

## IV.

## Studien über die physikalischen Bedingungen der aufrechten Stellung und der normalen Krümmungen der Wirbelsäule.

Von Dr. W. Parow in Berlin, bisher in Bonn.

(Hierzu Taf. V.)

Ein Beitrag zur Anatomie und Physiologie und zum Versuch einer wissenschaftlichen Begründung der Lehre von den Rückgratsverkrümmungen.

(Erster Theil.)

---

Manche Leser, die diese Studien als einen Versuch zur wissenschaftlichen Begründung der Lehre von den Rückgratsverkrümmungen bezeichnet finden, mögen vielleicht die Meinung hegen, dass wir durch die vielen literarischen Beiträge, welche die letzte Zeit dazu geliefert hat, doch weiter gekommen sein müssten, als bis zu dem Versuch einer wissenschaftlichen Begründung. Dem gegenüber muss ich nach zehnjähriger Spezialarbeit auf diesem Gebiete das Bekenntniss ablegen, dass ich meinerseits kaum irgend ein Gebiet der medicinischen Disciplin entfernter von wissenschaftlicher Begründung finde, als die Lehre von den Rückgratsverkrümmungen.

Während gegenwärtig wohl Niemand mehr sich der Erkenntniss zu verschliessen wagen darf, dass der menschliche Leib ebenso den physikalischen Gesetzen unterworfen ist, wie jeder andere im Raum existirende Körper, während die weitere Verbreitung dieser Erkenntniss eine wesentliche Grundlage des Fortschritts der medicinischen Wissenschaft in den verschiedensten Richtungen geworden ist, — während man demnach hätte erwarten dürfen, dass eine exacte Würdigung der mechanischen Gesetze bei den Untersuchungen über solche Krankheitszustände zu allernächst würde Einkehr halten, die gerade in Abweichung der mechanischen Ge-

staltung des Körpers von seiner typischen Form ihren hauptsächlichlichen Ausdruck finden, bricht sich jene Erkenntniss hier erst sehr allmählig Bahn. In der Lehre von den Verkrümmungen der Extremitäten wird sie zwar mit den Arbeiten von Bishop, Bonnet, L. Dittel, W. Henke, C. Hueter, Langer, Robert immer mehr und mehr gewürdigt werden müssen, vor der Lehre von den Rückgratsverkrümmungen aber scheint sie scheu zurückzuweichen und ist weit davon entfernt, so weit in sie einzudringen, um zu einer Grundlage derselben gemacht werden zu können, wie es dem heutigen Begriff von wissenschaftlicher Begründung entspricht.

Es ist das eine Anomalie, deren Grund wohl nur in der Souverainität gefunden werden kann, welche man heutigen Tages der Muskelwirkung für die Erzeugung, Erhaltung und Heilung jener Leiden um so lieber eingeräumt hat, als sie die Herrschaft einer rohen Mechanik auf dem bezüglichen therapeutischen Gebiete zu beschränken geeignet war. — Wie gross aber auch der Wirkungsbereich sein möge, den die Muskel-Action hier zu beherrschen im Stande ist, die Grenzpfähle dieses Bereichs sind uns erst dann abzustecken gestattet, wenn die physikalischen Bedingungen, unter welchen allein die Muskel-Action an dem Mechanismus des Knochengertüstes in die Erscheinung zu treten vermag, eruirt sind. Auch darf man nicht vergessen, dass bei der Muskelwirkung selbst neben den vitalen Eigenschaften noch die physikalischen der Schwere und Cohäsion in Rechnung zu ziehen sind. Die Cohäsionskräfte erleiden unter dem Einflusse des Lebensprozesses allerdings einige Veränderungen, wie sie ja auch unter veränderten physikalischen Bedingungen modificirt werden, aber sie bleiben darum nichtsdestoweniger physikalische, und die Modification ihrer Erscheinungsform innerhalb des Organismus darf wohl vorzugsweise den mit den Lebensvorgängen und deren wechselnden Erscheinungsformen gleichzeitig wechselnden physikalischen und chemischen Bedingungen zugeschrieben werden. Ich kann es meinerseits wenigstens nicht über mich gewinnen, irgend welche Vorgänge, welche am lebenden Körper in die Erscheinung treten, schlechthin als vitale gelten zu lassen, so lange noch irgend wel-

che physikalische Momente, die möglicherweise dabei concurriren können, nicht eruiert sind.

Mit diesen Grundsätzen finde ich die jetzt sehr verbreiteten Anschauungen in grellem Widerspruch stehen, welche nicht bloss den Akt einer Stellungsveränderung des Körpers, sondern selbst das ruhige Verharren in irgend einer beliebigen Stellung als absolut abhängig von activer Muskelcontraction betrachten. Solche Anschauungen führen dahin, wie es Eulenburg in der That thut, (Behrend's und Hildebrand's Journal für Kinderkrankheiten 1862, Heft 1 u. 2, S. 2 u. 26), jede Beugstellung des Rumpfes, ja selbst die auf der breiten Stützfläche des Gesässes und der Arme ruhende Schreibstellung als physiologisch schlechthin gleichbedeutend mit activer Contraction der an der Concavität der Beugung liegenden Muskeln des Rückgrats aufzufassen. Schon die That-sache, dass die Muskelthätigkeit nur durch eng begrenzte Zeitabschnitte anzudauern vermag, durch ununterbrochene Andauer aber sehr bald ermüdet, sollte dergleichen Anschauungen genügend widerlegen. Ihre ganze Irrthümlichkeit aber wird deutlich durch ein Experiment, welches ich wiederholt an Leichen anstellte, die nur mit dem Becken fixirt, im Uebrigen aber mit ununterstütztem Rumpf aufrecht standen und bei denen es gelang allein durch verschiedenartige Beschwerung des Atlas oder Verstellungen des Schultergerüstes mit den Armen, die verschiedensten Rumpfstellungen zu erzeugen und zu erhalten, und selbst deutliche Skoliosen herzustellen.

Es ist freilich ungleich bequemer, mit einem Factor allein zu rechnen, als dem mühseligen Wege zu folgen, der zur Bestimmung der einzelnen Antheile führt, die den verschiedenen Factoren, der Muskelthätigkeit, den Schwerewirkungen, der anatomischen Beschaffenheit der einzelnen Theile und den an ihnen zur Geltung kommenden Cohäsionskräften bei der Erzeugung und Erhaltung verschiedener Stellungen des Körpers zufallen. — Aber dieser mühselige Weg muss betreten werden, wenn wir zu wahrhaft wissenschaftlichen Grundlagen für das Gebiet der Rückgratskrümmungen und Verkrümmungen und zu einer wirklich rationellen Therapie für letztere gelangen sollen.

Seit 1836, wo die Gebrüder Wilhelm und Eduard Weber

mit ihrem klassischen Werk über die Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge auftraten, hatte das Feld damit verwandter Arbeiten fast völlig brach gelegen, bis Hermann Meyer \*) 1853 mit seinen vier Beiträgen zur Mechanik des menschlichen Knochengerüsts auftrat, denen sich 1854 eine Arbeit von Horner mit Nachtrag von H. Meyer über die normalen Krümmungen der Wirbelsäule \*\*) anschloss, während erst 1861 H. Meyer \*\*\*) als fünften Beitrag zur Mechanik des Knochengerüsts eine Arbeit über die Beckenneigung folgen liess, inzwischen jedoch mit mehreren Journalaufsätzen sowie in seinem Lehrbuch der Anatomie des Menschen mit dem Verfolg der Aufgabe: die Bearbeitung der Anatomie auf die Physiologie zu stützen und das Verständniss der Formen aus der functionellen Bedeutung der einzelnen Theile herzuleiten, viele höchst schätzbare Anhaltspunkte zum Verständniss der Mechanik des menschlichen Knochengerüsts geliefert hat †).

Eine eingehende Berücksichtigung haben diese Arbeiten kaum irgendwo gefunden, ausser dass John Bishop in seinen Untersuchungen über das Wesen und die Behandlung der Deformitäten des menschlichen Körpers die Weber'schen Arbeiten ziemlich ausführlich in Betracht zieht.

Die bisherigen Arbeiten auf diesem Gebiete waren indess rücksichtlich der Mechanik der Wirbelsäule auch noch nicht soweit vorgeschritten, um unmittelbar für die Lösung einschlägiger pathologischer Fragen verwerthet werden zu können. Es bedurfte dazu noch weiterer Voruntersuchungen, namentlich solcher, welche sich weniger blos auf die Untersuchung des aus seinem Zu-

\*) Müller's Archiv 1853. S. 9, das aufrechte Stehen; S. 365, das aufrechte Gehen; S. 497, die Mechanik des Kniegelenkes; S. 548, die Individualitäten des aufrechten Ganges.

\*\*) Müller's Archiv 1854. S. 478.

\*\*\*) Archiv v. Reichert und Dubois-Reymond. 1861. S. 137.

†) W. Henke's Anatomie und Mechanik der Gelenke liefert werthvolles Material, das in wesentlichem Connex mit dem Object dieser Studien steht, doch sind die physikalischen Momente, deren Erörterung der Hauptinhalt dieser Studien bildet, in Henke's Handbuch nur beiläufig in Betracht gezogen. In späteren Beiträgen denke ich, mehr Gelegenheit zu finden, auf die Darstellungen Henke's einzugehen.

sammenhänge gerissenen Rückgrats, als vielmehr auf dasselbe in seinem Zusammenhange mit den übrigen Rumpfteilen beziehen, und nicht bloß mit Untersuchungen an Leichen abschliessen, sondern auch solche an Lebenden mit einschliessen.

Ich habe es unternommen, soweit mir Gelegenheit und Material dazu geboten war, in solche Untersuchungen einzutreten, und wird die Mittheilung eines Theiles derselben den Hauptinhalt des experimentellen Theiles dieser Studien bilden, während ich in dem sich anschliessenden theoretischen Theile eine Analyse der physikalischen Bedingungen der aufrechten Stellung der Wirbelsäule mit dem Rumpfe zu geben versuchen werde, dagegen zu einer Betrachtung der seitlichen Drehungen der Wirbelsäule und zur Erörterung der pathologischen Beziehungen dieser Untersuchungen erst in folgenden Beiträgen werde gelangen können.

Da das Knochengerüst der Wirbelsäule mit dem Becken die Grundlage des Aufbaues des Rumpfes bildet, da es in seinem Zusammenhange mit diesem die verschiedenartigsten anatomischen Gebilde in sich vereinigt, da dem entsprechend auch die verschiedenartigsten physikalischen Fragen dabei in Betracht kommen, gehört die Untersuchung der Mechanik der Wirbelsäule zu den schwierigsten Aufgaben auf diesem Gebiete. Die Schwierigkeit der Aufgabe mag die Mängel in der versuchten Lösung Entschuldigung finden lassen. Ich werde für die Mühen, welche ich auf diese Arbeiten verwandt habe, reichliche Entschädigung finden, wenn dadurch in Männern, die mehr Geschick und Gelegenheit dazu haben, das Interesse für die betreffenden Fragen angeregt wird und sie dadurch bestimmt werden sollten, zur weiteren Lösung derselben mitzuwirken. — Wesentlich erleichtert wurden mir die Mühen der Arbeit durch die stets bereite freundliche Hülfe des Hrn. Professor Radicke in Bonn. Voll Interesse für alle Fragen, welche die fortschreitenden Wissenschaften und Künste an die Mathematik und Physik zu stellen haben, wandte er auch den meinigen seine ganze Aufmerksamkeit und Theilnahme zu. Ihm dafür meinen innigsten Dank auszusprechen, ist daher hier meine erste Pflicht.

Obwohl es nach den oben ausgesprochenen Grundsätzen als ein nothwendiges Requisite für die betreffenden Untersuchungen be-

zeichnet werden muss, dass kein Theil des Körpers für sich ab-  
 gesondert betrachtet, sondern jederzeit dabei auf die Verbindung  
 und Abhängigkeit, worin er zu anderen Körpertheilen steht, Rück-  
 sicht genommen werde, und ich demnach damit beginnen müsste,  
 den mechanischen Aufbau des Körpers von den Füßen aufwärts  
 zu verfolgen, so darf ich doch in dem experimentellen Theile die-  
 ser Studien davon absehen und in dieser Beziehung auf die Ar-  
 beiten der Gebrüder Weber und H. Meyer's verweisen. Wir  
 kommen indess bei der versuchten Analyse der physikalischen Be-  
 dingungen der aufrechten Stellung des Körpers darauf zurück. —  
 Hier beginne ich direct mit der Betrachtung der Wirbelsäule und  
 der an ihr wahrgenommenen Krümmungen, selbstverständlich zu-  
 nächst in ihrer normalen Gestalt, denn dass wir nicht hoffen  
 dürfen, Klarheit über die pathologischen Haltungs- und Krümmungs-  
 verhältnisse der Wirbelsäule zu gewinnen, so lange noch diese  
 Verhältnisse unter den normalen Bedingungen nicht völlig aufge-  
 klärt sind, ist wohl einleuchtend genug.

### Experimenteller Theil.

Die Wirbelsäule wurde bis jetzt ziemlich allgemein mit den  
 Gebrüdern Weber als eine elastische Säule betrachtet, welche  
 durch Muskeln nach verschiedenen Seiten gebogen und gedreht  
 werden kann, die aber stets, so wie die Kraft nachlässt, von selbst  
 durch die Elasticität ihrer Knorpel zu ihrer natürlichen Lage zu-  
 rückkehrt. Um uns eine richtige Anschauung von der Gestalt der  
 Wirbelsäule im Ganzen sowie von der Lage der einzelnen Wirbel  
 zu einander und von dem Winkel, unter welchem sich die Wirbel-  
 säule an das Becken anschliesst, zu verschaffen, brachten die Ge-  
 brüder Weber die sinnreiche Idee zur Ausführung, dass sie den  
 Rumpf eines Leichnams, an welchem sie die Eingeweide und Mus-  
 keln nur so weit, als es nothwendig war, entfernt hatten, ohne  
 die Bänder des Rückgrats und des Thorax zu verletzen, in Gyps  
 eingossen, dann den Gypsblock sammt der Wirbelsäule in der  
 senkrechten Mittelebene von vorn nach hinten durchsägten, die  
 Schnittfläche der so halbirten Wirbelsäule stereotypiren und diese

Stereotype abdrucken liessen \*). Das ist in der That eine so naturgetreue Abbildung von der Lage und Form der Wirbelsäule, die die Gebrüder Weber an der auf dem Secirtisch liegenden Leiche fanden, als es nur immer möglich. Ob aber dies die natürliche Gestalt der Wirbelsäule genannt werden darf und ob, wenn dies der Fall, sie nur durch active Muskelwirkung verändert werden könne, im Uebrigen aber constant sei, das ist eine andere Frage. Der Ausdruck „die natürliche Gestalt“ schliesst einen sehr unbestimmten Begriff ein. Sie ist ein Produkt aus der anatomischen Form der einzelnen Glieder der Wirbelsäule, der Cohäsion und Elasticität der diese Glieder unter einander und mit der Gesammtheit der Körpermasse verbindenden Weichtheile und der Richtung der Schwere, wozu im Leben noch die Muskelthätigkeit kommt. Dieses letztere Moment hatten die Gebrüder Weber dadurch eliminirt, dass sie am toden Körper experimentirten. Die Darstellung der Gestalt der Wirbelsäule am toden Körper bietet aber überdiess keinen congruenten Vergleich mit der am lebenden dar, da auch noch die Elasticitätsverhältnisse der Muskeln mit in Rechnung zu ziehen sind, die im toden und lebenden Zustande sich sehr verschieden äussern \*\*). Es ist nicht zu zweifeln, dass die Gebrüder Weber, obgleich sie es nicht ausdrücklich angeben, die von ihnen wiedergegebene Gestalt der Wirbelsäule in der horizontalen Lage erhielten, weil, wie wir später sehen werden, mit jeder anderen Stellung durch die geänderte Richtung der Schwere eine andere Form hätte bedingt werden müssen. Die so gewonnene Gestalt der Wirbelsäule auf horizontaler Unterlage erscheint freilich als die von der Schwere unabhängigste, doch kann letztere keineswegs dabei ganz beseitigt gedacht werden. Wäre es möglich, die Einwirkung der Schwere ebenso wie die der Muskelthätigkeit auf die Gestalt der Wirbelsäule ganz zu beseitigen, so könnte man eher von einer natürlichen Gestalt derselben sprechen.

\*) Auf der dieser Abhandlung beigegebenen Taf. I. Fig. 1 ist ein Abriss der von der vorderen Fläche der Wirbelkörper gebildeten Curven des Weber'schen Abdrucks gegeben.

\*\*\*) Vgl. Ed. Weber in Wagner's Wörterbuch der Physiologie. Bd. III. Abth. II. S. 104 ff.

Das ist nun aber allerdings unmöglich, und man würde sich von dieser Einwirkung nur loszulösen versuchen können, wenn man die Form, welche die Wirbelsäule unter sehr verschiedenen Schwere-richtungen annimmt, mit einander vergliche. Bevor man aber solche Vergleichung anstellen könnte, die grosse Schwierigkeiten mit sich führen würde, müsste man eine einzelne, leicht bestimmbare Hauptstellung gründlich untersuchen. Sofern die präsumirte Weber'sche Stellung auf horizontaler Unterlage die von der Schwere unabhängige ist, würde sie sich auch zur Vergleichung sehr gut eignen, allein die für die Praxis wichtigste ist offenbar die aufrechte, und deshalb soll diese bei unseren Untersuchungen vorzugsweise Berücksichtigung finden. Auf diese beziehen sich denn auch vorzugsweise die von Meyer und Horner angestellten Untersuchungen. Sie experimentirten dabei aber an Lebenden nur beiläufig, da sie von der Ansicht ausgingen, dass die Untersuchung der Krümmungsverhältnisse im Leben zu bedeutende Schwierigkeiten biete, und die hier allein zugänglichen Spitzen der Dornfortsätze zur genauen Bestimmung der Stellung der Wirbelkörper untauglich seien. Ihre Experimente beziehen sich deshalb vorzugsweise nur auf Leichen, und um die Grösse des Einflusses der verschiedenen Momente auf die Krümmungsverhältnisse kennen zu lernen, präparirten sie mehrere Wirbelsäulen verschieden, erhielten theils die Muskulatur derselben unversehrt, theils liessen sie nur die Bänder übrig, theilten dann die Wirbelsäule durch einen Längsschnitt in deren Profilebene, legten die getheilte Wirbelsäule auf ein Brett, fixirten das Kreuzbein und bestimmten dann die Maxima und Minima der Vor- und Rückbeugung der einzelnen Abschnitte, so wie deren mittlere Stellung. Den dabei eliminirten Einfluss der Schwere suchten sie theilweise durch einen auf einen bestimmten Punkt ausgeübten Druck zu ersetzen. — Um nun aus dem Resultat dieser Experimente, die man in der citirten Abhandlung selbst näher verfolgen muss, eine mittlere Normalstellung der Wirbelsäule zu construiren, brachten sie das Gesetz zur Anwendung, das H. Meyer für diejenige Grundstellung des Körpers aufgestellt hat, „bei welcher dieser wesentlich nur durch Bedingungen aufrecht erhalten wird, die in dem Knochengerüst und dessen Bandapparat liegen,



und wobei nur das geringste Maass von Muskelthätigkeit mitzuwirken hat,“ demzufolge die Schwerlinie des Rumpfs, welche aus dem ungefähr in der Mitte der Brust gegenüber dem 9. Brustwirbel gelegenen Schwerpunkte des Rumpfes herabfällt, nicht durch, sondern hinter die Drehungsachse des Hüftgelenks, und zwar durch den Einknickungspunkt in der Mitte des 3. Kreuzbeinwirbels geht. Die hiernach von Horner und Meyer construirte mittlere Normalstellung der Wirbelsäule mit ihren Kurven, wie sie die horizontale Projection des Profils (Profilprojection) der vorderen Fläche der Wirbelkörper gibt, habe ich Taf. V, Fig. 2 nachgezeichnet.

