.

Laufende No.	Volumen (in ccm)	Gewicht (in g)	Laufende No.	Volumen (in ccm)	Gewicht (in g)
1	1270	1964,0	51	1270	1965,0
2	1276	1971,0	52	1268	1960,0
3	1264	1961,0	53	1268	1960,0
4	1262	1950,5	54	1270	1963,5
5	1272	1959,5	55	1270	1960,5
6	1274	1965,0	56	1266	1959,0
7	1266	1953,0	57	1272	1965,0
8	1272	1964,3	58	1268	1960,0
9	1268	1960,5	59	1274	1966,0
10	1266	1954,0	60	1270	1965,0
11	1274	1964,5	61	1268	1963,0
12	1268	1958,0	62	1272	1965,5
13	1268	1955,5	63	1274	1967,0
14	1270	1964,0	64	1272	1966,0
15	1274	1968,0	65	1276	1967,0
16	1272	1962,7	66	1274	1966,0
17	1274	1962,7	67	1270	1965,5
18	1266	1954,0	68	1268	1961,5
19	1270	1956,9	69	1270	1965,0
20	1270	1958,2	70	1266	1955,0
21	1274	1967,2	71	1268	1958,5
22	1270	1959,0	72	1272	1966,0
23	1272	1963,0	73	1268	1957,0
24	1272	1964,5	74	1268	1961,0
25	1272	1963,0	75	1272	1967,0
26	1272	1964,7	76	1270	1962,5
27	1278	1970,7	77	1274	1967,0
28	1274	1965,5	78	1270	1965,0
29	1268	1959,0	79	1272	1965,0
30	1272	1965,0	80	1266	1955,0
31	1270	1965,0	81	1266	1954,0
32	1268	1962,0	82	1270	1965,0
33	1266	1956,5	83	1272	1966,0
34	1272	1966,5	84	1270	1963,0
35	1270	1960,3	85	1272	1963,5
36	1272	1964,5	86	1268	1956,5
37	1268	1960,5	87	1272	1966,0
38	1270	1964,5	88	1268	1958,0
39	1268	1959,0	89	1270	1964,0
40	1274	1964,0	90	1268	1959,0
41	1270	1962,0	91	1270	1962,5
42	1274	1968,5	92	1272	1965,0
43	1272	1967,0	93	1270	1960,5
44	1268	1960,5	94	1272	1966,0
45	1268	1961,5	95	1270	1961,0
46	1272	1965,5	96	1268	1959,0
47	1268	1960,8	97	1270	1963,0
48	1272	1966,8	98	1272	1964,0
49	1266	1955,0	99	1272	1964,5
50	1272	1967,0	100	1272	1966,0

II. 100 Capacitäts-Bestimmungen, Füllung aus Messcylindern,  
Volumen bei der Füllung abgelesen.

Laufende No.	Volumen (in ccm)	Gewicht (in g)	Laufende No.	Volumen (in ccm)	Gewicht (in g)
1	1272	1965,5	51	1272	1963,5
2	1274	1968,5	52	1270	1962,0
3	1268	1971,0	53	1272	1969,0
4	1268	1958,0	54	1270	1964,0
5	1270	1966,5	55	1270	1966,5
6	1272	1966,7	56	1272	1969,0
7	1268	1966,2	57	1270	1962,0
8	1274	1965,0	58	1272	1965,0
9	1268	1964,5	59	1268	1955,0
10	1268	1963,0	60	1270	1961,0
11	1272	1961,5	61	1270	1965,0
12	1270	1963,0	62	1268	1959,0
13	1272	1965,0	63	1268	1961,0
14	1272	1966,0	64	1270	1964,5
15	1272	1966,6	65	1274	1968,0
16	1270	1960,0	66	1272	1964,0
17	1270	1956,7	67	1268	1958,0
18	1268	1954,9	68	1272	1965,5
19	1270	1961,0	69	1270	1962,0
20	1268	1963,5	70	1270	1963,0
21	1272	1968,0	71	1272	1959,5
22	1268	1957,5	72	1268	1959,0
23	1268	1959,2	73	1270	1965,0
24	1270	1959,0	74	1268	1963,0
25	1270	1960,3	75	1270	1965,0
26	1268	1958,5	76	1270	1965,5
27	1270	1959,0	77	1270	1962,0
28	1268	1958,5	78	1272	1967,5
29	1270	1962,5	79	1268	1963,0
30	1268	1960,0	80	1268	1962,5
31	1270	1972,0	81	1268	1958,0
32	1272	1973,5	82	1270	1964,0
33	1268	1962,5	83	1274	1965,0
34	1268	1960,5	84	1268	1959,5
35	1268	1952,5	85	1270	1964,0
36	1274	1969,0	86	1270	1962,0
37	1272	1964,0	87	1270	1964,5
38	1270	1964,3	88	1270	1965,0
39	1270	1955,0	89	1268	1960,5
40	1270	1962,5	90	1268	1958,5
41	1270	1954,0	91	1270	1964,0
42	1270	1967,5	92	1268	1959,0
43	1268	1965,0	93	1270	1960,0
44	1268	1961,0	94	1270	1964,5
45	1268	1960,0	95	1268	1957,0
46	1268	1959,8	96	1268	1956,5
47	1270	1965,8	97	1268	1957,5
48	1268	1960,0	98	1270	1960,0
49	1270	1965,0	99	1268	1956,0
50	1272	1964,0	100	1272	1965,0