Diese Untersuchungen von H. Meyer und Horner verdienen grosse Anerkennung, und sind besonders darum werthvoll, weil mit ihnen zuerst der Versuch gemacht wurde, die Wirbelsäulencurven auf eine bestimmte Stellung zurückzuführen, und dabei verschiedene Factoren Berücksichtigung fanden, die von den Gebrüdern Weber ganz vernachlässigt worden waren. Fraglich aber blieb es, ob die gewählte Grundstellung, welche wesentlich nur aus Bedingungen des Zusammenhanges des Knochengerüstes construiert war, als eine dem Verhalten des lebenden Organismus entsprechende betrachtet werden dürfe, und es erschien als ein Mangel dieser Versuche, dass dabei die Natur der Elasticitätsverhältnisse der Wirbelsäuleverbindungen an der durch Theilung verstümmelten Wirbelsäule nur unvollständig zum Ausdruck kommen konnte und dass dabei eine genauere Bestimmung der Abhängigkeit der einzelnen Abschnitte der Wirbelsäulecurven von einander, so wie die Bestimmung des Einflusses des Zusammenhanges der Wirbelsäule mit der Gesammtheit der Körpermasse, in specie aber mit dem Brustkorbe der sich als ein sehr wesentlicher im Verlauf dieser Untersuchungen herausstellen wird, unterblieben war.

Mir erschien es vor allen Dingen wichtig, den Schwierigkeiten zu begegnen, welche der Untersuchung der Krümmungsverhältnisse an Lebenden entgegenstehen. Denn solche Untersuchungen waren unbedingt nothwendig, weil es zu misslich ist, die am toten Körper gefundenen Verhältnisse auf den lebenden zu übertragen, da offenbar, wie bereits bemerkt, die Cohäsionsverhältnisse im Leben andere wie die im Tode sind. Ich glaubte mich desshalb auch

nicht dadurch stören lassen zu dürfen, dass die Mitwirkung von Muskelaction am lebenden Körper unvermeidlich schien, einmal, weil deren Einfluss jedenfalls nur ein Minimum sein kann, wenn man die ungezwungene aufrechte Stellung, bei der die Muskelanspannung am wenigsten gefühlt wird, als Grundstellung wählt, und zweitens, weil man durch Vergleichung verschiedener Stellungen an Lebenden, und Vergleichung der Versuche an Lebenden und Todten, erst ein Urtheil über das Verhältniss des Einflusses der Muskelaction zu dem der physikalischen Kräfte gewinnen kann.

Die Schwierigkeiten, die für die Untersuchung an Lebenden daraus erwachsen, dass sich aus den Messungen an der Spitze der Dornfortsätze die Lage der Wirbelkörper nicht genau bestimmen lässt, da erstere bei Bewegungen grössere Excursionen machen als letztere, konnte ich, wenigstens für normale Verhältnisse und für solche Stellungen, wie die erwähnte, bei welcher die einzelnen Wirbel sich nicht erheblich von ihrer gewöhnlichen Lage entfernen, und in welcher wir daher das Verhältniss der gegenseitigen Lage der Spitze der Dornfortsätze zu der vorderen Fläche der Wirbelkörper an Leichen zu messen im Stande sind, nicht so hoch anschlagen, um mich dadurch von solchen Untersuchungen abhalten zu lassen. Es musste vor allen Dingen darauf ankommen, an einer hinreichenden Anzahl von Wirbelsäulen Messungen des Abstandes der Spitze der Dornfortsätze von der vorderen Fläche der Wirbelkörper vorzunehmen, um daraus Mittelwerthe zu gewinnen, andererseits aber einen für die Untersuchung an Lebenden genügend brauchbaren Messapparat zu besitzen, mit dem man sicher und häufig genug die bezüglichen Untersuchungen anstellen konnte, um daraus wiederum von individuellen Schwankungen unabhängige durchschnittliche Verhältnisse zu entnehmen.

Bei den Messungen der Entfernung der Spitze, d. h. des am weitesten nach hinten vorspringenden Punktes der Dornfortsätze von der Mitte der vorderen Fläche der Wirbelkörper, wie ich sie unternommen, muss man wegen der, namentlich vom 5. Brustwirbel an nach unten stark absteigenden Dornfortsätze, nicht bloss die Entfernung der Spitze derselben von der vorderen Fläche des Körpers des zugehörigen Wirbels, sondern zugleich die von der

des nächst unteren Wirbels bestimmen, und man wird, um durch weitere Messungen noch grössere Genauigkeit zu gewinnen, wohl besser thun, stets nur die Entfernung der Spitze eines Dornfortsatzes von dem senkrecht ihm gegenüber liegenden Punkte der vorderen Fläche der Wirbelsäule zu bestimmen.

Ich nahm die bezüglichen Messungen zunächst an dem Weber'schen Abdruck vor und habe sie dann an fünf verschiedenen Wirbelsäulen frischer Leichen fortgesetzt. Bei der folgenden Zusammenstellung der gefundenen Werthe eliminire ich aber die an der Leiche eines alten Mannes gewonnenen, da aus diesen abweichende Verhältnisse resultirten, welche an den Wirbelsäulen jüngerer Individuen nicht vorkommen. Da sich andererseits unter den zu diesen Messungen benutzten Wirbelsäulen nur eine weibliche befand, und ich an dieser gegen die männlichen Differenzen wahrnahm, die sich nicht bloss auf einen durchgängig geringeren Abstand der Dornfortsatzspitze von der vorderen Fläche des Wirbelkörpers bezogen, so nahm ich noch nachträglich Messungen einzelner Wirbel an drei weiblichen Skeletten vor. Obgleich die hier von gewonnenen Werthe sich streng genommen nicht mit den an der Wirbelsäule einer frischen Leiche gewonnenen vergleichen lassen, so musste ich mich doch vorläufig damit begnügen, da mir gerade keine frischen weiblichen Leichen zu Gebote standen und man kann wenigstens daraus entnehmen, dass die, mir zunächst gegenüber den männlichen Wirbelsäulen auffällige, geringere Zunahme des betreffenden Abstandes gegen die unteren Brust- und die Lendenwirbel hin bei der weiblichen Wirbelsäule ziemlich constant zu sein scheint. Ich habe deshalb die an männlichen und weiblichen Wirbelsäulen vorgenommenen Messungen getrennt zusammengestellt. In beiden Tabellen enthält die erste Columne in erster Reihe die Bezeichnung des Wirbels, dessen Dornfortsatzspitze zur Bestimmung der Entfernung von der Mitte der vorderen Fläche des Körpers des in zweiter Reihe bezeichneten Wirbels benutzt ist. H bezeichnet Halswirbel, B Brustwirbel, L Lendenwirbel, K Kreuzbeinwirbel, Pr Promontorium, die diesen Buchstaben beigefügte Zahl den betreffenden Wirbel; und zwar setzen wir die Zahl voran, wenn sie die Spitze des Dornfortsatzes, und hinten-

an, wenn sie die vordere Fläche des Wirbelkörpers bezeichnet, so dass also 7H die Spitze des Process. spinos. des 7. Halswirbels, H7 die Mitte der vorderen Fläche des 7. Halswirbelkörpers bezeichnet. Die Wirbelsäulen, woran die Messungen vorgenommen worden, folgen nach der zunehmenden Grösse des Abstandes der Mitte der vorderen Fläche des 7. Halswirbels vom Promontorium, und bezeichnet in der Tab. A: I die Wirbelsäule eines Mannes von etwa 28 Jahren, bei dem jener Abstand 419 Mm., II diejenige des Weber'schen Abdrucks, bei dem derselbe 450 Mm., III die eines Mannes von etwa 20 Jahren, bei dem er 487 Mm. betrug. In Tab. B sind die Wirbelsäulen auch nach der approximativ geschätzten Grösse geordnet, doch konnte ein genauerer Vergleich der Grösse zwischen frischer Wirbelsäule und Skelet natürlich nicht stattfinden. I bezeichnet die Wirbelsäule eines ungewöhnlich grossen weiblichen Skelets, II die des Skelets einer Frau von 27 Jahren mittlerer Grösse, III die frische Wirbelsäule einer weiblichen Leiche von 45 Jahren mittlerer Grösse, bei 471 Mm. vertikalem Abstände zwischen H7 und Pr, IV die Wirbelsäule eines kleinen weiblichen Skelets. Die folgenden Columnen enthalten in beiden Tabellen nach einander die Maxima, die Minima, die Differenzen der Maxima und Minima und die Mittel der gemessenen Werthe.

A. Männliche Wirbelsäulen. Entfernung der Spitze der Dornfortsätze von der Mitte der vorderen Fläche der Wirbelkörper.

Proc. spin.-corp.	I	II	III	Maxim.	Minim.	Differ.	Mittel
7 H — H 6	—	65	65	65	65	0	65
7 H — H 7	65	56	68	68	56	12	63
1 B — B 1	66	62	61	66	61	5	63
2 B — B 2	68	65	61	68	61	7	65
3 B — B 3	66	64	61	66	61	5	64
4 B — B 4	70	65	65	70	65	5	67
5 B — B 5	69	65	68	69	65	4	67
5 B — B 6	63	61	65	65	61	4	63
6 B — B 6	63	69	68	69	63	6	67
6 B — B 7	62	63	65	65	62	3	63
7 B — B 7	68	69	70	70	68	2	69
7 B — B 8	67	65	70	70	65	5	67
8 B — B 8	67	72	72	72	67	5	70

Proc. spin.-corp.	I	II	III	Maxim.	Minim.	Differ.	Mittel
8 B — B 9	63	69	70	70	63	7	67
9 B — B 9	68	63	70	70	63	7	67
9 B — B 10	65	63	70	70	63	7	66
10 B — B 10	72	71	72	72	71	1	72
10 B — B 11	65	71	70	70	65	5	69
11 B — B 11	71	71	72	72	71	1	71
11 B — B 12	70	72	72	72	70	2	72
12 B — B 12	70	69	72	72	69	3	70
12 B — L 1	75	74	74	75	74	1	74
1 L — L 1	75	76	76	76	75	1	76
2 L — L 2	79	78	81	81	78	3	79
3 L — L 3	82	81	83	83	81	2	82
4 L — L 4	82	83	83	83	82	1	83
5 L — L 5	70	74	76	76	70	6	73
5 L — Pr	68	66	68	68	66	2	67
1 K — Pr	47		74	74	47	27	60
3 K — K 3	24	22	22	24	22	2	22

B. Weibliche Wirbelsäulen. Entfernung der Spitze des Dornfortsatzes von der Mitte der vorderen Fläche der Wirbelkörper.

Proc. spin.-corp.	I	II	III	IV	Maxim.	Minim.	Differ.	Mittel
7 H — H 7	61	48	61	46	61	46	15	54
1 B — B 1	68	65	61	52	68	52	16	62
9 B — B 10	68		72	59	72	59	13	65
10 B — B 10	70	65	69	61	70	61	9	66
12 B — B 12	61	65	71	57	71	57	14	65
1 L — L 1	65	68	70	59	70	59	11	65
2 L — L 2	72	70	72	65	72	65	7	70
3 L — L 3	72	74	72	68	74	68	6	71
4 L — L 4	72	72	74	70	74	70	4	72
5 L — L 5	65	65	72	65	72	65	7	67
5 L — Pr	59	47	61	61	61	47	14	59
3 K — K 3	20		23	22	23	20	3	22

Aus diesen Messungen ersehen wir, dass die Differenz der einzelnen Messungen bei den frischen männlichen Wirbelsäulen nur am 7. Halswirbel 1 Cm., im Uebrigen aber nur an 6 Stellen 5 Mm. übersteigt. Mag immerhin die Fehlergrenze sich um 1 Cm. herumbewegen, es wird dadurch, wie wir sehen werden, das Gesamtergebnis, worauf es hier ankommt, wenig oder gar nicht alterirt.

In Tab. B sind die Differenzen grösser. Wie schon erwähnt,

lassen sich die dort eingetragenen weiblichen Wirbelsäulen streng genommen nicht mit einander vergleichen. Ueberhaupt wird man bei bedeutenderen Grössendifferenzen, Altersverschiedenheiten und verschiedenen Ausbildungsgraden des Knochengerüstes erhebliche Differenzen voraussetzen haben, und ich stellte, um gerade hierfür einigen Anhalt zu gewinnen, in Tab. B ein ungewöhnlich grosses einem kleinen weiblichen Skelet gegenüber. Es geht aber aus dieser Gegenüberstellung hervor, dass die Differenzen eher kleiner wie grösser sind als man bei solcher Grössendifferenz hätte erwarten sollen. Es sollten aber die Messungen an den weiblichen Wirbelsäulen vorzüglich nur darüber Aufklärung geben, ob die, an der frischen weiblichen Wirbelsäule Tab. B III im Vergleich mit den männlichen Wirbelsäulen gefundene, durchschnittliche geringere Zunahme des gemessenen Abstandes an den unteren Brustwirbeln und namentlich an den drei mittleren Lendenwirbeln, an weiblichen Wirbelsäulen constant sei, und dies geht doch aus der Zusammenstellung bestimmt genug hervor. Fast sollte man meinen, dass der horizontale Profildurchmesser an den drei mittleren Lendenwirbeln bei erwachsenen weiblichen Individuen selbst bei sehr verschiedener Grösse derselben immer nahezu 70 Mm., bei erwachsenen männlichen Individuen immer nahezu 80 Mm. betragen müsse, so constant sind hier die Zahlen. Im Allgemeinen wird es nach den mitgetheilten Messungen genügen, wenn man, bei der Uebertragung der bei Lebenden an den Dornfortsätzen gemessenen Stellung der Wirbelsäule auf die vordere Fläche derselben, am ersten Brustwirbel, der einen constanteren Profildurchmesser, als der 7. Halswirbel besitzt, bei männlichen erwachsenen Individuen mit 60—65 Mm., bei weiblichen mit 60, bei kleineren und zarter gebauten mit 50—55 Mm. horizontalem Profilabstande von dem Dornfortsatzpunkte beginnt, diesen Abstand dann an den mittleren Brustwirbeln wenig, etwas stärker aber an den unteren und namentlich am 10. Brustwirbel, insgesamt bis zu diesem Wirbel, und zwar bei männlichen Individuen um 10 Mm., bei weiblichen um 4—8 Mm. und von hier bis zum 3. und 4. Lendenwirbeln bei männlichen Individuen wieder um 10 Mm., bei weiblichen um 4—5 Mm. zunehmen und dann wieder nach dem Promontorium zu um 10—15

Mm. abnehmen lässt. Die Wirbelsäule bildet eine von oben nach unten ziemlich gleichmässig an Dicke zunehmende Säule, die unter normalen Verhältnissen vorn eine Linie von stetiger Krümmung bildet. Die an nahe über einander liegenden Wirbeln auffallenden Differenzen rühren, wenn sie inconstant sind, meist nur von kleinen Ungleichheiten in der Entwicklung der Fortsätze her. Man muss deshalb bei der Benutzung der Messungen der einzelnen Punkte für die Zeichnung der vorderen Fläche der Wirbelsäule darauf sehen, dass man eine gleichmässige Kurve erhält. Dadurch erhält man allerdings nur approximative Bestimmungen, aber als solche können und sollen dieselben auch bis jetzt nur gelten.

Will man eine genauere Form der vorderen Krümmung haben und die Punkte an derselben bestimmen, die den durch Messung bestimmten äusseren Punkten entsprechen, so empfiehlt es sich, wenn man zu je drei bestimmten äusseren Punkten, die in derselben Krümmung liegen, das Centrum desjenigen Kreises sucht, der durch diese 3 Punkte geht, und die correspondirenden Punkte der vorderen Fläche der Wirbelsäule auf den Radien dieses Kreises abträgt, während man die Punkte auf diesen Radien in denjenigen Distanzen vor den gemessenen hinteren Punkten annimmt, welche sich durch die entsprechende Construction auf dem Weber'schen Abdruck ergeben, in dem die Distanzen sehr nahe den Mitteln entsprechen, die sich aus meinen Messungen an verschiedenen männlichen Wirbelsäulen ergaben. Die Aufsuchung des Kreiscentrums ist indess nur nothwendig für die Brustwirbelcurve, da von dort ab bis zum 5. Lendenwirbel die Dornfortsätze in Weber's Abdruck nahezu in einer geraden Linie liegen, und man daher die Richtungslinie senkrecht gegen die Verbindungslinie nehmen darf, ohne doch kaum 1 Millimeter von der Wirklichkeit abzuweichen. Ich gebe daher nachstehend die betreffenden Distanzen aus Weber's Abdruck für die meisthin von mir zur Messung benutzten Wirbel, wobei ich die Zahl oben ansetze, wenn der Radius durch das obere Drittel der vorderen Wirbelkörperseite, unten, wenn er durch das untere Drittel, in die Mitte, wenn er durch das mittlere Drittel geht, und die Zahlen übereinander stelle, wenn der Radius den Zwischenwirbelknorpel durchsetzt.

In den Radien des Kreisbogens 1 B 5 B 8 B

liegt 1 B gegenüber B<sup>2</sup> mit einer Distanz von 60 Mm.

-	5 B	-	B <sup>6</sup>	-	-	-	-	62	-
-	8 B	-	B <sup>9</sup>	-	-	-	-	70	-

In einer Senkrechten auf die Verbindungslinie

von 8 B mit 1 L liegt 1 L gegenüber L<sub>1</sub> mit einer Distanz v. 76 Mm.

-	1 L	-	3 L	-	3 L	-	L <sup>3</sup>	-	-	-	-	81	-
-	3 L	-	5 L	-	5 L	-	L <sub>5</sub>	-	-	-	-	73	-

• Die Lage des Promontoriums genau zu bestimmen, scheint kaum möglich \*); nach den gemessenen Abständen von dem Proc. spin. spur. des Kreuzbeins darf sie schon darum am wenigsten bestimmt werden, weil dieser einen sehr variablen Entwicklungsgrad zeigt. Um nun dennoch die Lage des Promontoriums, oder vielmehr die des Mittelpunktes der oberen Endfläche des Kreuzbeins, auf welchen die Gebrüder Weber ihre Vertikale fällen, in der vertikalen Profilebene so genau als möglich zu bestimmen, halte ich, nachdem ich verschiedene Methoden versucht habe, indess eine nach der anderen als mehr oder weniger unangemessen zu verwerfen genöthigt war, für die empfehlenswertheste noch die, dass man in Weber's Abdruck das Centrum des von 3 L 5 L und 3 B gebildeten Kreisabschnitts bestimmt und die Distanzen der correspondirenden vorderen Punkte auf den Radien abträgt. Dieselben betragen

von 3 L gegenüber L<sup>3</sup> . . . . . 82 Mm.

von 5 L gegenüber genau d. Mittelp. d. oberen Kreuzbeinfläche 55 Mm.

von 3 K gegenüber K<sup>3</sup> . . . . . 22 Mm.

Ich habe indess in den dieser Abhandlung beigegebenen Zeichnungen den Versuch einer genaueren Bestimmung der Lage des Promontoriums, resp. des Mittelpunktes der oberen Fläche des Kreuzbeins unterlassen, da ich mich überzeugt habe, dass dieselbe nicht die Wichtigkeit hat, die man ihr früher beilegen mochte.

Um nun an Lebenden Messungen der Lage der Wirbel vorzunehmen, fehlte vor allem ein brauchbares Messinstrument. Mit der gütigen Unterstützung des Hrn. Professor Radicke gelang es

\*) Vgl. über dessen inconstante Lage H. Meyer in Müller's Archiv 1853. S. 538.



mir, ein solches construiren zu lassen, mit welchen sich die Lage jedes Punktes unmittelbar bestimmen lässt durch rechtwinklige Coordinaten, d. h. durch die senkrechten Abstände von drei aufeinander senkrechten Ebenen. Von diesen Ebenen ist die eine horizontal genommen, die beiden anderen vertikal und zwar die eine von rechts nach links, die andere von hinten nach vorn gehend.

Das Instrument nun, das wir „Coordinatenmesser“ nennen wollen \*), besteht im Wesentlichen aus einer vertikal zu stellenden vierkantigen hölzernen Säule 1, welche auf einem mit drei Stellschrauben versehenen Brett 2 befestigt ist. Durch diese Stellschrauben wird mittelst eines Senkels die Säule vor dem Versuch vertikal gestellt. An der Säule ist eine in Centimeter getheilte Skala angebracht, deren Nullpunkt beliebig, aber an dem unteren Theile befindlich ist, und bis 180 Cm. hinaufgeht. Durch diesen Nullpunkt werden die drei Coordinaten-Ebenen gehend gedacht. Ferner sind auf der Säule eine Anzahl Schieber A, A, A auf- und abbeweglich angebracht, die durch Federn leicht verschiebbar und doch fest anschliessend gemacht sind. An der unteren Seite dieser Schieber befindet sich ein kleiner in Millimeter getheilter Fortsatz a, welcher als Nonius dienend die Höhe über der durch den Nullpunkt gehenden horizontalen Coordinaten-Ebene ablesen lässt. Durch einen Fortsatz des Schiebers A geht ein vierkantiger Querstab B, welcher sich in horizontaler Richtung von rechts nach links in derselben Weise hin- und herschieben lässt, wie der Schieber auf der Vertikalsäule. Auch der Querstab trägt eine Skala die in Centimeter getheilt ist und deren Nullpunkt sich in der Nähe des einen Endes befindet. Da wo der Nullpunkt ist, geht durch diesen Querstab ein zweites, gleichfalls horizontales vierkantiges Stäbchen C, senkrecht gegen B gerichtet, also von hinten nach vorn gehend. Dasselbe ist ebenso verschiebbar durch B, wie B durch A und trägt eine Skala, deren Nullpunkt vorn am äussersten etwas abgerundeten Ende liegt. Wird nun durch Stellung des Schiebers A und der beiden von ihm getragenen Stäbe B und C das abgerundete Ende in Berührung mit einem Körper-

\*) Hierzu die Abbildung Taf. V. Fig. 9.

theil gebracht, dessen Lage gegen andere Körpertheile bestimmt werden soll, so gibt eine Ablesung der Skale des Stäbchens C, da wo es in den grösseren Stab B tritt, mit Hülfe eines dort angebrachten in Millimeter getheilten Nonius c den senkrechten Abstand von derjenigen Vertikalebene, die von rechts nach links durch die Achse der Vertikalsäule geht (Profil-Abstand). Die Ablesung an dem grösseren Stab B, da wo er in den Schieber A tritt, gleichfalls mit Hülfe eines Nonius b bezeichnet den senkrechten Abstand von der zweiten Vertikalebene, die von vorn nach hinten durch die Achse der Säule geht (Lateral-Abstand). Die Ablesung an der Säule selbst mit Hülfe des Nonius a, der von dem Schieber A getragen wird, gibt dann wie schon oben bemerkt die dritte Coordinate (den Vertikal-Abstand). Will man die Höhe des zu bestimmenden Punktes über der Ebene des Fussbodens, auf welchem das Messungsobject steht, bestimmen, so benutzt man einen kleinen, in Millimeter getheilten Schieber s, welcher sich am unteren Ende der Säule in einer Nute auf- und abschieben lässt, indem man denselben bis zur Berührung des Fussbodens herablässt. Hat man den Nullpunkt am äussersten unteren Ende gemacht, so gibt die Ablesung der Schieberskala an dem Nullpunkt der Säulenskala die Tiefe des Fussbodens unter der horizontalen Coordinaten-Ebene an. Addirt man hierzu die eben erwähnte dritte Coordinate, so hat man die verlangte Höhe des Punktes über dem Fussboden. Eine Anzahl Schieber ist desshalb angebracht, um gleichzeitig ebenso viele Punkte ihrer Lage nach zu bestimmen\*).

Mit diesem Coordinatenmesser stellte ich nun zunächst an drei wohlgebauten männlichen Individuen von resp. 19, 18 und 15 Jahren und einem wohlgebauten 16jährigen Mädchen Messungen an, indem ich ihnen aufgab, dabei ungezwungen und so, wie es ihnen am bequemsten sei, aufrecht zu stehen, mit etwa parallel neben einander gestellten Schenkelachsen. Ich stellte dann einen Schieber mit dem Nullpunkt des Stäbchens c auf den dem Einknickungspunkt im 3. Kreuzbeinwirbel nach aussen gegenüberlie-

\*) Ich habe gegenwärtig 9 solcher Schieber an meinem Messapparat anbringen lassen, ausserdem noch einen Doppelschieber, von dem ich zu jeder Seite ein mit dem Process. mastoid. correspondirendes Bleiloth herabfallen lasse.

genden, über der Rima natum deutlich fühlbaren Punkt, einen anderen auf den Dornfortsatz des ersten Brustwirbels ein, und, nachdem das Individuen mit diesen beiden Punkten fixirt war, fernere Schieber auf die Dornfortsätze verschiedener dazwischenliegender Wirbel. Es fiel sogleich auf, dass die oberen Brustwirbel viel weiter nach vorn zu liegen kamen, als es den von den Gebrüdern Weber wie von Horner und Meyer gezeichneten Stellungen entsprochen haben würde. Zugleich streifte ein Loth, das vom vorderen Rand des Process. mastoides, der dem Atlasgelenk in querer Richtung gegenüberliegt, gefällt wurde, stets fast genau den vorderen Rand des Trochanter, der bekanntlich dem Pfannmittelpunkt des Hüftgelenks gegenüberliegt, und mithin die Drehungsachse zu bezeichnen geeignet ist. Taf. V. Fig. 3 bringt die Profil-Projection der vorderen Fläche der Wirbelsäule in solcher Gestalt zur Anschauung, wie sie sich mir bei meinen Untersuchungen in der Regel darstellte.

Es schien sich bei der Wiederholung dieser Untersuchungen als ein Gesetz herausstellen zu wollen, dass in der von den zur Untersuchung dienenden Individuen für bequem erklärten Stellung der Horizontalabstand von 1 B durchschnittlich um so viel Millimeter mehr gegen den von 3 K nach vorn verschoben war, als der Vertikalabstand beider Punkte von einander in Centimetern betrug. Spätere Untersuchungen haben mich aber dies Verhältniss nicht als durchgreifend erkennen lassen, und ich habe auf die Bestimmung von zwei zu einander in bestimmtem Verhältniss stehenden Punkten, die zur Gewinnung einer leicht definirbaren Vergleichsstellung wünschenswerth erschien, verzichten müssen.

Da nun durch die mitgetheilten Messungen gefunden war, dass die in der ungezwungenen aufrechten Stellung erkennbare Gestalt der Wirbelsäule bedeutend sowohl von dem Weber'schen Abdruck wie von der Meyer-Horner'schen Zeichnung abwich, musste es wünschenswerth erscheinen, durch Experimente an Leichen Aufklärungen darüber zu erlangen, welches die Bedingungen seien, aus welchem diese Abweichungen resultirten. Die Gelegenheit zur Anstellung solcher Untersuchungen wurde mir in der Anatomie der rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität geboten, welche

Herr Professor Max Schultze die Güte hatte, mir für diesen Zweck zu öffnen.

Besondere Berücksichtigung musste dabei die Arbeit von H. Meyer über die Beckenneigung finden, aus der sich ergeben hatte, dass die bisherige Auffassung, wie sie aus den Untersuchungen Naegele's und der Gebrüder Weber resultirten, und wonach die Beckenneigung bei demselben Individuum in allen aufrechten Stellungen eine constante Grösse von durchschnittlich  $55-65^{\circ}$  bilden sollte, nicht mehr beibehalten werden dürfe. Da H. Meyer vielmehr fand, dass die Beckenneigung verschiedener Individuen grössere Verschiedenheiten zeigt, als man bisher annahm, dass bei demselben Individuum Schwankungen derselben von  $40-100^{\circ}$  sich beobachten lassen, die abgesehen von der Neigung der Beinachsen gegen den Horizont von der Divergenz und dem Rotationsgrade der Beinachsen abhängig sind, dass die von Naegele und den Gebrüdern Weber angenommenen Werthe für die Conjugata - Neigung von  $55-65^{\circ}$  einer Spreizstellung von  $40-60^{\circ}$  Divergenz mit Einwärtsrotation der Beinachsen angehören, während diese Neigung in der gewöhnlichen aufrechten Stellung durchschnittlich  $50-55^{\circ}$  beträgt, so musste zugleich angenommen werden, dass solche Verschiedenheit der Beckenneigung auch nicht ohne Einfluss auf die Gestalt der Wirbelsäule bleiben werde.

Ich ging daher an die Leichenexperimente, vorzüglich mit der Absicht, verschiedene Wirbelsäulen frei aufrecht, bei alleiniger Fixirung des Beckens, in verschiedenen Neigungsgraden desselben hinzustellen, und die ihr anhängenden Theile nach einander zu entfernen, um den mechanischen Einfluss derselben auf die Stellung und die Krümmungen der Wirbelsäule kennen zu lernen. Von der Voraussetzung, dass eine Wirbelsäule, die man von allen ihr anhängenden Theilen befreit und mit einer der aufrechten Stellung im Leben gewöhnlichen Beckenneigung aufgestellt hat, aufrecht erhalten bleiben werde, glaubte ich ausgehen zu dürfen. Wenigstens hatte eine andere Ansicht bis dahin sich wohl kaum irgendwo geltend gemacht, und selbst Luschka hat mit seinen Untersuchungen, wonach er die Wirbelverbindungen als Halbgelenke hin-

stellt, an den Auffassungen über die Function der Intervertebralscheiben, wie sie von den Gebrüdern Weber her verbreitet sind, nichts geändert, indem er seinen Untersuchungen selbst nur histologische Bedeutung zuschreibt, die functionelle Natur der Intervertebralscheiben aber fast mit denselben Worten schildert, wie die Gebrüder Weber. Dass ich jene Voraussetzung bei meinen Untersuchungen durchaus nicht bestätigt fand, musste den Gang derselben wesentlich ändern.

Bei der ersten der von mir zur Untersuchung benutzten Wirbelsäulen, der der Leiche einer Frau von 45 Jahren, stand dieselbe, nachdem sie von allen anhängenden Theilen mit Ausnahme der Bänder befreit war, bei einer Beckenneigung von  $45^\circ$  aufrecht, so dass das Atlasgelenk ungefähr senkrecht über dem Promontorium stand, und bot sie dann an ihrer vorderen Fläche die Fig. 5 gezeichneten Curven dar. Bei einer stärkeren Beckenneigung schlug die Wirbelsäule nach vorn über, wobei sie sich am stärksten zwischen Kreuzbein und 5. Lendenwirbel und nicht viel minder in den Verbindungen der nächst unteren Lendenwirbeln bog, hier die Intervertebralscheiben vorn stark comprimirt wurden und sich hervorwölbt. Beschwerte ich das Atlasgelenk mit Gewichten, so blieb die Wirbelsäule in Beckenneigungen über  $45^\circ$ , bei starker Krümmung der Halswirbelsäule, nur dann aufrecht stehen; wenn die Vertikale aus dem Atlasgelenk hinter dem Promontorium oder vielmehr durch oder hinter die Mitte der Verbindung des letzten Lendenwirbels mit dem Kreuzbein herabging. Die Untersuchung an dieser Wirbelsäule führte indess im Allgemeinen zu keinem recht sicheren Resultat, da einerseits die versuchte Fixirung des Beckens mittelst eines Schraubstocks sich nicht fest genug erwies, andererseits aber die Ligam. interspinal. grösstentheils durchschnitten worden waren, so dass die Neigung dieser Wirbelsäule, vorn über zu fallen, allenfalls diesem Umstande zugeschrieben werden konnte. Diese Bänder waren nämlich durchschnitten worden, um für die Messung des Abstandes der Dornfortsatzspitze von der vorderen Fläche der Wirbelkörper die Grenze der einzelnen Dornfortsätze genau bestimmen zu können, was namentlich vom 5. bis 10. Brustwirbel schwierig ist, selbst nachdem man sie frei präparirt hat.

Ich muss diess besonders hervorheben, um darauf aufmerksam zu machen, eine wie grosse Schwierigkeit diese Bestimmung an Lebenden bietet. Es gehört dazu viel Uebung und man muss, um sich vor Irrthum zu schützen, stets sämtliche Dornfortsätze vom 7. Halswirbel bis zum 5. Lendenwirbel herab, mit Farbe markiren, um wenigstens an der Zahl der bezeichneten Wirbel eine Controlle über die richtige Bezeichnung zu haben.

Es war eine nächste Leiche, die indess durch das Alter des Mannes von einigen 60 Jahren, sowie wegen eines mehrere Linien dicken veralteten pleuritischen Exsudats, das linkerseits fest an der Wirbelsäule und den Rippen haftete, nicht eben sehr geeignet für die bezüglichen Untersuchungen erschien, dazu bestimmt, in ihrem ganzen Zusammenhange nach alleiniger Exarticulation der Schenkel in den Hüftgelenken mit dem Becken aufgestellt zu werden. Durch ein Missverständniss des Anatomiedieuers war sie aber excentrirt, Kopf und Arme exarticulirt worden. Ich konnte sie daher nur zur Prüfung des Verhaltens der Wirbelsäule in ihrem Zusammenhange mit dem Brustkorbe und der Muskulatur des Rückens und der Brust bei festgestellten Becken benutzen und sie stellte mithin ein demjenigen ähnliches Präparat dar, von welchem die Gebrüder Weber ihren Abdruck entnahmen. Das Becken wurde in Gyps gegossen, wodurch dasselbe mit  $50^\circ$  Conjugataneigung feststand. Die Wirbelsäule schlug dabei gänzlich nach vorn über. Erst nach Entfernung des Schultergürtels und der Brustmuskeln, während die Rückenmuskeln erhalten blieben, nach Absägen der Rippen neben den Angulis so wie nach Verringerung der Conjugataneigung bis auf  $41^\circ$  blieb die Wirbelsäule aufrecht stehen, indess mit einer nicht unerheblichen Neigung namentlich des oberen Theils nach vorn. Dabei zeigte sie an ihrer vorderen Fläche die Curven, wie sie Fig. 6 wiedergegeben sind.

Aus diesen Experimenten ging wenigstens so viel hervor, dass diejenige Beckenneigung, welche im Leben bei der aufrechten Stellung vorhanden angenommen wird, nicht die von den übrigen Rumpftheilen abgetrennte Wirbelsäule, wie sie in den vorstehenden Experimenten benutzt wurde, aufrecht zu erhalten im Stande war, vielmehr erwies sich die zur Aufrechterhaltung der

Wirbelsäule erforderliche Beckenneigung um  $15-20^{\circ}$  geringer, als sie Naegele und Weber für das aufrechte Stehen als constant annahmen, und um  $5-10^{\circ}$  geringer, als sie nach H. Meyer in der gewöhnlichen aufrechten Stellung Statt hat.

Es war also klar, dass die aufrechte Stellung der Wirbelsäule im Leben nicht dieselbe sein konnte, wie sie durch die Elasticitätsverhältnisse der isolirten Wirbelsäule für sich bedingt wird. Es blieb mithin die Aufgabe, zu untersuchen, welchen Einfluss die physikalischen Momente haben, welche den einen Fall von dem anderen unterscheiden, namentlich also den Zusammenhang der Wirbelsäule mit den übrigen Rumpfteilen und die Differenz in den Belastungen. Besonders musste geprüft werden, ob und welchen Einfluss die Baueingeweide ausübten. — Die folgenden Leichenuntersuchungen wurden deshalb vorzugsweise zu dem Zwecke angestellt, hierüber zu bestimmteren Anschauungen zu gelangen.

Die sehr abgemagerte frische Leiche eines an Tuberkulose verstorbenen Mannes von etlichen 20 Jahren, über die mir indess nur eine sehr beschränkte Disposition zustand, befestigte ich in ihrem ganzen Zusammenhange mit dem Becken durch grosse Schrauben in einem ausgehöhlten Klotz. Den Kopf suchte ich mittelst zweier über Rollen laufender Gewichte in aufrechter Stellung zu balanciren. Da die Beine nicht entfernt werden durften, erschien die Leiche hier allerdings in sitzender Haltung befestigt. Es war aber bei der Befestigung der hintere Theil des Beckens mit dem Kreuzbein möglichst in die Höhe gehoben worden, so dass man annehmen durfte dadurch eine stärkere Conjugata-Neigung erzielt zu haben, als sie sonst in sitzender Stellung Statt hat. Das Balanciren des Kopfes gelang zwar zeitweise, doch verursachte das häufige Schwanken und Ueberschlagen desselben nach verschiedenen Richtungen vielfache Störungen bei dem Experiment. Der Rumpf zeigte indess hier eine entschiedene Neigung, nach hinten überzuschlagen, und nur noch den Oberleib war man im Stande nach vorn über zu neigen; wurde er nach vorn geneigt, und suchte man diese Neigung durch Herabhängenlassen der Arme nach vorn und ein entsprechendes Balancement des Kopfes zu

unterhalten, so gelang dies zwar zeitweise, doch schlug der Rumpf schon bei geringen Erschütterungen wieder nach hinten über. Die Wirbelsäule bildete an den Dornfortsätzen bis zum 10. Brustwirbel herauf eine fast senkrechte Linie. Nach Excentrirung der Baucheingeweide ergab sich, dass die Leiche mit nur  $40^{\circ}$  Beckenneigung aufgestellt war. Die Stellung der Wirbelsäule wurde durch die Entfernung der Baucheingeweide im Ganzen nicht verändert, ebenso wenig die Neigung des Rumpfs, nach hinten überzuschlagen, dadurch aufgehoben. Doch sank der 7. Halswirbel nach Excentrirung der Baucheingeweide um 26 Mm. herab, und trat um 25 Mm. mehr nach vorn, hob sich dagegen nach Excentrirung auch der Brusteingeweide mit Erhaltung des Brustkorbes wieder um 9 Mm. und trat dabei um 17 Mm. zurück. Die Baucheingeweide wirkten also jedenfalls nicht als Last auf die Wirbelsäule, sondern unterstützten vielmehr die aufrechte Stellung des Rumpfes, die Brusteingeweide dagegen zogen nach der Entfernung der Baucheingeweide als ihrer Unterlage natürlicher Weise die Wirbelsäule herab.

Eine fernere sehr abgemagerte, an Grösse und Gestalt der vorigen sehr ähnliche Leiche eines ebenfalls an Tuberculose verstorbenen Mannes von etwa 20 Jahren wurde nach Exarticulation des Kopfes und der Beine bei übrigens ganz unverletztem Körper mit dem Becken mittelst grosser Schrauben in einem ausgehöhlten Klotz befestigt. Der Rumpf fiel hier wieder stark vorn über, und zwar mehr als dies hätte vermuthet werden können, wenn man dem Widerstande der Baucheingeweide einen auch nur beschränkten Einfluss zuschreiben wollte. Man durfte annehmen, dass durch Abtrennung der vom Becken zum Oberschenkel gehenden Muskeln vom Schenkel, wie sie bei der Exarticulation der Schenkelköpfe unvermeidlich war, der Verschluss der unteren Beckenapertur an Resistenzfähigkeit eingebüsst habe, und dass daher die Baucheingeweide dem auf ihnen lastenden Drucke des Rumpfs hier ausweichen konnten. Der das Becken einschliessende Klotz wurde deshalb noch nachträglich mit Gyps ausgefüllt. In der That fiel nun der Rumpf um etwas weniger, indess immer noch stark vorn über, so dass eine Kraft von 14 Pfd. erforderlich war, um den Rumpf vom Atlas aus aufzurichten, während



eine ganz unerhebliche dort wirkende Kraft genügte, um ihn in der aufrechten Stellung zu erhalten. Der sich selbst überlassene, vornüber geneigte Rumpf zeigte einen Vertikalabstand des Proc. spinos. des ersten Kreuzbeinwirbels von dem Proc. spinos. des 7. Halswirbels von 301 Mm., und einen Horizontalabstand des 7. Halswirbels von der Vertikalsäule des Messapparats von 385 Mm. Diese Abstände veränderten sich nach Trennung der Bauchdecken, während die Baueingeweide noch in der Bauchhöhle belassen wurden, auf 291 Mm. Vertikal- und 404 Mm. Horizontalabstand, nach Herausnahme der Baueingeweide auf 262 Mm. Vertikal- und 420 Mm. Horizontalabstand. Also nach Incision der Bauchdecken sank der 7. Halswirbel um 10 Mm. mehr nach vorn und dabei um 9 Mm. mehr herunter, nach Herausnahme der Baueingeweide 39 Mm. mehr nach vorn und 35 Mm. mehr herunter. Die Beckenneigung, womit die Leiche aufgestellt war, wurde nach Excentrirung der Baueingeweide gemessen und betrug  $61^{\circ}$ .