B. Füllmaterial: Erbsen von 5—6 mm Durchmesser.

## III.

100 Capacitäts-Bestimmungen, das Volumen nachträglich bestimmt.

Laufende No.	Volumen (in ccm)	Gewicht (in g)	Laufende No.	Volumen (in ccm)	Gewicht (in g)
1	1280	1121,0	51	1280	1128,5
2	1292	1133,5	52	1284	1127,0
3	1294	1129,0	53	1280	1122,0
4	1288	1126,0	54	1286	1126,5
5	1282	1120,0	55	1290	1135,0
6	1286	1121,7	56	1288	1133,0
7	1278	1116,8	57	1288	1132,5
8	1280	1116,5	58	1280	1124,0
9	1284	1118,5	59	1276	1119,0
10	1280	1117,8	60	1276	1118,0
11	1294	1126,0	61	1276	1119,0
12	1288	1126,0	62	1274	1115,0
13	1282	1117,5	63	1278	1123,5
14	1294	1126,0	64	1284	1132,0
15	1296	1130,8	65	1294	1129,5
16	1290	1129,5	66	1284	1124,0
17	1294	1132,7	67	1276	1121,0
18	1284	1121,5	68	1274	1115,0
19	1290	1125,9	69	1278	1125,0
20	1292	1130,0	70	1274	1115,0
21	1290	1125,8	71	1290	1129,0
22	1288	1128,5	72	1284	1133,0
23	1290	1129,5	73	1278	1118,0
24	1288	1125,0	74	1278	1127,5
25	1288	1122,0	75	1278	1129,5
26	1294	1132,5	76	1276	1122,0
27	1282	1122,0	77	1286	1132,0
28	1292	1127,0	78	1274	1123,0
29	1284	1126,0	79	1282	1131,0
30	1296	1129,0	80	1284	1130,0
31	1288	1123,5	81	1294	1132,0
32	1284	1121,5	82	1290	1130,0
33	1286	1119,5	83	1292	1130,0
34	1280	1123,0	84	1288	1130,5
35	1282	1119,0	85	1286	1125,5
36	1286	1124,0	86	1286	1127,0
37	1294	1131,0	87	1284	1125,5
38	1286	1124,0	88	1288	1129,5
39	1284	1123,0	89	1290	1131,5
40	1282	1123,0	90	1286	1130,0
41	1284	1123,0	91	1290	1133,0
42	1286	1124,5	92	1284	1131,0
43	1282	1123,0	93	1288	1132,0
44	1292	1130,0	94	1288	1130,0
45	1294	1132,0	95	1292	1134,0
46	1290	1134,5	96	1280	1128,0
47	1280	1125,5	97	1280	1127,5
48	1278	1126,0	98	1278	1125,0
49	1276	1117,0	99	1288	1132,5
50	1278	1122,5	100	1290	1135,0

IV. 100 Capacitäts-Bestimmungen, Füllung des Schädels aus  
Messcylindern, Volumen bei der Füllung abgelesen.

Laufende No.	Volumen (in ccm)	Gewicht (in g)	Laufende No.	Volumen (in ccm)	Gewicht (in g)
1	1284	1123,5	51	1288	1132,5
2	1288	1125,5	52	1286	1129,0
3	1286	1111,0	53	1290	1127,5
4	1284	1119,5	54	1286	1125,5
5	1290	1124,0	55	1286	1129,0
6	1284	1120,3	56	1288	1128,5
7	1282	1119,7	57	1290	1129,5
8	1286	1121,5	58	1286	1129,0
9	1286	1116,5	59	1288	1125,0
10	1278	1114,0	60	1284	1128,0
11	1288	1114,5	61	1286	1127,0
12	1288	1125,0	62	1284	1125,0
13	1286	1120,5	63	1282	1123,0
14	1288	1122,5	64	1290	1128,0
15	1288	1116,3	65	1294	1129,0
16	1286	1124,8	66	1286	1124,5
17	1286	1125,5	67	1290	1127,0
18	1286	1128,9	68	1282	1120,0
19	1288	1124,0	69	1284	1130,5
20	1290	1127,2	70	1282	1126,0
21	1286	1117,5	71	1290	1128,0
22	1280	1123,0	72	1290	1132,0
23	1284	1127,0	73	1290	1129,0
24	1282	1122,0	74	1284	1134,5
25	1290	1125,0	75	1282	1133,5
26	1290	1130,5	76	1284	1133,0
27	1284	1120,5	77	1290	1137,0
28	1286	1120,5	78	1284	1133,0
29	1284	1128,0	79	1280	1128,0
30	1288	1121,5	80	1282	1133,0
31	1292	1127,0	81	1288	1127,0
32	1282	1121,5	82	1288	1130,0
33	1288	1125,8	83	1286	1123,0
34	1288	1121,5	84	1280	1127,5
35	1286	1122,5	85	1284	1123,5
36	1292	1132,5	86	1286	1129,0
37	1288	1127,3	87	1288	1131,0
38	1286	1122,0	88	1290	1133,0
39	1286	1122,0	89	1286	1129,5
40	1288	1126,5	90	1288	1132,0
41	1288	1126,0	91	1284	1130,5
42	1290	1127,5	92	1290	1133,0
43	1288	1123,5	93	1284	1129,0
44	1286	1122,0	94	1292	1133,5
45	1286	1126,5	95	1282	1121,0
46	1286	1129,8	96	1284	1131,0
47	1292	1136,5	97	1290	1135,0
48	1284	1130,0	98	1286	1131,5
49	1286	1123,2	99	1282	1127,0
50	1284	1128,5	100	1288	1134,5

Die schon auf den ersten Blick so auffallend regellosen Zahlenreihen, in welchen die einzelnen Werthgrößen so zu sagen launenhaft nach einander folgen, müssen auf uns doch den Eindruck von einer Complicirtheit des hier in Rede stehenden Problems machen; aber eben deshalb muss uns auch das klar sein, dass derartige rohe Zahlenreihen ohne Weiteres schon nicht die geeignete Grundlage zu wissenschaftlichen Speculationen bieten können. Es ist hier vor Allem eine streng methodische Behandlung durchaus nöthig, um den rohen Zahlen überhaupt einen bestimmten und vergleichbaren Werth verleihen zu können. Da ich die Grundlinien der von mir befolgten Methode schon in mehreren (anderswo) erschienenen Aufsätzen, sowie in dem (in der Zeitschrift f. Ethn.) veröffentlichten Aufsatz: „Ueber Variationen und Correlationen der Neigungs-Verhältnisse am Unterkiefer“ (Jahrg. 1898, S. 125—181) klar und gemeinverständlich demonstriert habe, so werde ich mich bei der jetzigen Gelegenheit bezüglich gewisser Einzelheiten kürzer fassen können, um nur diejenigen speciellen Momente eingehender zu beleuchten, für welche eben die hier auftauchenden Einzelfragen einen geeigneten Angriffspunkt liefern.