Es war mithin der Einfluss der Baueingeweide auf die Aufrichtung des Rumpfs gegenüber einer Beckenneigung, welche die im Leben bei der aufrechten Stellung zufolge der Untersuchungen von H. Meyer durchschnittliche um  $6-11^{\circ}$  überschritt, eine immerhin nicht ganz unbeträchtliche. Sehr zu bedauern hatte ich, dass es nicht möglich war, den Grad der Beckenneigung vor Excentrirung der Baueingeweide zu bestimmen und dann den Einfluss verschiedener Grade der Beckenneigung zusammen mit dem des Widerstandes der Baueingeweide für die Aufrichtung der Wirbelsäule zu prüfen. Die schwerfällige Handhabung des mit Gyps gefüllten, das Becken fixirenden Kastens machte es ohnehin kaum möglich, die bei der ersten Aufstellung einmal gegebene Beckenneigung auch nur um wenige Grade zu ändern.

Durch die bisher mitgetheilten Untersuchungen war nun also zur Anschauung gebracht einerseits das Verhältniss verschiedener Beckenneigungen zur Aufrichtung sowohl der isolirten, als auch der in ihrem Zusammenhange mit den übrigen Rumpfteilen belassenen Wirbelsäule, andererseits der Einfluss der Eingeweide auf die Aufrichtung der Wirbelsäule im Allgemeinen.

Was die Beckenneigung betrifft, so hatte sich ergeben, dass

eine aufrichtende Wirkung erst bei einem geringeren Neigungswinkel der Conjugata gegen den Horizont zu Tage trete, als sie, wenigstens nach den bisherigen Untersuchungen, bei der aufrechten Stellung durchschnittlich im Leben vorzukommen pflegt. Zugleich hatte sich herausgestellt, dass bei einer durch die Beckenneigung bedingten Aufrechterhaltung der Wirbelsäule diese eine ungleich flachere Form ihrer Krümmungen zeige, als sie nach dem Weber'schen Abdruck sowohl, wie nach den Untersuchungen Horner's und Meyer's, und nach den von mir angestellten Untersuchungen bei der ungezwungen aufrechten Stellung an Lebenden darbietet. — Dieser Effekt erklärte sich leicht, wenn man z. B. an dem Weber'schen Abdruck die Gestalt der Verbindung der Wirbelsäule mit dem Kreuzbein resp. dem Becken betrachtet. Denkt man sich dabei die Beweglichkeit der einzelnen Wirbel gegen einander für einen Augenblick aufgehoben, so würde das so gebildete solide Knochengerüst einen Hebel darstellen, der, um eine über dem Promontorium befindliche Querachse gedreht, die Verbindungslinie des Atlasgelenks mit dem Drehpunkte um eben so viel Grad von der Vertikalen nach hinten oder vorn neigen würde, als sich die Neigung der Conjugata gegen die Horizontale verringerte oder vermehrte. Da nun aber die Wirbel durch elastische Bandscheiben beweglich mit einander verbunden sind, so wird, wenn die Verbindungslinie des Atlasgelenks mit jener Drehachse senkrecht auf letztere gerichtet bleiben soll, jede durch Veränderung des Neigungswinkels der Conjugata bewirkte Abänderung in dem Neigungswinkel jener Verbindungslinie sich durch Formänderungen der Curven der Wirbelsäule compensiren müssen. Hierbei müssen sich aber folgende Verhältnisse geltend machen: Es wird je nach dem stärkeren oder geringeren Neigungsgrade der oberen Fläche des Kreuzbeins durch Hebung der hinter oder vor der Drehungsachse gelegenen Hälfte derselben im Verein mit der Schwere des auf ihr lastenden Theiles der Wirbelsäule auch der hinter oder vor der Drehungsachse gelegene Theil der einzelnen Intervertebralscheiben comprimirt werden, und zwar in successiv abnehmendem Grade von unten nach oben, im geraden Verhältniss zu der abnehmenden Last. Dadurch wird einerseits eine

Formveränderung ihrer Curven erzeugt; andererseits an der comprimierten Hälfte eine nahezu zu solide Verbindung der einzelnen Wirbel mit einander gebildet werden, wie sie zur Herstellung der Hebelwirkung erforderlich, welche dann zugleich noch von der durch die Compression in den Syndesmosenkernen in expansiver Richtung erregten Elasticität unterstützt wird. Einen solchen nahezu soliden Hebelarm sehen wir die Wirbelsäule bis zum 10. Brustwirbel hinauf bei der dritten von uns zur Untersuchung benutzten Leiche bilden, die mit  $40^{\circ}$  Beckenneigung aufgestellt war, und dabei die sonst wahrgenommene Krümmung dieses Abschnitts der Wirbelsäule fast völlig ausgeglichen. In dem über dem 10. Brustwirbel gelegenen Theil der Wirbelsäule wurde entsprechend dem abnehmenden Gewichte der hier aufruhenden Last eine geringere Compression der Intervertebralscheiben wahrgenommen, die mit Vorneigung des darüber gelegenen Theils des Rumpfes noch eine Steigerung gestattete, der indess die Expansiv-Elasticität der Intervertebralscheiben entgegenstrebte.

Bei der Abhängigkeit der Stellung und Form der Wirbelsäule von den verschiedenen Neigungswinkeln des Beckens und der von H. Meyer festgestellten grossen Veränderlichkeit der Grösse derselben bei einem und demselben Individuum erschien es mir sehr wünschenswerth, dieselben im Leben messen und die dabei erscheinenden verschiedenen Formen der Wirbelsäule bestimmen zu können. Zu einer solchen Messung glaubte ich die hintere Fläche des Kreuzbeins geeignet halten zu dürfen, da diese jedenfalls in einem umgekehrten Verhältniss zu der Neigung der Conjugata stehen muss. Neben dem Proc. spinos. spur. des Kreuzbeins bietet die hintere Fläche desselben, zumal mit den dasselbe überspannenden Ligam. vag. post., von denen nicht anzunehmen, dass sie eine erhebliche individuelle Differenz in der Neigung dieser Fläche verursachen werden, an Lebenden eine ebene, anscheinend von Weichtheilen wenig überdeckte Fläche dar. Diese schien für solche Messungen geeignet, und man dürfte, nachdem man mehrfache Untersuchungen des Neigungswinkels derselben in ihrem Verhältniss zu dem der Conjugata an Leichen angestellt, die Neigung der letzteren im Leben daraus bestimmen können. Ich habe mich

zwar durch Leichenuntersuchungen überzeugt, dass die betreffende Fläche, deren Neigung gegen den Horizont man durch Aufsetzen eines Gradbogens, wie ihn die Bergleute zu benutzen pflegen, zu bestimmen im Stande ist, schon von einem nicht ganz unerheblichen Theile des Ursprungs des *Musc. sacrospin.* bedeckt ist, und man desshalb keine absolut sicheren Bestimmungen daran gewinnen kann, da bei denselben Individuen bei dem schlaffen oder contrahirten Zustand des Muskels die gemessenen Werthe einigermassen alterirt werden müssen. Bei Untersuchungen an Lebenden liessen sich indess keine messbaren Unterschiede in dem Grade der Neigung der betreffenden Kreuzbeinfläche in Folge von blosser Muskelcontraction wahrnehmen, und darf man diese Fläche daher doch wenigstens zu approximativen Messungen benutzen, die für uns schon einigen Werth haben können, wenn ihr Verhältniss zur *Conjugata*-Neigung auch noch nicht genau bestimmt ist. In einer Reihe von solchen Messungen an wohlgebauten Individuen ergaben sich mir für den Neigungswinkel dieser Fläche des Kreuzbeins gegen den Horizont bei der ungezwungenen aufrechten Stellung die doch immerhin ziemlich constante Grösse von 60 — 72°. Bei einem jungen Manne von 1607 Mm. Grösse betrug die Kreuzbeineigung gegen den Horizont:

in ungezwungen aufrechter Stellung . . . . .	68°
in militärisch aufrechter Stellung . . . . .	57°
während er mit beiden Händen einen Stuhl über d. Kopf hielt	76°
in gleicher Weise mit zwei Stühlen belastet . . . . .	81°
in sitzender Stellung . . . . .	96°.

Eine zunehmende Verflachung der Curven der Wirbelsäule, namentlich des Lendenwirbeltheils, wurde an diesem Individuum bei den stärkeren Neigungsgraden des Kreuzbeins deutlich beobachtet. Bei der Belastung mit Stühlen erfolgte eine leichte Beugung im Kniegelenk; hierdurch wird, wie ich durch die Messung constatirte, die sonst bei der aufrechten Stellung nach H. Meyer um 7 — 10° von der Vertikalen nach vorn abweichende Neigung der Beinachsen mehr nach hinten verlegt und dabei die Beckenneigung verringert, was, wie wir oben sahen, die Herstellung eines die Wirbelsäule aufrichtenden Hebels zur Folge hat. Sehen wir

doch auch Lastträger beim Tragen schwerer Lasten gewöhnlich mit krummen Knien gehen, was freilich seinen Grund zunächst darin haben mag, dass sie das Bedürfniss fühlen, durch Erniedrigung der Schwerpunktslage des Körpers dessen Stabilität zu vergrößern. Im Sitzen bei  $96^\circ$  Kreuzbeinneigung, welche, wenn wir  $68^\circ$ , die im ungezwungen aufrechten Stehen gemessen wurden, gleich circa  $50^\circ$  Conjugata-Neigung setzen, nur circa  $22^\circ$  Conjugata-Neigung entsprechen würden, schwand bei diesem jungen Manne die Curvatur der Lendenwirbel, und bildete die Wirbelsäule eine ähnliche gerade Linie wie bei der mit  $40^\circ$  Beckenneigung in ihrem ganzen Zusammenhange aufgestellten Leiche. Die Wirbelsäule neigte sich dabei etwas nach vorn über.

Bei den bisher von mir angestellten Experimenten an Leichen konnte es sich wegen der Beschränktheit der mir für solche Experimente zu Gebote stehenden Hilfsmittel nur um die Aufrechterhaltung der Wirbelsäule über dem Becken bei bestimmter, nur weniger Veränderungen fähiger Lage desselben handeln. Eine Prüfung des Einflusses wechselnder Beckenneigungen an einer und derselben Leiche konnte ich nicht ermöglichen, noch weniger die Prüfung des Verhaltens der Gleichgewichtslage der Wirbelsäule und des Rumpfs mit dem Becken über der Hüftachse.

Zu den für solchen Zweck wünschenswerthen Experimenten musste ich besonders einen Apparat geeignet halten, wie ihn H. Meyer für seine Untersuchungen über die Beckenneigung hatte construiren lassen.

Da mir überdiess wünschenswerth war, die von H. Meyer durch seine vielfachen sorgfältigen Untersuchungen auf verwandtem Felde gewonnenen Erfahrungen für die Fortführung meiner Untersuchungen benutzen zu können und seiner Unterstützung dabei theilhaftig zu werden, entschloss ich mich für diesen Zweck zu einer Reise nach Zürich. Das freundliche Entgegenkommen und das lebhafte Interesse, das Prof. Meyer diesen Untersuchungen zuwandte, sowie die bereitwillige Assistenz zweier seiner Schüler, des Herrn Stud. med. Müller aus Schaffhausen und Haenel aus Dresden ermöglichte bald die Anstellung der nachfolgend mitge-

theilten Untersuchungen, an denen sich auch Prof. Adolph Fick zum Oeftern betheilte und uns mit seinem Rath unterstützte.

Eine sehr geeignete, wenig fettreiche, mässig muskulöse frische Leiche eines im Züricher See ertrunkenen Mannes von 27 Jahren bot uns die passende Gelegenheit dazu. Dieselbe ward mit den Schenkelbeinen, nach Exarticulation der Unterschenkel im Kniegelenk und Entfernung der Weichtheile von den Oberschenkeln bis zum oberen Drittel, in den erwähnten Apparat gespannt, dem sich durch einige daran vorgenommene Veränderungen leicht die für eine ganze Leiche nöthige Tragfähigkeit geben liess. Der Kopf wurde nach vergeblichen Versuchen, ihn angemessen zu balanciren exarticulirt und seine Schwere durch zwei je 2 Kilogr. schwere Gewichte ersetzt, welche von einem über dem Atlasgelenk in querer Richtung befestigten Stäbchen herabhingen. Bei parallelen und senkrecht gestellten Schenkelachsen und bei 5 — 10° Rotation derselben nach aussen stand die Leiche aufrecht mit Neigung des Rumpfs nach hinten. Die Kreuzbeinneigung betrug in dieser Stellung 104°, bei 0° Rotation der Schenkelachsen 100°. Bei dem Maximum der Rotation der Beinachsen nach Innen betrug die Kreuzbeinneigung 86°, bei dem Maximum dieser Rotation nach Aussen 78°. Schon bei 85° Kreuzbeinneigung schlug indess der Rumpf, wenn er sich selbst überlassen wurde, nach vorn über, nachdem zuvor bis zu dem Augenblicke, wo es zum Ueberschlagen nach vorn kam, in geradem Verhältniss zu der abnehmenden Kreuzbeinneigung eine stärkere Krümmung der Lendenwirbelsäule eingetreten war.

Es wurde versucht, den Rumpf bei 90° Kreuzbeinneigung zu balanciren, was vollständig gelang, so dass das Atlasgelenk ungefähr über der Hüftachse ruhte, und es nur eines Minimums von Kraft oder vielmehr nur der Wachsamkeit eines Fingers eines der Assistenten bedurfte, um vom Atlas aus den Schwankungen des Rumpfs aus der Vertikalen entgegenzuwirken. Ein von den am Weitesten nach hinten hervorragenden Dornfortsätzen der Wirbel, etwa dem des 8. Brustwirbels gefälltes Loth ging  $\frac{1}{2}$  —  $\frac{3}{4}$  Zoll hinter dem Kreuzbein herab. Wurde der Rumpf bei 80° Kreuzbeinneigung balancirt, so fiel dieses Loth circa  $1\frac{1}{2}$  Zoll hinter dem

Kreuzbein herab; der Schwerpunkt des oberen Rumpfs musste also um so viel mehr nach hinten verrückt werden um die Gleichgewichtslage zu erhalten, und dabei wurde eine Zunahme der Lendenwirbelcurve wahrgenommen. Wie nach Excentrirung der Baucheingeweide sich ergab, entsprachen  $104^\circ$  Kreuzbeinneigung an dieser Leiche  $28^\circ$  Beckenneigung.  $85^\circ$  Kreuzbeinneigung, wobei der Rumpf nach vorn über schlug, entsprechen mithin  $47^\circ$  Beckenneigung. Ich muss indess bemerken, dass sich diese Leiche wegen des durch den Ertrinkungstod veranlassten Oedems, das sich namentlich an der Kreuzbeingegend offenbarte, nicht besonders für eine Vergleichung der Kreuzbeinneigung mit der Beckenneigung eignete.

Es wurde nun zur Messung der Curven der Wirbelsäule an der zum Experiment dienenden Leiche geschritten, während dieselbe in einer aufrechten Gleichgewichtsstellung erhalten wurde, bei der das Atlasgelenk nahezu senkrecht über der Hüftachse liegen mochte, und zwar 1) bei unversehrtem Rumpf, 2) nach Excentrirung der Bauch- und Brusteingeweide, 3) nach Entfernung des Brustbeins. Bei dem ersten Experiment stellte der Rumpf in seinem Zusammenhange mit den Eingeweiden an den Dornfortsätzen der Wirbelsäule die Taf. V Fig. 7a bezeichnete Linie dar. Nach Entfernung der Bauch- und Brusteingeweide hatte dieselbe Linie die Fig. 7b und 8b dargestellte Krümmung angenommen. Um nach Entfernung der Eingeweide die gestörte Aufrechtstellung wiederherzustellen, musste der Rumpf nach hinten zurückgeneigt werden. Wie man in der Zeichnung sieht, wurde dabei die Krümmung der Lendenwirbelsäule nach hinten concaver, während das Brustwirbelsegment eine verstärkte Convexität nach hinten darbot. Die Zurückneigung der Wirbelsäule wurde offenbar darum erfordert, weil jetzt die Wirbelsäule das volle Gewicht des Rumpfs zu tragen hatte, indem die stützende Hülfe der Baueingeweide entfernt war. Dass die Wirbelsäule jetzt allein die Last zu tragen hatte, gab sich zugleich deutlich zu erkennen durch die verstärkte Krümmung des oberen Theils der Wirbelsäule. Wir sehen somit hier vollkommen den schon früher erwähnten stützenden Einfluss der Baueingeweide bestätigt. — In dem dritten Experiment, nach

Entfernung des Brustbeins erscheint, Fig. 8 c, dagegen die Wirbelsäule ungleich mehr gestreckt, bildet einen Bogen von bedeutend grösserem Halbmesser, und die Krümmung der Lendenwirbel ist vollkommen verschwunden.

Durch Herausnahme des Brustbeins ist die Integrität der von den Rippen mit der Wirbelsäule und dem Brustbein gebildeten Bogen gestört. Es wird durch das 1. und 10. Rippenpaar mit der Wirbelsäule und dem Brustbein ein elastischer Ring gebildet, in den die zwischenliegenden Rippen eingeschaltet sind, und die Resistenzfähigkeit gegen Kräfte vermehren, welche seine Form zu ändern streben. Dieser Ring musste, wie man hätte glauben sollen, in seiner Integrität dem Zusammensinken der Wirbelsäule in dem von ihm umschlossenen Abschnitte derselben einen Widerstand bieten, soweit seine Continuität und Elasticität der Zusammendrückung durch das auf ihm lastende Gewicht entgegenwirkte. Trotzdem sehen wir, nach Zerstörung der Integrität dieses Ringes, die Wirbelsäule auch an dem von diesem Ringe umschlossenen Abschnitte gestreckter werden und einen Bogen von grösserem Halbmesser bilden. Der Widerstand, welcher der Streckung der Wirbelsäule durch den Zusammenhang mit dem Rippenbrustbeinringe geboten wurde, war also grösser als der, den ihr das auflastende Gewicht entgegengesetzte. Wir sehen uns daher darauf hingewiesen, den concaven Bogen, welchen der Brusttheil der Wirbelsäule nach vorn zeigt, als durch den Rippenbrustbeinring in Spannung erhalten und durch denselben erzeugt zu betrachten, soweit er nicht durch die niedrigere Höhe der vorderen Seite der Wirbelkörper gegen die hintere erhalten wird \*). Der Brustkorb muss mithin als ein integrierender Theil der Wirbelsäule aufgefasst werden, durch den die Form derselben wesentlich bestimmt wird.

Der aus dem eben angeführten Experiment gezogene Schluss wird bestätigt, wenn man die starken Curven des Weber'schen Abdrucks, der von einer mit dem Brustkorbe zusammenhängenden

\*) Nach den Messungen der Gebr. Weber ist die vordere Seite der 12 Brustwirbelkörper zusammengenommen um 33 Mm. niedriger als die hintere, nach denjenigen Nuhn's im Verhältniss von 7,8 zu 9,4.



Wirbelsäule gewonnen wurde, vergleicht mit den meist so auffällig flach gekrümmten Wirbelsäulen, wie man sie an den Leichen auf den anatomischen Secirsälen wahrnimmt. In Fig. 4, 5 u. 6 sind die Curven der vorderen Seite der Wirbelkörper von Wirbelsäulen ohne Brustkorb den in Fig. 1 gezeichneten Curven derselben Seite des Weber'schen Abdrucks gegenübergestellt. Der Unterschied ist in der That frappant genug, zumal eigentlich nur die flachen Curven der Wirbelsäule von Fig. 4 mit der des Weber'schen Abdrucks verglichen werden dürfen, da nur diese beiden die in der Horizontallage wahrgenommenen Curven darstellen, Fig. 5 die etwas stärkere Curve der Wirbelsäule von Fig. 4 in der aufrechten Stellung und Fig. 6 eine andere in eben der Stellung wiedergibt.

Indem wir nun aber gleichzeitig mit der Brustwirbelcurve auch die nach vorn convexe Curve des Lendenwirbelsegments an der Wirbelsäule mit geöffnetem Brustkorbe, und zwar sowohl in Fig. 4 wie an der in Zürich zu dem in Rede stehenden Experiment dienenden Leiche Fig. 8 c flacher geworden finden, müssen wir wohl diese beiden Erscheinungen in causalen Zusammenhang bringen. — Sehen wir uns nun nach den physikalischen Kräften um, die hier mitwirken können, so werden wir zunächst an die gelben elastischen Bänder zu denken haben, deren in contractiver Richtung wirksamer Elasticität ja Hirschfeld \*) die Compression des hinteren Theiles der Intervertebralscheiben an die Hals- und Lendenwirbel und damit die Erzeugung der an diesen Abschnitten wahrgenommenen Krümmungen vindicirt. Obwohl wir nicht umhin können, dem von ihm angestellten Experiment eine erhebliche Beweiskraft für die nicht geringe Mitwirkung der gelben Bänder bei der Erhaltung der nach vorn convexen Krümmungen des Hals- und Lendenwirbelsegments zuzugestehen, so ist doch nicht abzusehen, wie eine Verkürzung der Längenausdehnung des Apophysentheils der Brustwirbelsäule, die mit deren Streckung eintritt, und

\*) Blot, Robin et Bernard, Rapport sur un mémoire de M. L. Hirschfeld, intitulé: nouvel aperçu sur les conditions anatomiques des courbures de la colonne vertébrale chez l'homme, Gaz. méd. de Paris N. 25, p. 490.

damit zugleich allerdings auch eine Verkürzung der gelben Bänder an diesem Theil der Wirbelsäule herbeiführen muss, eine Ausdehnung derselben an den Lendenwirbeln bewirken soll. Denn die gelben Bänder sind an den Brustwirbeln schwächer entwickelt, als an den Lendenwirbeln, überdiess könnte eine Verkürzung der gelben Bänder an den Brustwirbeln nicht wohl eine Ausdehnung derjenigen der Lendenwirbel zur Folge haben, da sie nicht in continuirlichem Zusammenhang mit einander stehen, und der Knochencontact ihrer weiteren Verkürzung an den Brustwirbeln bald eine Grenze setzt.

Wenn wir dagegen die Längsbänder der Wirbelsäule in der Anordnung, wie sie Luschka \*) beschreibt, in's Auge fassen, so gewinnen wir Anhaltspunkte, die uns die Erscheinung der mit der flacheren Gestalt der Brustwirbelkrümmung gleichzeitigen Verflachung der Lendenwirbelkrümmung wohl zu erklären im Stande sind. Luschka lässt nämlich das Lig. longitudinale anterius von Wirbelkörper zu Wirbelkörper gehen, ohne mit der äussersten Schicht der Faserringe feste Verbindung einzugehen, vielmehr es nur durch losen Zellstoff damit verbunden sein. Das Lig. longit. poster. dagegen steht ihm zufolge mit den Intervertebralscheiben in festerer Verbindung, während es über die etwas ausgehöhlte hintere Fläche der Wirbelkörper so hingepannt ist, dass es die daselbst austretenden Venae basivertebrales überlagert. Das von Wirbelkörper zu Wirbelkörper gehende, die Faserringe überbrückende vordere Längsband wird mithin bei der Verflachung resp. grösseren Längenausdehnung der vorderen Concavität der Brustwirbelcurve seiner ganzen Länge nach gespannt, setzt der Ausdehnung der Faserringe vorn an den Lenden- und Halswirbeln dadurch einen grösseren Widerstand entgegen. Das von Faserring zu Faserring verlaufende die Wirbelkörper überbrückende hintere Längsband aber wird bei Streckung resp. verkürzter Längenausdehnung der hinteren Convexität der Brustwirbelsäule seiner ganzen Ausdehnung nach verlängert, und setzt damit der Ausdehnung der

\*) Die Halbgelenke des menschlichen Körpers. Berlin, 1858. S. 59 ff.

Faserringe an der hinteren Seite einen geringeren Widerstand entgegen.

Ausser den vorher mitgetheilten Experimenten, die wir an Leichen in Zürich anstellten, nahmen wir mittelst meines Coordinatenmessers noch Messungen der Stellung und Krümmung der Wirbelsäule an vier wohlgebauten Männern vor, und zwar von jedem einmal in möglichst ungezwungen aufrechter Stellung, und ein anderes Mal in einer Stellung, die wir für die militärische hielten, die sich aber bei einer später von mir in Bonn angestellten Messung an einem gut geschulten Soldaten nicht als solche ergeben hat, da wir dabei das für die normale militärische Stellung geforderte Einziehen des Bauches vernachlässigt hatten. Die in Zürich angestellten Messungen boten uns Curven und Stellungen der Wirbelsäule dar, die sich theils mehr denen der Meyer-Horner'schen Zeichnung Fig. 2, theils denen näherten, die ich früher bei der ungezwungen aufrechten Stellung gefunden hatte wie sie Fig. 3 darstellt. Ersteres war namentlich bei den irrthümlich von uns für militärisch gehaltenen Stellungen der Fall. Bei der reglementsässigen militärischen Stellung dagegen bot die Wirbelsäule eine im zweiten Theil dieser Studien näher zu charakterisirende Form dar. Ein von dem Proc. mastoides gefälltes Loth ging dabei dicht vor die zurückgezogenen Schultern, dann neben dem hinteren Drittel des unteren Abschnittes der Brust, und noch circa 1 Cm. vor dem vorderen Rande des Trochanter herab und traf unten das Capitul. oss. metatarsi quinti.

Die in Zürich mit H. Meyer gemeinschaftlich angestellten Leichenexperimente haben zunächst die von mir schon vorher gefundenen Beziehungen der Beckenneigungen zu den aufrechten Stellungen und den Curven der Wirbelsäule wesentlich ergänzt, demnächst ebenso den Antheil der Cohäsion der Weichtheile und der Baucheingeweide insbesondere näher würdigen gelernt. Sie haben drittens die grosse Bedeutung des Zusammenhangs der Wirbelsäule mit dem Brustkorbe klar gelegt, und viertens über den Antheil der Schwerewirkungen bei der aufrechten Gleichgewichtsstellung der Wirbelsäule bestimmtere Anschauungen ermöglicht.

Die in Zürich angestellten Untersuchungen an Lebenden bedurften Ergänzungen, welche ich, wie erwähnt, durch Aufsuchung der reglements-mässigen militärischen Stellung und weiterhin noch durch eine grössere Anzahl von Messungen in ungezwungen aufrechter, militärisch stehender, und auch in sitzender Haltung gewonnen habe. Wir werden dieselben im 4. und 5. Abschnitt des nun folgenden analytischen Theils dieser Studien noch einer näheren Betrachtung unterwerfen. Die Anzahl der von mir an Lebenden angestellten Messungen ist allmählig eine recht beträchtliche geworden. Fast stets habe ich dabei in den aufrechtstehenden Stellungen ein von Proc. mastoides gefälltes Loth nahe am vorderen Rand des Trochanter vorbeigehen und ausser bei den oben erwähnten Stellungen in Zürich nur in ganz wenigen, schon an das pathologische Gebiet streifenden Ausnahmefällen mehrere Centimeter breit hinter den Trochanter herabfallen sehen. Ich halte mich deshalb überzeugt, dass die Schwerlinie des Kopfes (und zwar wie wir später zu begründen suchen werden, mit der des Rumpfs nahezu in eine Vertikale vereinigt) bei der aufrechten Stellung im Leben gewöhnlich nahezu durch die Hüftachse geht, und ein anderes Verhältniss zu den Ausnahmen gehört. Auch H. Meyer spricht in seiner Schrift „über die wechselnde Lage des Schwerpunkts“ Leipzig 1863, S. 10 die Ansicht aus, dass die von ihm angenommene Grundstellung im Leben nur selten Anwendung finde.

Nachdem wir nun die von mir angestellten Experimente bis zu einem Abschluss verfolgt haben, der uns in den Stand setzt, das Resultat derselben mit den uns bereits bekannten anatomischen und physikalischen Thatsachen zu einem Gesamtbilde zu vereinigen, das uns bestimmtere Anschauungen über die physikalischen Bedingungen der aufrechten Stellung des Körpers von der Fussfläche aufwärts mit Rumpf und Kopf gewährt, will ich versuchen, in der nachfolgenden physikalischen Betrachtung ein solches Bild zu entwerfen.

(Fortsetzung folgt.)

## Erklärung der Abbildungen.

Das Zeichennetz für sämtliche Profil-Projectionen der Wirbelsäuleformen ist in  $\frac{1}{4}$  Centimeter getheilt, die Abbildungen haben somit ein Viertel natürliche Grösse. A bezeichnet die aus dem Atlasgelenk gefällte Verticale.

- Fig. 1. Profil-Projection der vorderen Fläche der Wirbelsäule des Weber'schen Abdrucks. ad S. 80.
- Fig. 2. Profil-Projection der Horner-Meyer'schen Grundform der vorderen Fläche der Wirbelsäule. ad S. 82.
- Fig. 3. Profil-Projection der vorderen Fläche der Wirbelsäule bei der ungezwungenen Aufrechtstellung im Leben. ad S. 92.
- Fig. 4. Profil-Projection der vorderen Fläche der isolirten Wirbelsäule einer Leiche in horizontaler Lage. ad S. 106.
- Fig. 5. Profil-Projection der vorderen Fläche derselben Wirbelsäule in aufrechter Stellung bei befestigtem Becken mit  $45^{\circ}$  Conjugata-Neigung. ad S. 94 u. 106.
- Fig. 6. Profil-Projection der vorderen Fläche der isolirten Wirbelsäule der Leiche eines alten Mannes in aufrechter Stellung bei befestigtem Becken mit  $41^{\circ}$  Conjugataneigung. ad S. 95 u. 106.
- Fig. 7 u. 8 stellt die Profil-Projection der von den Dornfortsätzen bis zum 7ten Halswirbel herauf gebildeten Curven der Wirbelsäule einer Leiche dar, welche bei festgestellten Schenkeln und Beschwerung des Atlasgelenkes mit einem dem Kopfgewicht annähernd gleichen Gewicht in aufrechter Stellung balancirend erhalten wurde, und zwar a bei unversehrtem Rumpf, b b nach Herausnahme der Bauch- und Brusteingeweide, c nach Herausnahme des Brustbeins. ad S. 104.
- Fig. 9. Der Coordinaten-Messer, dessen nähere Beschreibung S. 90 ff. gegeben ist.

## X.

## Studien über die physikalischen Bedingungen der aufrechten Stellung und der normalen Krümmungen der Wirbelsäule.

Von Dr. W. Parow in Berlin, bisher in Bonn.

Ein Beitrag zur Anatomie und Physiologie und zum Versuch einer wissenschaftlichen Begründung der Lehre von den Rückgratsverkrümmungen.

Zweiter Theil.

(Fortsetzung von S. 109.)

(Hierzu Taf. X.)

---

### Analyse der physikalischen Bedingungen der Gleichgewichtslage in der aufrechten Stellung des menschlichen Körpers.

**B**ei der aufrechten Stellung haben wir den Rumpf in solche Verhältnisse zu bringen, dass 1) der Körper in seiner Gesamtheit feststeht, 2) dass der Rumpf zu den Schenkelachsen in ein zweckmässiges Neigungsverhältniss tritt, 3) dass die Krümmungen der Wirbelsäule ein gewisses Maass nicht überschreiten. Diese Bedingungen lassen sich auf sehr verschiedene Weise erfüllen, und diese Vielfältigkeit begründet sich einerseits durch die Drehbarkeit des Rumpfes um die Hüftaxe, andererseits durch die grosse Biagsamkeit der Wirbelsäule, die sie grosser Gestaltveränderungen fähig macht. Dass der Körper feststeht, hängt von der Lage seines Gesamt-Schwerpunktes ab und wird in seinen wesentlichen Beziehungen im ersten Abschnitt dieser Betrachtungen behandelt werden. Dass der Rumpf auf der Hüftachse das für die aufrechte Stellung zweckmässige Neigungsverhältniss erhält, wird sich als abhängig erweisen von der Lage des Rumpf-Schwerpunktes gegen die Hüftachse, und im zweiten Abschnitt betrachtet werden. Die Erfüllung der dritten Bedingung, dass die Krüm-

mungen der Wirbelsäule ein gewisses Maass nicht überschreiten, wird besondere Betrachtungen nöthig machen, welche die Stellung des biegsamen Theils der Wirbelsäule gegen ihren mit dem Becken festverbundenen Theil zum Gegenstand haben, natürlich das Becken dabei innerhalb bestimmter Neigungsgrade fest gedacht, und werden wir diese Verhältnisse im dritten Abschnitt erörtern. Nach der Discussion der namhaft gemachten einzelnen Bedingungen werden wir die Vereinigung derselben zur Erzeugung der Aufrechtstellung des lebenden Körpers im vierten Abschnitt betrachten. Diesem fügen wir noch einen fünften Abschnitt hinzu, in dem wir das freie Aufrechtsitzen einer Erörterung unterziehen.

1. Die Gleichgewichtslage des ganzen Körpers über der Fussstützfläche.

Der menschliche Körper steht auf der von seinen Füßen umschlossenen Fläche, d. h. derjenigen Fläche, welche von den beiden äusseren Rändern der auf dem Fussboden ruhenden Sohlenflächen und den deren Endpunkte verbindenden geraden Linien begrenzt wird, in stabilem Gleichgewicht. So lange eine aus dem Schwerpunkt des Körpers herabfallende Senkrechte — die Schwerlinie — in diese Fläche trifft, wird der Körper aufrecht erhalten bleiben, fällt sie über die Grenze derselben hinaus, so muss er umfallen, und die äusserste Anspannung aller Muskelkräfte ist dann nicht im Stande, ihn aufrecht zu erhalten, sondern dies kann nur durch eine ihm von aussen gewährte Stütze geschehen, die mit seinen Füßen zusammen eine Stützfläche von grösserer Ausdehnung darbietet. Die Stabilität des Körpers wächst mit der Grösse der von den Füßen umschlossenen Stützfläche, während diese Grösse von der jedesmaligen Stellung der Füße abhängt. Beispielsweise wird unter den Stellungen, in welchen sich die Fersen berühren, diejenige die grösste Basis geben, bei welcher die Längsaxen der Sohlen auf einander senkrecht stehen, mithin die von den Füßen umschlossene Fläche ein rechtwinkliges Dreieck bildet. Es kann ferner die Grösse der Stabilität sich ändern mit der Lage des Punktes, in welchem die Schwerlinie die Basis trifft. Die Stabilität wird ferner bei einer und derselben

Lage dieses Punktes in verschiedenen Richtungen verschieden sein. Denn man bemisst bekanntlich die Stabilität eines mit einer Fläche auf einer Unterlage ruhenden Körpers nach der Grösse der Kraft, welche erforderlich ist, ihn über irgend eine der Seiten der Basis umzuwerfen, und es ist sonach ersichtlich, dass im vorliegenden Falle das Umwerfen über verschiedene Seiten hinaus eine verschiedene Kraft erfordert. Man kann deswegen nicht von einer Stellung sprechen, bei welcher die Stabilität schlechthin im Maximum ist, sondern nur von einer solchen, bei welcher die Stabilität in einer bestimmten Richtung ihr Maximum erreicht. Demnach wird man z. B., um sich gegen einen starken Wind möglichst festzustellen, die Füsse so postiren müssen, dass die von ihnen umschlossene Fläche in der Richtung des Windes möglichst ausgedehnt ist, und der Schwerpunkt über die dem Winde zugekehrte Spitze der Stützfläche fällt. Fragt man nach der sichersten Stellung, wenn man keiner Richtung der Kräfte, welche das Gleichgewicht stören können, den Vorzug gibt, also gleichzeitig auf alle Störungen gefasst sein will, so muss der Schwerpunkt des Körpers über dem Schwerpunkt der Stützfläche liegen\*). Eine solche Stellung, bei welcher natürlich Symmetrie aller Seitentheile vorausgesetzt wird, ist diejenige, welche wir als Grundstellung bei unseren Betrachtungen annehmen.

\*) Unter dem Schwerpunkt einer Fläche versteht man den Schwerpunkt eines dünnen homogenen Plättchens von der Form dieser Fläche. Beim Dreieck liegt der Schwerpunkt in der Verbindungslinie von der Spitze nach der Mitte der Basis, und zwar in dem Punkte, der doppelt so weit von der Spitze wie von der Basis entfernt ist. Ferner bei Parallelogrammen und solchen Paralleltrapezen, in denen die schiefen Seiten gegen die Parallelen gleich geneigt sind, liegt der Schwerpunkt im Durchschnittspunkt der Diagonalen. Bei Trapezoïden findet man den Schwerpunkt, wenn man dieselben durch eine Diagonale in zwei Dreiecke theilt, von jedem für sich die Lage des Schwerpunktes bestimmt, beide Punkte durch eine Gerade verbindet und diese nach dem Verhältniss der Grösse der beiden Dreiecke so theilt, dass der Abstand des Schwerpunktes jedes Dreiecks vom Theilungspunkte in umgekehrtem Verhältniss zu seiner Grösse steht. Dieser Theilungspunkt ist der Schwerpunkt des Trapezoïds.



## 2. Gleichgewichtslage des Rumpfes auf der Hüftaxe.

Der Rumpf balancirt um die Drehaxe des Hüftgelenkes auf den Schenkeln. Bei alleiniger Wirkung der Schwere würde zur Herstellung des Gleichgewichts daher der Schwerpunkt des Rumpfes genau senkrecht über jener Axe sich befinden müssen, falls diese eine vollkommen freie wäre. Wegen der Lage des Schwerpunktes über ihr würde daher das Gleichgewicht ein labiles sein, d. h. es würde bei der geringsten Störung aufgehoben werden. — Die Bewegung um die Axe ist aber nicht eine vollkommen freie, sondern dadurch beschränkt, dass die Masse der Weichtheile des Rumpfes mit der Masse der feststehenden Schenkel in Zusammenhang steht. Dieser Zusammenhang ist zwar kein unter sich fester, gibt aber doch einen merklichen Widerstand für die relative Bewegung des Rumpfes gegen die Schenkel. Der Widerstand wird gebildet durch die Cohäsion und Elasticität der den Zusammenhang bildenden Weichtheile, Muskeln, Fascien, Blutgefässe, Haut u. s. w. Besonders bemerkenswerth ist dabei noch die filamentöse Natur des Muskelgewebes, denn gerade die Spannung solcher Fäden ist ganz vorzüglich geeignet, eine sonst freie Bewegung zu hemmen\*).