---

## I. Die Schwankungsbreiten bei den vier Zahlenreihen der Volumens- und Gewichts-Bestimmungen des Füllmaterials.

Ein wissenschaftlicher Fortschritt in der Aufklärung der uns umgebenden Erscheinungen ist nur unter der einzigen Bedingung möglich, dass das Veränderliche in den Erscheinungen stets mehr und mehr auf irgend ein Unwandelbares, also auf ein Gesetz bezogen werden kann. Der Weg, bis man dahin gelangt, ist immer ein viel längerer, als man dies im Voraus auch nur vermuthen könnte. Bei einer methodischen Verfolgung dieses Zieles ist das Zunächstliegende, vor Allem die Grenzen kennen zu lernen, innerhalb welcher die Veränderungen vor sich gehen. Läge es in unserer Macht, sofort die absoluten Grenzen der Veränderlichkeit zu ermitteln, so hätten wir schon hierdurch einen wesentlichen Fortschritt behufs der Aufklärung der veränderlichen Erscheinungen erzielt. Leider lassen sich die absoluten Grenzen der Veränderlichkeit bei den Einzel-Beobachtungen nicht erkennen,

und wir müssen so zu sagen stückweise das Nöthige zu dieser Erkenntniss zusammentragen. Bei dieser Bewandniss ist es doch klar, dass wir, auf je zahlreichere Einzel-Beobachtungen unsere Erfahrung sich stützen kann, um so mehr uns auch der Kenntniss der wahren (absoluten) Grenzen der Veränderlichkeit nähern. Das namentlich in der Statistik so oft betonte „Gesetz der grossen Zahl“ hat also auch hier seine volle Gültigkeit.

In der folgenden Tabelle habe ich die Schwankungsbreite der persönlichen Fehler des Herrn Kelemen für eine jede einzelne — aus je 100 Capacitäts-Bestimmungen des Ranke'schen Bronzeschädels bestehende — Versuchsreihe (aus den oben mitgetheilten Zahlentabellen) zusammengestellt.

Die Schwankungsbreite (Ob) der persönlichen Fehler bei den Capacitäts-Bestimmungen des Bronzeschädels (Rauminhalt = 1258,80 ccm) ist:

Bei A. Füllmaterial: Glasperlen.

		Minimum	Maximum	Einheiten
I. Das Volumen des Füllmaterials nachträglich bestimmt:	für das Volumen	1262 —	1278 ccm	= 17
	„ „ Gewicht	1950,5—	1971,0 g	= 20,6
II. Das Volumen bei der Füllung am Messcylinder abgelesen:	für das Volumen	1268 —	1274 ccm	= 7
	„ „ Gewicht	1952,5—	1973,5 g	= 21,1

Bei B. Füllmaterial: Erbsen.

III. Das Volumen des Füllmaterials nachträglich bestimmt:	für das Volumen	1274 —	1296 ccm	= 23
	„ „ Gewicht	1115,0—	1135,0 g	= 21
IV. Das Volumen bei der Füllung am Messcylinder abgelesen:	für das Volumen	1278 —	1294 ccm	= 17
	„ „ Gewicht	1111,0 —	1136,5 g	= 25,6

Die Tabelle gestattet uns, die Ergebnisse aus den insgesamt 800 Einzelversuchen sehr leicht zu überblicken. Erstens bemerkt man, dass die Schwankungsbreite der persönlichen Fehler sich sofort veränderte, wenn ein verschiedenes Verfahren behufs der Capacitäts-Bestimmung eingeschlagen wurde. Zweitens bemerkt

man, dass das gemessene Volumen des Füllmaterials bei allen vier Versuchsreihen grösser ausfiel, als die gegebene Capacitätsgrösse  $= 1258,8 \text{ ccm}$ , somit hier die persönlichen Fehler lauter Plusfehler waren, was aber darauf hinweist, dass der Bronzeschädel allemal möglichst vollgestopft wurde. Drittens bemerkt man die behufs der Beurtheilung irgend einer aus Capacitäts-Bestimmung angewendeten Methode so lehrreiche Erscheinung, dass im Allgemeinen, wenn die Schwankungsbreite der persönlichen Fehler eingeengt werden kann, zugleich auch die absolute Grösse dieser Fehler vermindert wird — was aber mit der Beschaffenheit des Füllmaterials im innigen Zusammenhange steht. Wir sehen hier nemlich, dass, während bei Anwendung von Glasperlen die Oscillationsbreite überhaupt nur zwischen 7 und 17 Einheiten schwankte, dieselbe bei Anwendung von Erbsen zwischen 17 und 23 Einheiten variirte. Dieser allgemeinen Erscheinung entsprechend finden wir auch, dass bei Anwendung von Glasperlen die Werthgrössen des gemessenen Volumens sich weniger von der gesuchten Capacitätsgrösse ( $1258,8 \text{ ccm}$ ) entfernten, als bei Anwendung von Erbsen. Die minimalste Werthgrösse des gemessenen Volumens war nemlich für Glasperlen  $= 1262 \text{ ccm}$  (Differenz  $= 3,2$ ), für Erbsen  $= 1274$  (Differenz  $= 15,2$ ); die maximalste Werthgrösse war für Glasperlen  $= 1278$  (Differenz  $= 19,2$ ), hingegen für Erbsen  $= 1296$  (Differenz  $= 37,2$ ). Dass diese Verschiedenheit in den Differenzen der persönlichen Fehler unmittelbar von der Beschaffenheit des Füllmaterials abhängen muss, ist doch einleuchtend. — Viertens ist hier andererseits auch der von der Art und Weise eines Verfahrens direct abhängige Einfluss ganz deutlich ersichtlich, wenn das zur Capacitäts-Bestimmung verwendete Füllmaterial auch ganz dasselbe bleibt. Wurde hier nemlich der Bronzeschädel nach üblicher Weise mit Glasperlen gefüllt und das Volumen des Füllmaterials erst nachträglich bestimmt, so erreichte die Schwankungsbreite der persönlichen Fehler  $1262-1278 = 17$  Einheiten; wurde aber der Bronzeschädel mit Glasperlen aus den Messcylindern gefüllt, so verliefen die persönlichen Fehler nur zwischen  $1268-1274 \text{ ccm} = 7$  Einheiten der Schwankungsbreite. Wir können somit aussagen, dass bei Anwendung von Glasperlen das letztere Verfahren merklich günstigere Re-

sultate lieferte, als das gewöhnliche Verfahren. — Ebenso bemerken wir diesen Einfluss einer Veränderung des Messverfahrens auch bei der Anwendung von Erbsen. Bei der üblichen Füllung des Schädels mittelst Erbsen bewegten sich die persönlichen Fehler innerhalb einer Schwankungsbreite von 1274 bis 1296 ccm = 23 Einheiten, hingegen bei Füllung aus Messcylindern innerhalb 1278—1294 ccm = 17 Einheiten. Wir bemerken aber hier zugleich, dass der Einfluss der Veränderung des Messverfahrens bei den Glasperlen ein viel bedeutenderer war, als bei den Erbsen; denn während bei der Füllung mit Glasperlen die Schwankungsbreite der persönlichen Fehler von 17 Einheiten bis auf 7 Einheiten herabgedrückt (also 2,43 mal verringert) werden konnte, war dies bei Füllung mit Erbsen in einem viel geringeren Maassstabe der Fall; die Schwankungsbreite konnte nur 1,35 mal (nämlich von 23 nur bis auf 17 Einheiten) verringert werden. Es erweisen sich also die Glasperlen bei einer Veränderung der Handhabung für viel empfindlicher als Erbsen, was doch auch als ein weiterer Vortheil dieses Füllmaterials aufzufassen ist — da diese Veränderung des Verfahrens zugleich aus einer Vereinfachung der Manipulation besteht. Endlich fünftens bemerkt man hier die interessante Erscheinung, dass die persönlichen Fehler bei der Methode der Gewichts-Bestimmung des Füllmaterials durchweg grössere Schwankungsbreiten aufweisen, als bei der Volumens-Bestimmung des Füllmaterials. Bei Anwendung von Glasperlen erreichte die Schwankungsbreite das eine Mal 1950,5—1971,0 = 20,6, und das andere Mal 1952,5—1973,5 = 21,1 Einheiten; bei Anwendung von Erbsen das eine Mal 1115,0—1135,0 = 21, und das andere Mal 1111,0—1136,5 = 25,6 Einheiten. Dieser Befund ist besonders deshalb so interessant und wichtig, da er uns ein handgreifliches Beispiel davon liefert, dass eine Vereinfachung der Manipulation — nicht unbedingt, sondern nur unter gewissen Bedingungen — die Fehler verringern kann. — Es ist doch klar, dass, wenn einerseits das Verfahren durch die Gewichtsbestimmung des Füllmaterials gewiss vereinfacht und verkürzt werden kann, hieraus aber noch nicht nothwendig folgt, dass hierdurch auch die Fehler verkleinert werden müssten. Wir finden hier nämlich, dass sowohl bei Anwendung von Glasperlen, wie auch von Erbsen

die Schwankungsbreite der Fehler immer grösser bleibt, wenn das Füllmaterial gewogen wird, als wenn es volumetrisch bestimmt wird. Während bei der Volumens-Bestimmung der Glasperlen die Schwankungsbreite der Fehler das eine Mal = 17, das andere Mal = 7 Einheiten betrug, war die Schwankungsbreite bei der Gewichtsbestimmung der Glasperlen 20,6 und 21,1 Einheiten gross; und ebenso, während bei der Volumens-Bestimmung der Erbsen die Schwankungsbreite der Fehler 23 und 17 Einheiten betrug, erreichte dieselbe bei der Gewichtsbestimmung 21 und 25,6 Einheiten. Auch hier können wir den grösseren Vortheil der Anwendung von Glasperlen constatiren, da die Schwankungsbreite der Fehler bei den Glasperlen auch hier geringer ausfiel, als bei den Erbsen.

#### I. Die Vertheilung der einzelnen Werthgrössen der persönlichen Fehler innerhalb der einzelnen Variationsreihen.

Nach der Erledigung der Schwankungsbreite kommt die Frage der Vertheilung der persönlichen Fehler innerhalb einer Versuchsreihe an die Reihe. Wenn wir bereits wissen, dass die Schwankungsbreite der Fehler bei einer jeden einzelnen Versuchsreihe sich verändert, so werden wir gewiss schon im Voraus auch eine Verschiedenheit in der Vertheilung der einzelnen Fehler innerhalb der verschiedenen Versuchsreihen vermuthen können. Um dies genauer zu erfahren, müssen wir die bei den Einzel-Messungen gefundenen Werthgrössen — die, wie wir sahen, so ganz regellos und launenhaft auftreten — einheitlich methodisch ordnen. Man stellt aus den rohen Einzelzahlen systematisch geordnete, continuirliche Zahlenreihen, d. h. Variationsreihen her, bei welchen den Anfang immer die geringste Werthgrösse (Minimum der Werthgrössen) macht, worauf die übrigen Werthgrössen in stets aufsteigender Reihe folgen bis zur grössten (Maximum der Werthgrössen), mit welcher die Variationsreihe abschliesst. Nachdem dies geschehen ist, notirt man aus den Originaltabellen die Einzelfälle, welche sich auf je eine bestimmte Werthgrösse beziehen, und schreibt ihre Summe neben die betreffende Werthgrösse, wie ich dies z. B. in der nun folgenden Tabelle ausgeführt habe.

Vertheilung der persönlichen Fehler bei der Capacitäts-Bestimmung des Ranke'schen Bronzeschädels.  
(Gegebene Werthgrösse = 1258,8 ccm.)