\*) Welche Wirkung die Spannung solcher Fäden auszuüben und was selbst die Elasticität eines schwachen Spinnfadens vermag, um Bewegungen zu hemmen, sieht man aus einer Erscheinung, welche bei den Beobachtungen mit dem Gauss'schen Magnetometer öfter wahrgenommen wurde, und darin besteht, dass die Bewegungen eines horizontalen sechspfündigen Stabes, der an einem langen Bündel Coconfäden aufgehängt ist, und durch welche die magnetische Declination bestimmt wird, durch Einwirkung einzelner Spinnfäden, die eine Verbindung zwischen jenem schweren Stabe und den festen Seitenwänden des Gehäuses herstellen, so beeinträchtigt wurde, dass die Ablenkung der Stabrichtung, um welche die Oscillationen stattfinden, zuweilen bis auf 8 Minuten zunahm.

Ob die Muskelfaser einen eben so grossen Widerstand zu bieten vermöge, wie der Spinngewebefaden, wollen wir dahingestellt sein lassen. Nach Ed. Weber's Untersuchungen (Wagner's Handwörterb. d. Physiol. Bd. III. Abthl. 2. S. 108) besitzen die Muskeln im lebenden Körper eine nur geringe, wengleich sehr vollkommene Elasticität. Es kommt hier aber die grosse Menge der Fasern in Betracht; und dass die Elasticität der Muskelfasern

Es muss deshalb die Gleichgewichtslage des Rumpfes auf der Drehungsaxe des Hüftgelenkes als eine innerhalb gewisser Grenzen stabile aufgefasst werden und das um so mehr, als nur nach der Beugeseite die Drehungen um die Hüftaxe freier, dagegen nach der Streckseite hin durch Spannung des starken Ligam. ilio-femorale beschränkt sind, an dieser aber das Gewicht der Muskelmasse gegen das der Beugeseite in einem Verhältniss von ungefähr 3 zu 2 steht\*), während wegen der durchschnittlich grössern Länge der Beugemuskeln die Fasermenge noch ungleich mehr zu Gunsten der Streckmuskeln ausfällt. Da nun selbstverständlich der Widerstand gegen die freie Drehung auf der Seite am grössten ist, wo die grösste Menge von Muskelfäden sich befindet, also gerade der Beugung nach vorn gegenüber, so ergibt sich, dass bis zu einer bestimmten Grenze eine Drehung ausgeführt werden kann, ehe es nöthig wird durch vitale Muskelaction der Störung des Gleichgewichts vorzubeugen.

Als Kräfte, welche die Gleichgewichtslage des Rumpfes um die Hüftaxe bestimmen, dürfen wir, abgesehen von der in extremen Streckungen eintretenden Bänderspannung, das auf den Schwerpunkt des Rumpfes wirkende Körpergewicht einerseits, und die unbewusst willkürliche Muskelcontraction andererseits auffassen. Die Resultirende dieser Kräfte müsste bei vollkommen freier Drehung genau durch die Axe derselben selbst gehen. Bei der thatsächlich unfreien Drehung dagegen darf sie sich so weit von der Drehungsaxe entfernen, als die Grenze reicht, innerhalb welcher die oben gedachten Cohäsionskräfte eine Drehung gestatten. Der Richtung jener Resultirenden ist also durch die Cohäsions-

doch nicht sehr unerheblich sei, geht aus der bekannten Erscheinung des starken Zurückziehens durchschnittener Muskeln hervor. — Wie sehr übrigens der Widerstand der Weichtheile im Allgemeinen die sonst freie Bewegung gerade am Hüftgelenk beschränkt, ergibt sich daraus, dass die Gebr. Weber (Mechanik der Gehwerkzeuge S. 147) den Umfang der Beugung und Streckung des Hüftgelenks am Skelet mit 139°, am lebenden Menschen dagegen mit nur 86° bestimmten.

\*) Vgl. Weber's Mechanik der Gehwerkzeuge S. 213 und H. Meyer in Müller's Archiv 1853. S. 17.

kräfte ein gewisser Spielraum gestattet, und es tritt innerhalb desselben Stabilität ein, deren Grösse von dem Widerstand abhängt, den die Cohäsionskräfte der Drehung entgegensetzen. Innerhalb dieser Stabilitätsgrenze kann also die Gleichgewichtslage des Rumpfes um die Hüftaxe erhalten bleiben, während doch den Muskeln so lange Ruhe vergönnt bleibt, als keine diese Stabilitätsgrenze überschreitenden Störungen der Gleichgewichtslage eintreten.

Je weiter wir in der physiologischen Beobachtung vorschreiten, um so mehr finden wir überall die Muskelactionen durch physikalische Hülfsmittel unterstützt, die willkürlichen Muskelcontractionen hauptsächlich als Bewegungscomponenten für die Stellungsveränderungen des Körpers und seiner Theile, und dabei als stets bereite Wächter gegen äussere Kräfte, welche die aus physikalischen Componenten resultirende Gleichgewichtslage zu stören streben, in die Erscheinung treten, wie es der physiologischen Thatsache entspricht, die uns eine baldige Erlahmung der Muskelkräfte bei anhaltender Thätigkeit ohne Ruhepunkte erkennen lässt.

Bei einer möglichst ungezwungenen Stellung werden sich die Verhältnisse daher von selbst so gestalten, dass der Muskelthätigkeit möglichst wenig zur Last fällt. Hiernach würde allerdings eine solche extreme Stellung als die bequemste erscheinen können, bei welcher Bänderspannung die Bewegung hemmt, wenn nicht mit dieser Stellung eine unbequeme Anspannung der an der Beuge-seite gelegenen Weichtheile verbunden wäre. Soll nun dennoch mit Ausschluss jener durch Bänderspannung bedingten Ruhelage der Muskelthätigkeit möglichst wenig Kraftaufwand zugemuthet werden, so wird die oben gedachte Resultirende sich fast auf die Schwerkraft reduciren müssen, d. h. es wird die Schwerlinie sich nicht über die erwähnten Grenzen hinaus von der Hüftaxe entfernen dürfen, und damit die Stabilität innerhalb dieser Grenzen möglichst gross sei, wird das Moment der Schwere ein möglichst geringes sein müssen, damit es der Muskelkraft leicht werde, die Resultirende wieder in jene Grenzen zurückzuführen. Dieser Effect wird aber dann begünstigt, wenn die Schwerpunkte des Kopfes und des Rumpfes möglichst nahe in dieselbe Verticale fallen.

Die Versuche haben mit der grössten Constanz darauf ge-

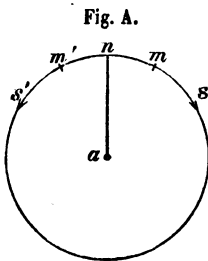
führt, dass das Atlasgelenk in der ungezwungen aufrechten Stellung nahezu senkrecht über der Hüftaxe sich befindet. Befindet sich also, wie es bei der aufrechten Kopfstellung ohne Zweifel der Fall ist, der Kopfschwerpunkt über dem Atlasgelenk, so nimmt derselbe die höchste Stelle ein, welche er einnehmen kann, wenn man, unter übrigens gleichen Verhältnissen die Neigungen der oberen Halswirbel verändert. Ganz dasselbe findet Statt mit dem Schwerpunkt des Oberleibes und des Unterleibes, d. h. auch diese nehmen ihre grösstmögliche Höhe ein, wenn sie senkrecht über der Hüftaxe stehen, verglichen mit denjenigen Stellungen, in denen die Neigungen der nächst tieferen Wirbel geändert worden sind. Es wird folglich die Gesamthöhe des Menschen zum Maximum, wenn die Partialschwerpunkte der verschiedenen Rumpfteile jeder für sich in der Vertikalebene liegen. Beachtet man nun noch die Bedingung, dass die Krümmungen der Wirbelsäule möglichst gering sein sollen, so wird man annehmen können, dass in unserer ungezwungenen Aufrechtstellung die Höhe der Person ihr Maximum, verglichen mit allen übrigen Stellungen, erreicht. Es wäre deshalb wohl angemessen, dieses Merkmal in die Definition der wahren aufrechten Stellung aufzunehmen, die man dann zum Unterschiede von der als ungezwungen charakterisirten, die mathematische Aufrechtstellung nennen und als diejenige definiren könnte, welche bei möglichst geringen Krümmungsverhältnissen den Menschen in seiner grössten Höhe erscheinen lässt. Daraus würde dann von selbst folgen, weil die Krümmungen sich in den verschiedenen Aufrechtstellungen verhältnissmässig wenig ändern, dass die Partialschwerpunkte genau senkrecht über der Hüftaxe stehen. Da in der That bei der ungezwungenen Aufrechtstellung, in der nicht bloß die Muskelthätigkeit im Minimum ist, sondern auch die Spannungen der Weichtheile sich auf ein Minimum zu reduciren scheinen, der Kopfschwerpunkt in die mehrgedachte Vertikalebene fällt, und soweit sich beurtheilen lässt, auch die Schwerpunkte des Ober- und Unterleibes dieser Ebene sehr nahe sind, so ist es sehr wahrscheinlich, dass die mathematische Aufrechtstellung mit der früher definirten ungezwungenen Aufrechtstellung identisch ist. Es findet dies auch eine Bestätigung darin, dass in allen von mir

angestellten Messungen wirklich die Höhe des Atlasgelenkes in der ungezwungenen Aufrechtstellung grösser gefunden wurde, als in den anderen damit verglichenen. Namentlich ist die militairische keine wahre Aufrechtstellung, weil bei ihr der Kopfschwerpunkt erniedrigt erscheint. Wegen des Zurückziehens der Schultern musste der Kopf vorgeschoben werden, der Atlas also einen sinkenden Kreisbogen nach vorn beschreiben\*).

- \*) Für Leser, welche mit mechanischen Vorstellungen nicht vertraut genug sind, mögen folgende Erläuterungen hier eine Stelle finden.

Wenn auf einen Punkt  $m$  eines um eine Axe drehbaren Körpers eine Kraft wirkt, so versteht man unter dem Moment (statischem Moment oder Drehungs-Moment) der Kraft bezogen auf jene Axe: das Zahlenprodukt, welches entsteht, wenn man die Grösse der Kraft mit dem sogenannten Hebelarm, oder besser gesagt Momentenarm multiplicirt, während unter diesem Momentenarm der senkrechte (kürzeste) Abstand der Drehaxe von der Krafrichtung zu denken ist, d. h. von der Richtung derjenigen geraden Linie, in welcher die Kraft den Punkt  $m$  bewegen würde, wenn er vollkommen frei, und namentlich in keinem Zusammenhang mit der Axe stände. — Das Moment drückt, wie die Mechanik lehrt, die Stärke aus, mit welcher die Kraft den Punkt  $m$  um die Axe zu drehen strebt. Demnach hat z. B. eine Kraft von 8 Pfund bei einem Momentenarm von 2 Cm. dieselbe Wirkung, wie eine Kraft von 4 Pfund bei einem Momentenarm von 4 Cm., oder eine Kraft von 16 Pfund bei einem Momentenarm von 1 Cm., weil das Moment in allen 3 Fällen = 16 ist, wofern nur alle 3 Kräfte in demselben Sinne zu drehen streben, und zwar ist die Wirkung 16mal so gross, wie bei einer Kraft von 1 Pfund mit einem Momentenarm von 1 Cm. — deren Wirkung sonach die Einheit der Drehungsstärke repräsentirt.

Ist die auf einen starren Körper wirkende Kraft die Schwere, so dass also jedes der unendlich vielen Atome desselben von einer Kraft angegriffen wird, deren Richtung vertical von oben nach unten geht, so kann man bekanntlich, ohne dadurch an der Bewegung etwas zu ändern, alle die unendlich vielen Kräfte ersetzen durch eine einzige Kraft, welche den Schwerpunkt des Körpers angreift, und deren Grösse gleich der Summe der Grössen aller dieser Kräfte ist, während diese Grösse sich durch das Gewicht des Körpers ausdrückt.



Bezeichnet nun in Fig. A.  $m$  den Schwerpunkt eines Körpers, und steht derselbe in solcher Verbindung mit einer festen Axe  $a$ , dass er seine Entfernung von derselben nicht ändern kann, so kann er keine andere Bewegung aus-

### 3. Gleichgewichtslage der Wirbelsäule auf dem Becken wie der einzelnen Wirbelbeine und der einzelnen Wirbelsäulen-Segmente übereinander.

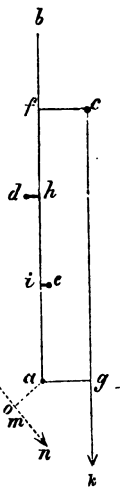
Als Grundlage des Aufbaues des Rumpfes dient das Becken mit der Wirbelsäule, deren unterer absteigender Theil, das Kreuz-

führen, als in einem Kreise, dessen Centrum auf  $a$  liegt. Da ihn nun die Schwere zu senken trachtet, so wird er sich, statt in gerader senkrechter Richtung auf dem absteigenden Theil des Kreisbogens bewegen, also — wenn  $n$  der höchste Punkt des Kreises ist — in der Richtung von  $m$  nach  $s$ . Die Stärke der Drehung drückt sich dabei in der Zahl der Grade des Kreissegments aus, das in einem kleinen Zeitraum von bestimmt gegebener Dauer beschrieben wird. Läge dagegen der Schwerpunkt in  $m'$ , so würde er sich in der Richtung nach  $s'$  bewegen, also eine Drehung in entgegengesetzter Richtung veranlassen.

Wären mehrere zusammenhängende Körper vorhanden, die um die Axe  $a$  drehbar sind, und befände sich der Schwerpunkt des einen in  $m$ , der des anderen in  $m'$ , so würden sich beide nach entgegengesetzter Richtung zu drehen streben, und wenn man diese Richtungen durch die Prädicate rechts und links unterscheiden will, wird man, wie es auch in der Mechanik gebräuchlich, passend von rechts drehenden und links drehenden Kräften sprechen können. Befände sich der Schwerpunkt in  $n$ , also senkrecht über  $a$ , so würde gar keine Drehung stattfinden, weil das Bestreben nach rechts und nach links sich zu bewegen gleich gross wäre.

Jetzt stelle in Fig. B. die Papier-Ebene die Profil-Ebene eines menschlichen Körpers vor,  $a$  den Punkt, durch welchen die Hüftaxe geht, und  $ab$  die (verticale) Linie, in welcher die durch die Hüftaxe gehende Vertical-Ebene die Profil-Ebene schneidet. Ferner möge  $c$  den Schwerpunkt des Kopfes,  $d$  den des Oberleibs mit den Armen, und  $e$  den des Unterleibs bezeichnen. Die Verticallinie  $ck$  stellt die Richtung der auf  $c$  wirkenden Schwerkraft dar, also das Perpendikel  $ag$  den zugehörigen Momentenarm. Für  $ag$  kann man bequemer das gleich lange Perpendikel  $cf$  setzen, welches die senkrechte Entfernung des Schwerpunkts  $c$  von der Vertical-Ebene  $ab$  angibt. Ist nun das Kopfgewicht etwa 10 Pfund und  $fc = 6$  Cm., so wird das Moment der auf den Kopf wirkenden Schwere ein rechtsdrehendes von der Grösse  $10 \times 6 = 60$ . Hat ferner der Oberleib ein Gewicht von 40 Pfund und ist  $dh = 2\frac{1}{2}$  Cm., so hat die auf den Oberleib wirkende Schwere ein links drehendes von der Grösse von  $40 \times 2\frac{1}{2} = 100$ . Hat endlich der Unterleib ein Gewicht von 30 Pfund und ist der zugehörige Momentenarm  $ei = 1$  Cm., so wird das corre-

Fig. B.



bein, nahezu unbeweglich mit dem Becken verbunden ist, und deren aufsteigender Theil eine eigenthümliche Gliederung zeigt.

spondirende Moment ein rechtsdrehendes von der Grösse 30. Wären nun die Schwerpunkte c, d und e unter sich fest verbunden, d. h. wäre das durch sie bestimmte Dreieck von unveränderlicher Form, so dass, wenn z. B. c sich wirklich in seinem Kreise um a um eine bestimmte Anzahl Grade oder Gradtheile dreht, sich d und e in ihrem Kreise um ebenso viel Grade oder Gradtheile in demselben Sinne mitdrehen müssen — welche Bedingung man auch hier als erfüllt annehmen kann, wenn man nur den ersten Augenblick der beginnenden Drehung oder vielmehr die beginnende Drehung betrachtet, worauf es hier allein ankommt — so würde jeder der 3 Punkte alle 3 Drehungen zugleich auszuführen streben, d. h. diese Punkte würden gleichzeitig (und somit der ganze Rumpf mit dem Kopf) sich mit den Momenten 60 und 30 nach rechts, und mit dem Moment 100 nach links zu drehen streben, folglich, weil nach links ein Ueberschuss von 10 ist, effectiv eine Drehung von der Stärke 10 nach links erfolgen. Wäre dagegen d h nicht =  $2\frac{1}{2}$  Cm., sondern =  $2\frac{1}{4}$ , so würden die Drehungen nach rechts und links dieselbe Stärke 90 haben und der Körper würde in Ruhe bleiben, d. h. im Gleichgewicht sich befinden.

Hierbei war vorausgesetzt, dass der Rumpf mit dem Kopf frei um die Axe a drehbar sei. Dies ist in Wirklichkeit nicht der Fall, da der Rumpf mit den Schenkeln durch Weichtheile verbunden ist. Um sich von deren Einfluss einen Begriff zu machen, denke man sich beispielsweise unter m n ein vom Becken nach einem Schenkel gehendes Muskelbündel, welches bei der betrachteten Stellung des Körpers eine gewisse Spannung angenommen hat; man denke ferner, dass sich dieses Bündel in Folge der Spannung in Vergleich mit seinem ungespannten Zustande um eine gewisse Grösse verlängert habe, und dass man, wenn es bei n losgeschnitten würde, ein Gewicht von  $\frac{1}{10000}$  Pfund anhängen müsste, um dieselbe Verlängerung hervorzubringen, so kann man  $\frac{1}{10000}$  Pfund als Maass der Spannung des Bündels in der betrachteten Stellung ansehen, und man kann, ohne an der Rumpfstellung etwas zu ändern, das Bündel ganz beseitigt denken, wenn man an m eine Kraft von der Grösse von  $\frac{1}{10000}$  Pfund in der Richtung von m nach n wirken lässt. Ist dann das von a auf m n gefällte Perpendikel a o = 2 Cm., so wäre die Bündelspannung äquivalent mit einer links drehenden Kraft vom Momente  $\frac{2}{10000}$ . Wäre das Bündel m n nicht in einem ausgedehnten, sondern in einem comprimierten Zustande, so bekäme man eine Spannung von entgegengesetzter Richtung. Liesse sich nämlich die wirklich stattfindende Compression auf das getrennte und passend befestigte Bündel durch einen Druck künstlich erzeugen, so kann man annehmen, der Rumpf drücke auf m in der Richtung von m nach n mit einer Kraft von  $\frac{1}{10000}$  Pfund. Befindet sich nun der Rumpf in Ruhe, so muss derselbe in m einen ebenso starken Gegen-

Die bis zu einem gewissen Grade gegen einander beweglichen Glieder derselben sind miteinander verbunden, am innigsten durch die Intervertebralscheiben, nächst dem durch das vordere und hintere Längsband und die die Wirbelbogen mit einander verbindenden und die Gelenkflächen der schiefen Fortsätze in festem Contact haltenden gelben Bänder, dann durch die von Wirbel zu Wirbel

druck Seitens des Muskels erfahren, weil sonst der Punkt  $m$  am Rumpf eine Bewegung machen würde; es drückt also die Bündelspannung in  $m$  auf den Rumpf in der Richtung von  $m$  nach  $o$ , und zwar mit der Stärke von  $\frac{1}{1000}$  Pfund und wiederum an den Momentenarm  $a o = 2 \text{ Cm.}$ , wirkt folglich gleich einer rechts drehenden Kraft mit dem Moment  $\frac{1}{1000}$ . Das Bündel kann man sich dabei wieder gänzlich beseitigt denken, wenn man bei  $m$  eine Kraft von der bezeichneten Grösse und Richtung substituirt. Stellt man sich nun vor, man habe auf solche Weise die Spannungen sämtlicher Weichtheile durch Kräfte ersetzt (wobei man dann die Weichtheile, welche Rumpf und Schenkel mit einander verbinden sollen, fortzudenken hat, so dass der Rumpf als frei beweglich um die Axe  $a$  erscheint) und deren Momente ermittelt: so hat man nur die rechts und links drehenden Spannungsmomente von einander zu subtrahiren, um den Gesamteffect des Zusammenhanges mit den Weichtheilen zu erhalten. Fände man, dass die linksdrehenden Spannungsmomente die rechtsdrehenden um 30 übertreffen, so würde in dem zuerst gewählten Beispiel der Zusammenhang der Weichtheile die durch den Einfluss der Schwere erstrebte Drehung um 30 nach rechts eben vollständig verhindern und ein Gleichgewicht herstellen. Wäre das resultirende Moment der sämtlichen (passiv gedachten) verbindenden Weichtheile grösser oder geringer, so dass eine Compensation nicht einträte, so würde man durch willkürliche Muskelcontractionen meist die Grösse der Spannungen so abändern können, dass die Compensation wieder vollständig wird, und man hätte demnach im erstern Fall eine Ruhestellung durch Hülfe des passiven Einwirkens der Weichtheile, im letztern Fall durch passive und active Mithülfe der Weichtheile hervorgebracht.

Wenn die Körperstellung eine solche ist, dass die Ruhelage schon allein durch die Schwere hervorgebracht sich denken lässt, d. h. dass die rechts und links drehenden Momente der Schwere einander gleich sind, so müssen die verbindenden Weichtheile entweder neutral, d. h. ganz in spannungslosem Zustande sein, oder es müssen sich ihre links und rechts drehenden Momente gleichfalls einander aufheben. Ob eine Stellung der ersten Art (eine Stellung mit völliger Spannungslosigkeit) möglich ist, wollen wir hier nicht weiter erörtern, wohl aber darf es als wahrscheinlich gelten, dass man bei einer Ruhestellung, bei der man gar keine Unbequemlichkeit oder Anstrengung empfindet, einem solchen Zustande sehr nahe ist.



gehenden Muskeln und Bänder, und am entferntesten endlich durch die übrigen benachbarten Weichtheile, welche den Rumpf zu einem Continuum machen. Durch diese Gliederung ist die Wirbelsäule einer grossen Mannigfaltigkeit von Formen fähig, in deren Folge hinwiederum die Schwerpunkte der einzelnen Rumpfteile eine gleiche Mannigfaltigkeit von verschiedenen Stellungen annehmen. Die besondere Form, welche die Wirbelsäule in einem gegebenen Fall annimmt, hängt von der Lage der Partialschwerpunkte ab, und wird dann in erster Linie von den Intervertebralscheiben und danach in der oben angegebenen Rangfolge von den anderen Verbindungsmitteln bestimmt. Bisher hat man den Intervertebralscheiben und den gelben Bändern eine zu ausschliessliche Rolle zuertheilt, und andererseits die Schwere zu wenig berücksichtigt, am wenigsten aber auf die Variationen in der Stellung der Partialschwerpunkte geachtet.

Denken wir zunächst die Eingeweide und den Kopf beseitigt, um an die Leichenexperimente mit isolirter Wirbelsäule und anhängendem Thorax anzuknüpfen, und fragen nach den Verhältnissen, unter denen eine Aufrechthaltung stattfindet.

Betrachten wir zu dem Ende die Biegungsverhältnisse an einer beliebigen Stelle der Wirbelsäule, und zwar zuerst an einem Paare benachbarter freier Wirbel, etwa an einem Lendenwirbelpaare, von denen wir den unteren des gewählten Paares als Basis und fest denken dürfen. Die diese bedeckende Intervertebralscheibe steht dann unter dem Druck des mit den oberen Rumpfteilen belasteten oberen Wirbels, und zwar kann dabei die Schwerlinie dieses Rumpfteiles entweder die genannte Basis treffen oder nicht.

Trifft die Schwerlinie die Basis nicht, und geht sie etwa vorn vor derselben vorbei, so wird sich die obere Wirbelsäule um die vordere untere Kante unseres oberen Wirbelkörpers zu drehen streben, diese Kante wird die darunter liegende Stelle der Intervertebralscheibe bis zu einem Maximum comprimiren, bis der durch die Compression vermehrte Widerstand dem Druck das Gleichgewicht hält, und der hintere Rand des oberen Wirbelkörpers wird sich im umgekehrten Verhältniss zur Compression der Vorderseite der Intervertebralscheibe und soweit abheben, bis der mit dem

Abheben wachsende Widerstand der gelben Bänder und der hinter den Wirbelkörpern liegenden Weichtheile die Weiterdrehung hindert. Das Maass der Drehung, also die Stärke der Umbiegung der Wirbelsäule an dieser Stelle wird bei gegebener Resistenz dieser Weichtheile offenbar wachsen mit dem Gewicht des oberen Rumpfteiles, und mit der Entfernung seiner Schwerlinie von den Wirbelkörpern, d. h. mit dem Moment der Schwere dieses Rumpfteiles. — Geht die Schwerlinie hinter den Wirbelkörpern herab, so kommt es zu einer analogen Drehung um die hintere Kante des oberen Wirbels, doch findet die Drehung bald ihre Grenze in dem Knochencontact der Wirbelbogen mit den Fortsätzen. —

Denken wir uns dagegen die Schwerlinie durch die Basis hindurchgehend, so wird eine Drehung um eine der beiden Kanten des oberen Wirbels ausbleiben, und wenn wir der Einfachheit wegen die Basis als horizontal voraussetzen, wird eine einfache Compression der Intervertebralscheiben ohne Umbiegung der Säule an dieser Stelle stattfinden, sobald die Schwerlinie durch das Centrum des Syndesmosenkerns geht, weil dann rings um dieselbe die Widerstände in gleichen Abständen einander gleich sind. Fällt sie aber vor oder hinter das Centrum des Syndesmosenkerns herab, so wird, da die Resistenz in der Richtung des Durchmessers dieses ellipsoidisch zu denkenden Kerns am grössten ist, eine je nach der Entfernung der Schwerlinie vom Centrum nach der Kante hin mehr oder weniger schwache Umbiegung um eine Queraxe erfolgen, die durch denjenigen Punkt geht, in welchem die untere Fläche des oberen Wirbels von der Schwerlinie getroffen wird. Die auf der einen Seite dieser Queraxe liegenden Wirbelpunkte sinken tiefer in die Intervertebralscheiben, die auf der anderen Seite werden durch den Syndesmosenkern hinaufgedrängt. Diese Drehung ist zwar eine verhältnissmässig viel schwächere, wie die oben besprochene Drehung um die Kanten, aber die, wenn auch Anfangs schwache Umbiegung transplacirt, in Folge des Verwachsenseins der Intervertebralscheiben mit der Basis, den Schwerpunkt des oberen Rumpfteils, erzeugt also eine weitere Entfernung der Schwerlinie und damit eine weitere Umbiegung, die namentlich, wenn damit ähnliche Verhältnisse in den höher liegenden

Wirbeln verbunden sind, ein völliges Heraustreten der Schwerlinie und damit eine vollständige Umbiegung mit Drehung um die Wirbelkanten, wie sie oben erörtert, zur Folge haben kann \*).

Aus dieser Betrachtung ist die bei den Leichenexperimenten hervortretende auffallend geringe Stabilität der isolirten Wirbelsäule vollkommen erklärlich. Zugleich sieht man, dass an Stabilität etwas gewonnen wird, wenn man den Rumpf beschwert, es wird nämlich dadurch der Druck auf die Intervertebralscheiben und damit die Compression vergrössert und die Resistenzverschiedenheiten gleichen sich dadurch etwas aus.

Nehmen wir statt eines Lendenwirbelpaares ein Brustwirbelpaar, so ändern sich die Verhältnisse nur dahin ab, dass die Biegungen viel geringer werden, erstlich wegen des geringeren Gewichts des darüberliegenden Rumpftheils, zweitens weil die Intervertebralscheiben ungleich niedriger wie an den Lendenwirbeln sind, und drittens ganz besonders, weil zu den bisher betrachteten Verbindungen zwischen den Wirbeln noch die Verbindung mittelst der Rippen hinzukommt, die ihrerseits wieder durch den Anschluss an das Brustbein einen grossen Widerstand gegen Formveränderungen leisten, und die auf den Brustwirbeln ruhende Last über das ganze Segment derselben vertheilen.

Die Gesamttform der Wirbelsäule ist nun offenbar das Resultat der einzelnen Biegungen der aufeinander folgenden Wirbelpaare. Bestimmt man die auf die beschriebene Weise entstehenden Biegungen der einzelnen Wirbelpaare, so erhält man die Form, welche die Wirbelsäule in ihrer Gesamtheit darbietet. Wir sehen hieraus, welchen Einfluss eine gegenseitige Verschiebung der Rumpfteile auf die Gestaltung der Wirbelsäule haben muss und wie namentlich Aenderungen in der Lage der auf dem obersten

\*) Denkt man sich die Basis nicht genau horizontal, so ändert sich das geschilderte Verhältniss nur in soweit ab, dass, falls eine reine Compression ohne Drehung stattfinden soll, die Schwerlinie dann nicht mehr genau durch das Centrum des Syndesmosenkerns gehen kann, sondern sehr nahe dabei in diejenige Verticalrichtung fallen muss, um welche die Widerstände symmetrisch vertheilt sind. Auch wird der Zeitpunkt, wo die Schwerlinie aus der Basis austritt, bei erheblicher Schiefe der Basis, wie bei der oberen Fläche des Kreuzbeins früher eintreten, wie bei horizontaler Basis.

Theil der Wirbelsäule ruhenden Last, also des Kopfes oder diesen ersetzender Gewichte die Form der Wirbelsäule selbst innerhalb des Bereiches der Aufrechtstellung werden abändern könnten (vergl. die Züricher Leichenversuche). Immer aber wird, wenn die Aufrechthaltung des von den Eingeweiden abgesonderten Rumpfes bewahrt bleiben soll, die Biegungen also das dazu erforderliche Maass nicht überschreiten sollen, entweder jeder Wirbel von der Schwerlinie der darüberliegenden Rumpfteile getroffen werden, oder dieselbe hinter ihn herabgehen müssen, wo durch den Knochencontact das Maass der Biegungen beschränkt ist.

Lassen wir jetzt wiederum die Eingeweide hinzutreten. Der Thorax gewinnt einerseits an Gewicht durch die Brusteingeweide, und die Drehungsmomente werden aus diesem Grunde und durch das Verschieben des Brustschwerpunktes grösser, andererseits aber wird der Thorax, da er mittelst des Zwerchfells auf den Baueingeweiden ruht, während diese von dem Becken und den die Bauchhöhle umschliessenden Muskeln getragen werden, von den Baueingeweiden getragen. Hat also der Thorax in Folge des Vortretens der Schwerlinie des Oberkörpers sich soweit gesenkt, bis der Widerstand der Eingeweide das weitere Sinken seines Schwerpunkts hindert, so hört die weitere Veranlassung zu den Umbiegungen in den Lendenwirbeln auf und zur Aufrechthaltung des Rumpfes ist dann nicht mehr nöthig, dass die Schwerlinien der resp. oberen Rumpfteile durch die betreffenden Wirbelbasen gehen, wofern nur dafür gesorgt ist, dass der Schwerpunkt des belasteten Unterleibes selber durch die Beziehungen zur festgedachten Hüftaxe vor dem Sinken bewahrt wird. Hiernach darf es uns nicht mehr überraschen, wenn wir die Schwerlinie des Kopfes und Rumpfes bei der aufrechten Stellung meist vor dem Promontorium vorbeigehen sehen, und die Lage desselben, der man bisher in der Mechanik des menschlichen Körpers eine grössere Wichtigkeit beilegen mochte, weil sie die Lage des Gesamtschwerpunktes des Körpers zu bezeichnen geeignet ist, und sie der Verticalen durch die Hüftaxe sehr nahe sich bewegt, verliert dadurch an Bedeutung.

Die Neigungen des Rumpfes nach hinten werden durch den

beim Hinzutritt der Baueingeweide wachsenden Widerstand der gespannten Bauchmuskeln und den des festen, gegen 2 Linien dicken fibrösen Streifen der Linea alba, an den sie sich anschliessen, beschränkt.

Betreffs der Vergleichung der Formen der Wirbelsäule für einen gegebenen Fall bei Leichen und am lebenden Körper darf man nie vergessen, dass abgesehen von der fehlenden Mitwirkung der Muskelcontraction Verschiedenheiten bestehen müssen, welche daher kommen, dass die Cohäsion und besonders die Elasticitätsverhältnisse im lebenden Körper andere sind wie im toden. Diese Unterschiede ändern in den allgemeinen Betrachtungen nichts, da sie nur die Grösse der Widerstände, also den Grad der Umbiegungen betreffen. Volle Formenübereinstimmungen dürfen daher nicht erwartet werden, aber die Natur und die Bedingungen der Formänderungen bleiben dieselben. Nur so viel mag bemerkt werden, dass die Stabilität beim lebenden Körper jedenfalls grösser ausfallen wird, als im toden Zustande. Der Widerstand, der durch den Zusammenhang der Weichtheile den Beugungen und Streckungen entgegengesetzt wird, wird nämlich bei Lebenden grösser sein wegen der grösseren Festigkeit aller Gewebelemente unter dem Einflusse der Innervation und des Stoffwechsels, der grösseren Starrheit der Gefässe unter dem Blutdruck, der vollkommeneren Elasticität des Muskelgewebes unter dem Einfluss der Lebenswärme, der Begünstigung der hygroskopischen Beschaffenheit des Gallertkerns der Intervertebralscheiben durch die Säftezufuhr u. s. w.

4. Analyse der Wirbelsäulenformen, wie sie bei der aufrechten Stellung des Körpers im Leben beobachtet wird.

Blicken wir nun zurück auf die im zweiten Capitel betrachtete Bedingung des zwanglosen Aufrechtstehens, nämlich dass die Schwerpunkte des Kopfes des Ober- und Unterleibes in der Nähe der durch die Hüftaxe gehende Vertikalebene bleiben sollen, so wird man folgern dürfen, dass wenn man z. B. von irgend einer aufrechten Stellung ausgehend den Kopf etwas vor- oder zurückbewegt, man unbewusst gleichzeitig dem entsprechend auch Aenderungen in der Lage des Brust- und Unterleibsschwerpunktes

vornehmen werde, um diese Bedingung so weit es möglich erfüllt zu erhalten, ja dass man bei starken Kopfbewegungen auch unwillkürlich die Hüftaxe vor- oder zurückschieben werde, dabei die Beckenneigung verändern, und somit schliesslich eine geänderte Aufrechtstellung mit einer entsprechend geänderten Wirbelsäulenform erhalten werde. Aehnliches wird bei Vor- oder Rückbewegungen der Brust, Veränderungen der Lage des Schultergerüsts mit den Armen, bei Einziehung des Bauches u. s. w. stattfinden. Solche Verhältnisse sind es, die wir bei den Untersuchungen an lebenden Individuen in verschiedenen Aufrechtstellungen beobachten, und Aehnliches sahen wir auch bei den Züricher Leichenexperimenten eintreten. Dass die angenäherte Coincidenz der Partialschwerpunkte des Rumpfes in der durch die Hüftaxe gehenden Vertikalebene übrigens nur Bezug hat auf die ungezwungenste Aufrechtstellung, braucht wohl kaum noch hinzugefügt zu werden. Bei anderen Aufrechtstellungen, wo die Muskelthätigkeit in grösserer Stärke mitzuwirken hat, können sich die Partialschwerpunkte erheblich von jener Ebene entfernen, ja mit einigem Zwang können wir den Gesamtschwerpunkt des Rumpfes aus ihr heraustreten lassen, wie dies auch geschieht, wenn bei Zurücklehnung das Ligamentum superius das Hintenüberfallen hemmt und damit dann auch wieder die Thätigkeit der Muskeln ausgelöst wird. Auch bei ungezwungenen Stellungen werden daher die Partialschwerpunkte einzelner Rumpfteile ohne Gefährdung der Aufrechterhaltung des ganzen Rumpfes auseinanderfallen können, wenn der Widerstand der Cohäsionskräfte so weit in Wirksamkeit tritt, dass die Weiterbewegung eines Theiles gegen den anderen gehemmt wird, z. B. der Kopf so weit gebeugt wird, dass die Widerstände der vorderen und hinteren Weichtheile, dem Drehungsmoment des Kopfgewichts äquivalent sind.

Zur Illustration des Gesagten wollen wir nun noch die besonderen Verhältnisse vor Augen führen, die sich uns bei der Beobachtung an Lebenden ergeben haben.

Betrachten wir zuerst die Form der Wirbelsäule, wie sie sich bei meinen Versuchspersonen in der ungezwungen aufrechten Stellung dargeboten hat. In den meisten Fällen zeigte sie mit grosser

Uebereinstimmung die Form Fig. 1, welche mit der Fig. 3 des ersten Theils dieser Abhandlung übereinstimmt, in einem besonderen Fall die Form Fig. 1 a. Nehmen wir die erstere Form als die, wie es schien, regelrechtere, so sehen wir zuerst, dass übereinstimmend mit unseren Voraussetzungen die durch die Hüftaxe gehende Vertikale, welche wir die Trochanterlinie nennen wollen, durch den Atlas geht, also, wenigstens sehr nah, den Kopfschwerpunkt in sich aufnimmt. Die Trochanterlinie trifft dann die Linie der vorderen Fläche der Wirbelkörper in drei Punkten, nämlich: 1) in einem der untersten Hals- oder obersten Brustwirbel, 2) in einem der unteren Brustwirbel, und 3) in dem fünften Lendenwirbel, das Promontorium hinter sich lassend. Die Concavität zwischen dem ersten und zweiten Durchschnittspunkt würde diejenige sein müssen, bei welcher der Schwerpunkt des Brusttheils des Rumpfes in der Trochanterebene liegt, und zwar auch dann, wenn wir den Oberleib uns mit Hinweglassung der Arme denken, weil in der That das vom Atlasgelenk durch die Hüftaxe gehende Loth parallel der Mitte des herabhängenden Armes verlief, also der Schwerpunkt der Arme für sich allein gleichfalls schon in der Trochanterebene lag. Ebenso muss das von der Trochanterlinie abgeschnittene Segment der Lendenwirbelkrümmung uns als dasjenige erscheinen, bei welchem der Schwerpunkt des Unterleibes in oder sehr nahe der Trochanterebene liegt. Wenden wir dieselben Schlüsse auf die Stellung in Fig. 1 a an, so sehen wir wiederum zwar die Trochanterlinie durch den Atlas gehen, also den Kopfschwerpunkt noch in derselben Ebene befindlich, dagegen scheint der erste Durchschnittspunkt etwas tiefer, näher an B2 zu liegen, während sowohl der convexe, wie der concave Theil resp. des Lenden- und Brustwirbeltheils, hinter der Trochanterebene liegend gefunden werden. Wir würden, wenn wir unsere Principien festhalten, daraus schliessen müssen, dass der Schwerpunkt sowohl des Ober- als der des Unterleibes, weil er bei der Ungezwungenheit der Stellung in der Trochanterebene verbleiben musste, sich nach vorn von der Wirbelsäule entfernt habe. In der That waren die ersten Messungen bei ziemlich leerem Zustande der Eingeweide der Versuchsperson, etwa 5 Stunden nach

einem Frühstück, vorgenommen, während die Letzteren einige Stunden nach dem Mittagessen mit interponirtem Nachmittagsbrod angestellt worden waren, wodurch sich der Gesamtschwerpunkt des Rumpfes nach vorn verschoben hatte. Um zu einer schärferen Vergleichung berechtigt zu sein, mussten daher die zur Vergleichung bestimmten durch Zeichnungen wiedergegebenen Wirbelsäulenformen zu einer und derselben Zeit entnommen werden, und zwar einmal bei annähernd leerem Zustande der Eingeweide, das andere Mal bei ziemlich gefülltem. Es ist daher wohl zu beachten, dass einerseits die zu ersterer Zeit gewonnenen Fig. 1, 2, 3 und andererseits Fig. 1 a, 2 a, 3 a zu einer und derselben Zeit und an einem und demselben Individuum bestimmt wurden.