A. Füllmaterial: Glasperlen von 5—6 mm Durchmesser.

I. 100 Capacitäts-Bestimmungen, Volumen des Füllmaterials nachträglich bestimmt.

α. Die Capacität volumetrisch bestimmt.					β. Die Capacität mittelst Gewicht-Bestimmung gemessen.			
Lauf. No.	Einzelne Werthgrößen in ccm	Anzahl d. Einzelfälle (N)	Differenzen von 1258,8 ccm. Persönl. Fehler	Summe der einzelnen Differenzen	Lauf. No.	Einzelne Werthgrößen in g	Anzahl der Einzelfälle (N)	Summe der einzelnen Werthgrößen des Gewichtes
1	1262	1	+ 3,2	3,2 × 1 = 3,2	1	1951	1	1951 × 1 = 1951
					2	1952	0	1952 × 0 = —
2	1264	1	+ 5,2	5,2 × 1 = 5,2	3	1953	1	1953 × 1 = 1953
					4	1954	3	1954 × 3 = 5862
3	1266	9	+ 7,2	7,2 × 9 = 64,8	5	1955	3	1955 × 3 = 5865
					6	1956	1	1956 × 1 = 1956
4	1268	22	+ 9,2	9,2 × 22 = 202,4	7	1957	4	1957 × 4 = 7828
					8	1958	3	1958 × 3 = 5874
5	1270	24	+ 11,2	11,2 × 24 = 268,8	9	1959	7	1959 × 7 = 13713
					10	1960	5	1960 × 5 = 9800
6	1272	28	+ 13,2	13,2 × 28 = 369,6	11	1961	9	1961 × 9 = 17649
					12	1962	4	1962 × 4 = 7848



α. Die Capacität volumetrisch bestimmt.

Lauf. No.	Einzelne Werthgrössen in cem	Anzahl d. Einzel- fälle (N)	Differenzen von 1258,8 cm. Persönl. Fehler	Summe der einzelnen Differenzen
7	1274	12	+ 15,2	$15,2 \times 12 = 182,4$
8	1276	2	+ 17,2	$17,2 \times 2 = 34,4$
9	1278	1	+ 19,2	$19,2 \times 1 = 19,2$
Ob = 17 Einh.		N = 100	Ob = 16,1 Einh.	SD = 1150,0
Summe sämmtlicher Werthgrössen des Volumens: $(1262 \times) 1 +$ ..... 127030 cem.				

Bemerkungen.

Weil die kleinste Volumens-Einheit des Messcylinders = 2 cem ist, so folgen die einzelnen Werthgrößen der gefundenen Volumina in der Reihenfolge von 2, 4, 6 u. s. w.; in der dritten Columna sind die Differenzen (S) der Werthgrößen der Einzelfälle von der gesuchten CapacitätsgröÙe, in der vierten Columna die Summen dieser Differenzen angegeben.

Die Schwankungsbreite (Ob) ist nach den gegebenen Werthgrößen berechnet.

β. Die Capacität mittelst Gewichts-Bestimmung gemessen.

Lauf. No.	Einzelne Werthgrößen in g	Anzahl der Einzelfälle (N)	Summe der einzelnen Werthgrößen des Gewichtes
13	1963	9	$1963 \times 9 = 17667$
14	1964	8	$1964 \times 8 = 15712$
15	1965	17	$1965 \times 17 = 33405$
16	1966	12	$1966 \times 12 = 23592$
17	1967	9	$1967 \times 9 = 17703$
18	1968	1	$1968 \times 1 = 1968$
19	1969	1	$1969 \times 1 = 1969$
20	1970	0	—
21	1971	2	$1971 \times 2 = 3942$
Ob = 21 Einh. N = 100		S = 196257	

Bemerkungen.

In der ersten Columna sind die ursprünglich bis auf die Zehntel eines Grammes bestimmten GewichtsgroÙen — benutzt einer Verkürzung der Variationsreihe — angegeben; es wurden hier die Zehntel der Gramm-Einheiten nach der Methode der Correctur einverleibt, z. B. 0,5 bis 1,4 = 1g, 1,5 bis 2,4 = 2 g u. s. w.

Die Schwankungsbreite (Ob) ist hier nach den reducirten Werthgrößen berechnet.

## II. 100 Capacitätsbestimmungen, Füllung aus Messcylindern, Volumen bei der Füllung abgelesen.

α. Die Capacität volumetrisch bestimmt					β. Die Capacität mittelst Gewichts-Bestimmung gemessen				
Lauf. No.	Einzelne Werthgrößen in ccm	Anzahl der Einzelfälle (N)	Differenzen von 1258,8 = Personl. Fehler	Summe der einzelnen Differenzen	Lauf. No.	Einzelne Werthgrößen in g	Anzahl der Einzelfälle (N)	Summe der einzelnen Werthgrößen des Gewichtes.	
1	1268	37	+ 9,2	$9 \cdot 2 \times 37 = 340,4$	1	1953	1	$1953 \times 1 = 1953$	
2	1270	39	+ 11,2	$11 \cdot 2 \times 39 = 436,8$	2	1954	1	$1954 \times 1 = 1954$	
3	1272	19	+ 13,2	$13 \cdot 2 \times 19 = 250,8$	3	1955	3	$1955 \times 3 = 5865$	
4	1274	5	+ 15,2	$15 \cdot 2 \times 5 = 76,0$	4	1956	1	$1956 \times 1 = 1956$	
					5	1957	3	$1957 \times 3 = 5871$	
					6	1958	5	$1958 \times 5 = 9790$	
					7	1959	9	$1959 \times 9 = 17631$	
					8	1960	10	$1960 \times 10 = 19600$	
					9	1961	6	$1961 \times 6 = 11766$	
					10	1962	6	$1962 \times 6 = 11772$	
					11	1963	9	$1963 \times 9 = 17667$	
					12	1964	10	$1964 \times 10 = 19640$	
					13	1965	15	$1965 \times 15 = 29475$	
					14	1966	6	$1966 \times 6 = 11796$	
					15	1967	4	$1967 \times 4 = 7868$	
					16	1968	4	$1968 \times 4 = 7872$	
					17	1969	4	$1969 \times 4 = 7876$	
					18	1970	0	$1970 \times 0 = -$	
					19	1971	1	$1971 \times 1 = 1971$	
					20	1972	1	$1972 \times 1 = 1972$	
					21	1973	0	$1973 \times 0 = -$	
					22	1974	1	$1974 \times 1 = 1974$	
Ob = 7 Einh. N = 100 SD = 1104,0					Ob = 22 Einh. N = 100 S. = 196269				
Summe sämtlicher Werthgrößen des Volumens = 1270,22 ccm.									

## B. Füllmaterial: Erbsen von 5—6 mm Durchmesser.

## III. 100 Capacitäts-Bestimmungen, Volumen des Füllmaterials nachträglich bestimmt.

## α. Die Capacität volumetrisch bestimmt.

Lauf. No.	Einzelne Wertgrößen in ccm	Anzahl der Einzelfälle (N)	Differenzen von 1258,8 = Persönliche Fehler	Summe der einzelnen Differenzen
1	1274	4	+19,2	15,2
2	1276	6	+17,2	17,2
3	1278	9	+19,2	19,2
4	1280	10	+21,2	21,2
5	1282	7	+23,2	23,2
6	1284	13	+25,2	25,2
7	1286	10	+27,2	27,2
8	1288	13	+29,2	29,2
9	1290	11	+31,2	31,2
10	1292	6	+33,2	33,2
11	1294	9	+35,2	35,2
12	1296	2	+37,2	37,2
Ob = 23 Einh.		N = 100	Ob = 22,1 Einh.	SD = 2624,0

Summe sämtlicher Wertgrößen des Volumens = 128 504 ccm.

## β. Die Capacität mittelst Gewichts-Bestimmung gemessen

Lauf. No.	Einzelne Wertgrößen in g	Anzahl der Einzelfälle (N)	Summe der einzelnen Wertgrößen des Gewichtes
1	1115	3	1115
2	1116	0	1116
3	1117	3	1117
4	1118	4	1118
5	1119	4	1119
6	1120	2	1120
7	1121	2	1121
8	1122	7	1122
9	1123	7	1123
10	1124	6	1124
11	1125	4	1125
12	1126	11	1126
13	1127	4	1127
14	1128	3	1128
15	1129	5	1129
16	1130	12	1130
17	1131	5	1131
18	1132	6	1132
19	1133	7	1133
20	1134	2	1134
21	1135	3	1135
Ob = 21 Einh.		N = 100	S = 112619

## IV. 100 Capacitäts-Bestimmungen, Füllung aus Messcylindern, Volumen bei der Füllung abgelesen.

a. Die Capacität volumetrisch bestimmt.					ß. Die Capacität mittelst Gewichts-Bestimmung gemessen			
Lauf. No.	Einzelne Werthgrößen in ccm	Anzahl der Einzelfälle (N)	Differenzen von 1258,8 = Persönliche Fehler	Summe der einzelnen Differenzen	Lauf. No.	Einzelne Werthgrößen in g	Anzahl der Einzelfälle (N)	Summe der einzelnen Werthgrößen des Gewichtes
1	1278	1	+ 19,2	19,2 $\times$ 1 = 19,2	1	1111	1	1111
2	1280	3	+ 21,2	21,2 $\times$ 3 = 63,6	2	1112	0	—
3	1282	10	+ 23,2	23,2 $\times$ 10 = 232,0	3	1113	0	—
4	1284	18	+ 25,2	25,2 $\times$ 18 = 453,6	4	1114	1	1114
5	1286	26	+ 27,2	27,2 $\times$ 26 = 707,2	5	1115	1	1115
6	1288	21	+ 29,2	29,2 $\times$ 21 = 613,2	6	1116	1	1116
7	1290	16	+ 31,2	31,2 $\times$ 16 = 499,2	7	1117	1	1117
8	1292	4	+ 33,2	33,2 $\times$ 4 = 132,8	8	1118	1	1118
9	1294	1	+ 35,2	35,2 $\times$ 1 = 35,2	9	1119	0	—
Ob = 17 Einh. N = 100				Ob = 16,1 Einh. SD = 2756,0	10	1120	4	4480
					11	1121	4	4484
					12	1122	8	8976
					13	1123	6	6738
					14	1124	5	5620
					15	1125	6	6750
					16	1126	6	6756
					17	1127	10	11270
					18	1128	8	9024
					19	1129	10	11290
					20	1130	5	5650
					21	1131	5	5655
					22	1132	3	3396
					23	1133	7	7931
					24	1134	2	2268
					25	1135	3	3405
					26	1136	0	—
					27	1137	2	2274
Summe sämtlicher Werthgrößen des Volumens = 128 686 ccm.					Ob = 27 Einh. N = 100 S = 112658			

Bei der Vergleichung der insgesamt 8 Zahlreihen, d. h. Variationsreihen, bemerkt man, dass die Vertheilung der Einzelfälle der Messungen streng im directem Verhältnisse zur Grösse der Schwankungsbreite steht, wie dies gar nicht anders sein kann, weil bei sämtlichen Variationsreihen  $N \text{ constant} = 100$  bleibt. Je geringer die Schwankungsbreite ausfällt, umso mehr Einzelfälle der Messungen müssen auf jede einzelne Werthgrösse innerhalb der Variationsreihe fallen, und ebenso umgekehrt. — Da, wie bereits erörtert wurde, die Schwankungsbreiten der persönlichen Fehler bei den Gewichtsbestimmungen stets grösser ausfallen, so sehen wir auch die grössere Zersplitterung von  $N = 100$  bei sämtlichen Variationsreihen der Gewichtsbestimmung (I  $\beta$ , II  $\beta$ , III  $\beta$ , IV  $\beta$ ). Diese letzteren Variationsreihen unterscheiden sich von den volumetrischen Variationsreihen (I  $\alpha$ , II  $\alpha$ , III  $\alpha$ , IV  $\alpha$ ) auch noch dadurch, dass bei ihnen einzelne Zwischenglieder der Werthgrössen gar nicht vertreten sind; so fehlt z. B. in I  $\beta$ . die Vertretung der Werthgrösse: 1952, 1970; in II  $\beta$ . die Vertretung von: 1970 und 1973; in III  $\beta$ . die Vertretung von: 1116 und in IV  $\beta$ . die Vertretung von: 1112, 1113, 1119 und 1136. Bei den volumetrischen Variationsreihen sind die einzelnen Werthgrössen nicht nur in einer grösseren Anzahl, sondern zugleich auch sämtlich vertreten.

Bei der Verschiedenheit der zweierlei Capacitäts-Bestimmungen müssen wir die Variationsreihen nach dem Volumen und nach dem Gewichte gesondert ins Auge fassen. — Bei den volumetrischen Variationsreihen können die Abweichungen (Differenzen) der gefundenen Volumina von dem gesuchten Volumen (1258,8 ccm) d. h. die persönlichen Fehler, direct bestimmt werden. Ich habe dieselben deshalb bei den Variationsreihen (I  $\alpha$ , II  $\alpha$ , III  $\alpha$ , IV  $\alpha$ ) in der 3. Columne der Reihe nach angeführt und in der 4. Columne auch ihre Häufigkeiten (Summen) zusammengestellt. Wie bereits oben erwähnt, fallen die gemessenen Volumina bei allen 4 Versuchsreihen stets grösser aus, als das gesuchte Volumen von 1258,8 ccm; wir haben es hier also immer mit Plusfehlern zu thun. — Diese Fehler bewegen sich bei allen vier Versuchsreihen innerhalb verschiedener Grenzen, weshalb auch ihre

Schwankungsbreiten demgemäss verschiedentlich ausfallen. Behufs einer bequemerer Uebersicht diene die folgende Tabelle:

Schwankungsbreiten der persönlichen Fehler.

		Min.	Max.		
Bei:	I $\alpha$	3,2 — 19,2	Ob = 16,1 Einb.	Volumen nachtrüglich bestimmt	Füllmaterial Glasperlen
„	II $\alpha$	9,2 — 15,2	Ob = 6,1 „	Volumen b. d. Füllung abgelesen	
„	III $\alpha$	15,2 — 37,2	Ob = 22,1 „	Volumen nachtrüglich bestimmt	Füllmaterial Erbsen
„	IV $\alpha$	19,2 — 35,2	Ob = 26,1 „	Volumen b. d. Füllung abgelesen	

Zunächst bemerkt man, dass bei Anwendung von Erbsen die Fehler entschieden grösser ausfielen, als bei Anwendung von Glasperlen. — Die oberen Grenzen der Fehler bei den Glasperlen bilden sozusagen die Anfangswerthe der Fehler bei den Erbsen (Maximum bei I  $\alpha$ . = 19,2 ist das Minimum bei IV  $\alpha$ . = 19,2; Maximum bei II  $\alpha$ . = 15,2 ist Minimum bei III  $\alpha$ . = 15,2). Ein Verfahren, bei welchem überhaupt kleinere Fehler vorkommen, muss doch als ein mehr geeignetes bezeichnet werden, weshalb wir den Vortheil der Anwendung von Glasperlen auch hier bestätigt finden. Ferner ist hier die interessante Erscheinung aufzuzeichnen, dass bei der Vergrösserung der Schwankungsbreite die beiden Fehlergrenzen centrifugal verschoben werden, während diese Verschiebung bei der Verkleinerung der Schwankungsbreite in centripetaler Richtung erfolgt. Mit anderen Worten kommen hier — wenn die Schwankungsbreite eine grössere ist — einerseits kleinere Fehler, andererseits grössere Fehler vor, als wenn die Schwankungsbreite eine geringere wurde. (Die minimalen Fehler sind bei I  $\alpha$ . = 3,2 und III  $\alpha$ . = 15,2 kleiner als bei II  $\alpha$ . = 9,2 und IV  $\alpha$ . = 19,2; ebenso, wie die maximalen Fehler bei I  $\alpha$ . = 19,2 und III  $\alpha$ . = 37,2 grösser sind, als bei II  $\alpha$ . = 15,2 und IV  $\alpha$ . = 35,2). — Bei dieser Bewandniss ist es doch einleuchtend, dass behufs Beurtheilung irgend eines Verfahrens es nicht genügen kann, nur die absolute Grösse der einzelnen Fehler zu kennen; man muss auch ihre Häufigkeit näher kennen lernen. Wenn es wichtig ist, zu wissen, wie weit sich die Fehler bei einem Verfahren ausdehnen können, so

ist es eben so wichtig, wenn nicht wichtiger, — zu erfahren, wie gross diejenigen Fehler sind, die einerseits am häufigsten, anderseits am seltensten vorkommen. Es ist doch klar, dass wenn man bezüglich irgend eines Verfahrens behaupten kann, dass ein gewisser Fehler in mehr als 50 pCt. der Einzelfälle vorkommt, die Güte des Verfahrens gewiss nach der Werthgrösse dieses in der bedeutend überwiegenden Anzahl der Einzelfälle vorkommenden Fehlers beurtheilt werden muss. — Je seltener irgend ein Fehler auftritt — gleichviel sei derselbe noch so klein oder noch so gross —, um so mehr verliert er auch an Bedeutung; und wenn auch bei einem Verfahren z. B. sozusagen minimale Fehler vorkämen, aber dieselben nur sehr wenige Male aufträten, so kann dies doch nicht den Ausschlag für eine günstigere Beurtheilung des betreffenden Verfahrens abgeben. Das Hauptgewicht muss hier darauf gelegt werden, ob die am allerhäufigsten auftretenden Fehler bei dem einen Verfahren grösser oder kleiner sind, als bei einem anderen Verfahren. Nun wollen wir die vier Versuchsreihen nach dieser Richtung hin einer Prüfung unterwerfen.

Wie aus der vorletzten Tabelle ersichtlich, nehmen diejenigen Werthgrössen der Fehler, welche am häufigsten vertreten sind, eine verschiedene Stellung innerhalb der einzelnen Variations-Reihen ein. Ferner ist ersichtlich, dass innerhalb keiner einzigen der vier Variations-Reihen eine Werthgrösse der persönlichen Fehler vorkommt, die alle übrigen an Häufigkeit so überträfe, dass sie allein schon eine absolute Mehrheit der Einzelfälle darstellen könnte. Wir haben es hier also immer mit mehreren Werthgrössen der Fehler zu thun, welche durch eine nur verhältnissmässig grössere Häufigkeit vor den übrigen Werthgrössen ausgezeichnet sind. — Behufs einer deutlichen Veranschaulichung der so eben erwähnten Einzelheiten will ich hier eine kleine Tabelle zusammenstellen, in welcher jede einzelne Versuchsreihe in drei gleiche Abschnitte (a. kleine, b. mittlere und c. grosse Werthgrössen der Fehler) getheilt ist, und in welcher für jede Variationsreihe die Stellung derjenigen Fehler angegeben ist, welche am häufigsten vertreten sind.

Die gruppenweise Häufigkeit der einzelnen Fehler innerhalb  
der vier Variations-Reihen.

Gruppe:	a. kleine	b. mittlere	c. grose Fehler	Schwankungs- breite u. Summe der Einzelfälle
Für I $\alpha$ . (Jede Gruppe = 3 Werthgrössen des Messcylinders.)	zwischen 3,2—7,2 ccm = 11 Einzel- fälle	zwischen 9,2 — 13,2 ccm = 74 Einzel- fälle	zwischen 15,2 — 19,2 ccm = 15 Einzel- fälle	Ob=3,2—19,2. S=100 Einzelf. = 100 pCt.
Für II $\alpha$ . (Jede der zwei Grupp.=2 Werth- grössen des Mess- cylinders)	zwischen 9,2—11,2 ccm = 76 Einzel- fälle		zwischen 12,2 — 15,2 ccm = 24 Einzel- fälle	Ob=9,2—15,2 S=100 Einzelf. = 100 pCt.
Für III $\alpha$ . (Jede Gruppe = 4 Werthgrössen des Messcylinders.)	zwischen 15,2 — 21,2 ccm = 29 Einzel- fälle	zwischen 23,2 — 29,2 ccm = 43 Einzel- fälle	zwischen 31,2 — 37,2 ccm = 28 Einzel- fälle	Ob=15,2— 37,2 S=100 Einzelf. = 100 pCt.
Für IV $\alpha$ . (Jede Gruppe = 3 Werthgrössen des Messcylinders.)	zwischen 19,2 — 23,2 ccm = 14 Einzel- fälle	zwischen 25,2 — 29,2 ccm = 65 Einzel- fälle	zwischen 31,2 — 35,2 ccm = 21 Einzel- fälle	Ob=19,2— 35,2 S=100 Einzelf. = 100 pCt.

Zunächst sei hier bemerkt, dass die zweite Versuchsreihe (II $\alpha$ ), da sie nur 4 einzelne Werthgrössen enthält, nicht in drei Gruppen getheilt werden konnte; hier musste die Variations-Reihe in ihre zwei Grenzgruppen getrennt werden. Wir wollen schon hier bemerken, dass eben diese Versuchsreihe diejenige ist, bei welcher die kleinen Fehler nicht nur in der verhältnissmässigen, sondern in der absoluten Ueberzahl vorkommen; sie machen 76 pCt. der genannten Einzelfälle aus. Die Gruppe der kleinen Fehler bei dieser Variations-Reihe (II $\alpha$  a. a. zwischen 9,2 bis 11,2 Werthgrössen) entspricht aber ziemlich der mittleren Gruppe der Fehler in der ersten Variations-Reihe (I $\alpha$  a. b. zwischen 9,2—13,2), — die zugleich ebenfalls die absolute Mehrheit der Einzelfälle in sich fasst (74 pCt.). Wir können somit aussagen, dass bei Anwendung von Glasperlen diejenigen Fehler am allerbüufigsten vorkommen, welche von der gesuchten Volumensgrösse um 9,2—13,2 ccm abweichen; hingegen bei Anwendung von Erbsen sind alle jene Fehler, die entweder verhältnissmässig am häufigsten (wie z. B. bei III $\alpha$  a. b. zwischen 23,2—29,2 ccm in 43 pCt.) oder absolut am häufigsten vor-



kommen (bei IV a. b. zwischen 25,2—29,2 ccm in pCt.) noch etwas mehr als um das Doppelte grösser, als bei den Glasperlen. — Der Vortheil der Glasperlen über die Erbsen tritt also auch hier ganz deutlich hervor. —

Wer diese Tabelle, sowie jene der Vertheilung der persönlichen Fehler auf S. 279—283 von dem in der bisherigen Craniologie allgemein üblichen Gesichtspunkte aus betrachtete, dem würde gewiss ein Moment entgehen, welches eben wegen der bisherigen Irrfahrten in der speculativen Auslegung von craniometrischen Zahlreihen derzeit geradezu von fundamentaler Bedeutung ist; wesshalb ich dieses Moment im Folgenden noch ausführlicher erörtern muss.

(Schluss folgt).

---

### XIII.

## Ueber Bestimmung der Schädel-Capacität.

Eine Bemerkung

von

Rudolf Virchow.

---

In der vorstehenden Abhandlung von Herrn v. Török S. 251 ist, wahrheitsgetreu, berichtet worden, dass ich, wie auch Herr Johannes Ranke, mit dem von uns geübten Verfahren der Bestimmung der Schädel-Capacität völlig zufrieden seien und dass wir kein Bedürfniss nach einer neuen Methode hätten. Ein Grund dafür ist nicht angeführt.

Ich möchte daher darauf aufmerksam machen, dass ich schon vor längerer Zeit in einer Discussion in der Berliner anthropologischen Gesellschaft gegenüber Herrn Poll meinen Grund ausführlich mitgetheilt habe (Verhandl. der Berl. Anthropol. Ges. 1896. Bd. 28. S. 619). Ich erinnerte damals daran, dass