Betrachten wir nun die Form der vorderen Fläche der Wirbelsäule in der preussischen Militärstellung. Dieselbe zeigte die Form Fig. 2 zu der Zeit, wo bei ungezwungener Stellung die der Fig. 1 sich ergeben hatte, dagegen die Form Fig. 2 a zu derjenigen Zeit, wo bei jener Stellung die Fig. 1 a gewonnen worden war. Wie Fig. 2 zeigt, liegt der Atlas und somit der Schwerpunkt des Kopfes etwas vor der Trochanterebene, gleichzeitig fällt die ganze übrige Vordercurve der Wirbelsäule vor diese Ebene. Es liegt also auch der Schwerpunkt des Oberleibes, abgesehen von dem der Arme und der des Unterleibes, vor dieser Ebene. Dieser Umstand erklärt sich daraus, dass in dieser Stellung die Fersen aneinander geschlossen wurden, welche bei der ungezwungenen eine bequeme Entfernung von einander gehabt hatten. Um der Stabilität das gehörige Maass zu geben, musste die Schwerlinie des gesammten Körpers nach vorn hingeschoben und der breiten Seite der dreieckigen Stützbasis mehr genähert werden, wo jetzt der Schwerpunkt der letzteren gesucht werden musste, während er in der Trapezform der Stützfläche bei der ungezwungenen Stellung mehr zurücklag. Fragen wir nun, wie bei dieser (offenbar gezwungenen) Stellung dem Gewicht des Kopfes, des Ober- und Unterleibes, welche den Rumpf nach vorn zu neigen streben, das Gleichgewicht gehalten wird, so finden wir zuerst, dass die Schultern stark nach hinten gezogen worden sind, denn die Schwerlinie berührt jetzt die vordere Fläche der Schultern, und



lässt den Schwerpunkt beider Arme etwa 10 Cm. weit hinter der Trochanterebene liegen. Die Arme haben hierbei erstlich einen grösseren Momentenarm wie der Kopf, bei dem er nur etwa 1 Cm. beträgt, und andererseits mehr als das doppelte Gewicht derselben, sie sind also im Stande, nicht bloss dem Kopf, sondern auch einem Theil des übrigen Leibes das Gleichgewicht zu halten. Was etwa noch daran fehlt, den übrigen Rumpf über der Hüftaxe zu balanciren, wird offenbar geleistet durch die Muskeln, welche das Becken in zurückgedrängter Stellung erhalten. In Wirklichkeit fand ich auch nach der gemessenen Kreuzbeinneigung eine Zurückdrehung des Beckens, resp. stärkere Neigung der Conjugata desselben gegen den Horizont um beiläufig  $10^{\circ}$ . Dass in der That die Muskeln bei der militärischen Stellung eine grosse Rolle zu spielen haben, kann wohl kaum einem Zweifel unterliegen. Man erkennt das daraus, dass man bei Exerzierübungen selbst solchen, die sich nur auf Einübung der militärischen Stellung beschränken, bald ermüdet wird, und auch der Soldat das Commando: Rührt euch, sehnlich erharret. Ueber die Fig. 2a brauchen wir kaum noch etwas hinzuzufügen, denn ihre Abweichung von Fig. 2 ist derselben Art, wie die der Fig. 1a von Fig. 1. Es haben sich nämlich sowohl die Brust- als ganz besonders stark die Lendenwirbelcurven zurückgeschoben. Dass die Lendenwirbelcurve weniger convex erscheint, findet zum Theil wohl darin seinen Grund, dass bei gefülltem Zustande der Eingeweide die für die militärische Stellung geforderte Muskelaction unbequemer wird; in der That war die damit zusammenhängende Drehung des Beckens geringer, der Kreuzbeinwinkel um etwa  $6^{\circ}$  grösser.

Lassen wir jetzt die bisher festgehaltenen Bedingung fallen, dass der Kopf gerade aufgerichtet getragen werde, ohne inzwischen die Aufrichtung des übrigen Rumpfes zu gefährden, d. h. gestatten wir nur dem obersten Theil der Wirbelsäule eine erhebliche Biegung, um den Einfluss zu studiren, den die Verstellung des Schwerpunktes eines einzelnen Rumpfteiles ausübt. Ich bestimmte deshalb die Wirbelsäulenform, indem ich das zur Beobachtung dienende Individuum zuerst in der ungezwungenen Stellung aufrecht stehen liess, und ihm dann aufgab, den Kopf nach vorn zu

neigen, bis er mit möglichster Beibehaltung der übrigen Haltung, die bequemste Stellung gefunden haben würde. Die Aenderung der Kopflage eignet sich offenbar am Besten zur Erzielung hervorstechender Resultate, weil es derjenige Rumpftheil ist, welcher mit der Halswirbelsäule am Leichtesten grössere Excursionen zu machen im Stande ist, ohne grosse Betheiligung der übrigen Wirbelsäule, und weil man mit seinem starken Gewicht ein grosses Kraftmoment zur Verfügung hat. Die gefundene Form ist in Fig. 3 und Fig. 3a entsprechend den beiden oben unterschiedenen Fällen dargestellt. In Fig. 3 geht das vom Atlas gefällte Loth 4 bis 5 Cm. vor der Trochanterebene vorbei. Der Brustwirbeltheil tritt gegen Fig. 1 sehr stark hinter diese Ebene zurück, der Lendenwirbeltheil liegt noch vor dieser Ebene, ist aber doch auch um etwas zurückgetreten. Wir sehen nun in der Vergleichung mit Fig. 1, dass der Kopfschwerpunkt, welcher jetzt offenbar noch vor dem Atlasgelenk liegt, einen Momentenarm von mehr als 5 Cm. nach vorn hat. Der Schwerpunkt des Oberleibes ist stark zurückgetreten, nur um Weniges der des Unterleibes. Die Arme werden als ziemlich neutral angesehen werden können, weil der obere Theil zu meist vor, der untere hinter der Trochanterebene lag. Die Krümmungen der Wirbelsäule erscheinen bedeutend verstärkt und das Kopfgewicht compensirt durch den Oberleib und, wenn auch in etwas geringerem Grade, durch den Unterleib. An der Wirbelsäulenform in der Fig. 3a, die den Verhältnissen von Fig. 1 a entspricht, sehen wir, dass die Brustwirbel ebenso wie beim Uebergange von Fig. 1 auf 3 zurückgetreten sind, aber auffallend geringer z. B. in der Nähe des Scheitels, bei B6 um stark 1 Cm. weniger, während der Lendenwirbeltheil keine so grosse Lagenveränderung erfahren hat, dass man die kleine Differenz nicht auf Beobachtungsfehler zurückführen<sup>2</sup> könnte. Den Grund dieser Abweichung finden wir darin, dass in dem Zustande der Eingeweidefüllung der Schwerpunkt des Unterleibes sich nach vorn hin entfernt hat, während der des Kopfes nicht alterirt worden war. Der Kopf wird also, weil der Halswirbeltheil schon in Stellung Fig. 1a eine mehr vorgeschobene Lage, wie in Fig. 1 hatte, bei der Vorbeugung mit seinem Schwerpunkt weniger stark vor der

Schwerlinie des übrigen Rumpfes hervortreten, wie im Falle des nüchternen Zustandes, mithin wird eine Compensirung des Kopfgewichts sich mit geringeren Mitteln ausführen lassen. Schon der Oberleib hatte, wie wir sehen, ausgereicht, durch sein Zurückweichen dem Kopfgewicht das Gegengewicht zu halten, und es war auch nur ein geringeres Zurückweichen nöthig, so dass es hier nur 1 Cm. betrug, während es im Falle des Ueberganges von Fig. 1 zu Fig. 3 mehr als  $1\frac{1}{2}$  Cm. betrug. Uebrigens schien auch ein geringes Zurückweichen des Armschwerpunktes in Fig. 3a eingetreten zu sein. Die Aenderung, welche die Schwerpunktslage des Rumpfes durch die Eingeweidefüllung erfahren hat, bringt zugleich eine Vorbewegung des Gesamtschwerpunktes mit sich und dies ist vermuthlich der Grund, warum die Versuchsperson in Fig. 3a eine ganz geringe, kaum merkliche Beugstellung der Gelenke der unteren Extremität mit Verschiebung der Knieen annahm, um die Schwerlinie des ganzen Körpers wieder über den Schwerpunkt der Fussstützfläche zurückzuführen. Der Kreuzbeinwinkel wurde dabei um circa  $10^\circ$  grösser.

Um nun noch den Einfluss des Vorstreckens der Arme zur Anschauung zu bringen, gab ich der Versuchsperson auf, von der ungewollenen Stellung ausgehend die Arme horizontal vorzustrecken und so zu erhalten. Hierbei wurde die Wirbelsäulenform Fig. 4 gewonnen. Es war dies offenbar eine gezwungene Stellung. Der Obertheil des Rumpfes wurde zurückgelehnt, der Atlas trat  $3\frac{1}{2}$  Cm. hinter die Trochanterebene, das Hüftgelenk somit in's Extrem der Streckung. In Folge der eintretenden Mitwirkung der Bänder durch Spannung des Ligam. super. wurde es möglich gemacht, dass die Schwerlinie des Gesammtrumpfes hinter die Hüftaxe fallen konnte, es ergab sich dadurch eine grosse Stabilität ohne Muskelanstrengung, weil das Hintenüberfallen durch die Bänderspannung gehindert, das Vornüberfallen dadurch erschwert wurde, dass ein solches nicht ohne Hebung des Rumpfschwerpunktes erfolgen konnte. Dieser grossen Stabilität wegen brachte auch die zur Vorstreckung der Arme noch hinzutretende Vorneigung des Kopfes nur noch geringe Veränderungen in der Lage und Form der Wirbelsäule hervor. Doch trat eine compensirende Rückbewegung des Scheitel-

punktes der Brustwirbelkrümmung ganz in demselben Sinne, wie im Fall von Fig. 3 u. 3a ein, zugleich mit einer Verschiebung der Hüftaxe bei Verkleinerung des Kreuzbeinwinkels um etwa  $3^\circ$ , offenbar herbeigeführt, durch eine stärkere Anspannung der Schenkelmuskeln, die als merklich von der Versuchsperson bezeichnet wurde.

##### 5. Das freie Aufrechtsitzen.

Bei der Betrachtung der aufrechten Stellung liegt die Frage zu nahe, wie sich die Verhältnisse bei freiem Aufrechtsitzen gestalten, und deshalb mag diese noch einer kurzen Erörterung unterworfen werden. Bei der Vor- und Rückbewegung des Rumpfes während des Sitzens dreht sich der Rumpf nicht mehr um die Hüftaxe, sondern er dreht sich mit der Hüftaxe zugleich um eine Verbindungslinie der beiden Sitzknorren. Weil aber die Sitzknorren eine ausgedehnte Unterfläche haben, so existiren eine unendliche Menge paralleler solcher Verbindungslinien, und es hängt von der Willkür des Sitzenden ab, mit welcher dieser Verbindungslinien er die Aufstützung vorzugsweise hervorbringen will. Von diesen Hauptverbindungslinien wird beim Sitzen auf einem harten Sessel die tiefste die festeste sein, weil unter ihr die Weichtheile am stärksten comprimirt sind, also ihr Niedersinken den grössten Widerstand findet. Sie wird als festeste Linie die Drehaxe bilden, die aber bei weitem nicht so frei ist, wie die Hüftaxe beim Aufrechtstehen, weil die benachbarten parallelen Verbindungslinien gleichzeitig einen, wenn auch geringeren, die nächsten einen fast ebenso grossen Widerstand finden. Durch willkürliche Neigung des Rumpfes können wir die eine oder die andere Verbindungslinie in die tiefste Lage bringen, und damit zur momentanen Drehungsachse machen. Wir haben hiernach festzuhalten: 1) dass wir die Drehungsaxe innerhalb gewisser Grenzen willkürlich wechseln können, 2) dass die Drehung um diese Achse eine soweit erschwerte ist, um der Stellung des Rumpfes eine grosse Stabilität zu verleihen. Da, wie gesagt worden, die tiefste Verbindungslinie der Sitzknorren zwar als Hauptstützlinie zu gelten hat, in der That aber bei der Flachheit der Sitzknorren die zunächstliegenden parallelen Verbindungslinien fast ebenso tief liegen,

erhalten wir gewissermassen statt einer Stützlinie eine Stützfläche, womit natürlich die Stabilität einen ausserordentlichen Zuwachs erhält. Die Drehung nach vorn findet bald eine natürliche Grenze dadurch, dass sie die Hüftaxe nach vorn hindreht, und dabei den Oberschenkel vorschieben muss, während diese Vorschiebung in steigendem Grade erschwert wird, theils durch ihr Aufruhren auf dem Sessel, theils durch ihre Verbindung mit den aufstehenden Füßen. Die Rückbeugung ist ersichtlich leichter, und findet eine Grenze nur dadurch, dass bei Erreichung eines bestimmten Grades ein Ueberschlagen nach hinten, also eine vollkommene Störung des Gleichgewichts eintritt. Bei der Beugung nach vorn bekommen wir deshalb eine Vermehrung der Stabilität, bei der Beugung nach hinten eine Verminderung. Während die Rolle, welche beim aufrechten Stehen die Hüftaxe spielt, beim Sitzen von der Verbindungslinie zweier Punkte der Sitzknorren (wir wollen solche die Sitzknorrenaxe nennen) übernommen wird, tritt an die Stelle der von den Füßen umschriebenen Stützfläche hier die Fläche des Sessels. Die Hüftaxe in dem einen, die Sitzknorrenaxe in dem anderen Fall hat die Function, den Rumpf zu tragen, während die betreffende Axe selbst in dem einen Fall über der Fussstützfläche, in dem andern Fall über der Sesselfläche getragen wird. Beim Stehen war die Erhaltung des Gesamtschwerpunktes über der Fussstützfläche eine Bedingung, dass der ganze Körper sammt der Stützaxe nicht umfalle. Da beim Sitzen die Drehaxe, weil sie unmittelbar auf der Stützfläche aufruht, nicht fallen kann, so ist der Körper als Gesamtheit auch nicht mehr dem Fallen ausgesetzt, folglich haben wir uns nicht mehr um den Gesamtschwerpunkt zu kümmern, und es treten nur Drehungen des Rumpfes um die Sitzknorrenaxe in Frage. Wir kommen natürlich hierbei auf dieselben Bedingungen des Aufrechthaltens, indem nur diejenigen Modificationen eintreten, welche erstlich von der grösseren Stabilität des Gleichgewichts um die Drehaxe, zweitens durch die innerhalb gewisser Grenzen stattfindende Willkür in der Wahl dieser Axen hervor gebracht werden, und drittens durch die mehr oder weniger vollständige Unbeweglichkeit der auf dem Sessel aufruhenden Weichtheile des Rumpfes.

Haben wir eine bestimmte Wahl der Axen getroffen, womit der Kreuzbeinwinkel eine bestimmte Grösse angenommen hat, so ist das Modificirende blos die grössere Stabilität, d. h. wir können kleine, die Partialschwerpunktstellungen ändernde Bewegungen vornehmen, und dadurch die Wirbelsäulenform ein Weniges abändern, ohne dass die aufrechte Stellung verloren geht, und ohne dass selbst die Muskelthätigkeit merklich mehr beansprucht wird. Da die Stabilität bei der Vorneigung nach vorn wächst, so werden solche Abänderungen grösser sein dürfen, wenn man eine mehr vorliegende Verbindungslinie der Sitzknorren als Drehaxe gewählt hat, also wenn der Kreuzbeinwinkel verkleinert resp. die Beckenneigung vergrössert wird. Die zweite Modification, welche in der Willkür bei der Wahl der Drehaxe ihre Ursache hat, und die dazu beiträgt, dass wir, wie eben bemerkt, die Stabilität vergrössern können, hat zur Folge, dass die Form der Wirbelsäule eine sehr variable werden kann, selbst bei ungezwungener Aufrechthaltung. Die dritte Modification endlich bewirkt, dass der aufruhende Theil des Unterleibes wenig oder gar nicht an einer Drehung um die Sitzknorrenaxe Theil nehmen kann, dass also der Schwerpunkt des Unterleibes in seiner Lage wenig oder gar nicht beschränkt wird, indem derselbe nur die Bedingung zu erfüllen hat, dass er über der weiten Fläche bleibe, in welcher der Sessel in Contact mit dem Leibe ist. Es wird also namentlich nur die Stellung der Schwerpunkte des Oberleibes und des Kopfes in Betracht kommen, vornehmlich, sofern sie Biegungen in dem oberen Theil der Wirbelsäule erzeugen, und wenig Einfluss auf die Biegungen des Lendenwirbeltheils haben, der namentlich in seinem unteren Theil durch die Beckenlage fest bestimmt ist.

Ich habe nun die Wirbelsäulenform beim bequemen Aufrecht-sitzen an zwei Personen genauer bestimmt, dieselben sind Fig. 5 und 6 dargestellt. Die Fig. 5 ist derjenigen Person entnommen, von der ich auch alle übrigen, von Lebenden durch Zeichnung in dieser Abhandlung wiedergegebenen, Wirbelsäulenformen gewonnen habe. Die Fig. 6 rührt von der Militärperson her, an der ich zuerst die normale militärische Stellung beobachtet habe, und zwar erhielt ich dieselbe Form, als ich die Messung an einem anderen

Tage wiederholte. Die so constant bleibende grosse Verschiedenheit von Fig. 5 und 6 hatte mich Anfangs etwas stutzig gemacht, besonders darum, weil ich beiden Versuchspersonen aufgegeben hatte, sich mit ganzer Sitzfläche auf den Sessel zu setzen und dies auch in der That bei beiden geschehen war, ebenso wie auch der Kopf bei beiden Versuchspersonen vollkommen aufrecht getragen wurde. Bald aber wurde deutlich, zumal beim Vergleich dieser beiden Sitzstellungen auch mit der zwischen ihnen etwa die Mitte haltenden Leichensitzstellung, dass die erste Person eine weit nach vorn liegende, die zweite eine weit nach hinten liegende Sitzknorrenlinie als Axe gewählt hatte. Dies bestätigte sich denn auch durch Messung des Kreuzbeinigungswinkels, der im Falle von Fig. 5  $79^\circ$ , in dem von Fig. 6  $112^\circ$  betrug. Als ich dann die erste Versuchsperson noch einmal sitzen liess, und zwar unter dem grossen Kreuzbeinigungswinkel von beiläufig  $107^\circ$ , fand sich auch bei ihr fast genau die Form von Fig. 6, nämlich Fig. 5', dargestellt. Bei der zu Fig. 5 gehörigen Stellung wurde wegen der verhältnissmässig grossen Beckenneigung das untere Ende des beweglichen Wirbelsäulentheils stark nach vorn gerichtet, es musste folglich der Schwerpunkt des Kopfes und Oberleibs nach rückwärts bewegt werden, um ihre Schwerpunkte nahe bis über die Drehaxe zurückzuführen. Es wurde damit die Form derjenigen des aufrechten Stehens sehr ähnlich. Bei der zu Fig. 6 und 5' gehörigen Stellung hat dagegen das Becken eine Lage angenommen, durch welche jener untere Theil der Wirbelsäule eine nach hinten gehende Richtung erhält. Die vertikale Querebene des Atlas verlief vor der vorderen Bauchwand. Der Schwerpunkt des Kopfes konnte mithin nicht mehr mit dem des Rumpfes in einer Vertikalenebene liegen. Ersterer lag, wie die Beobachtung mittelst des Lothes zeigte, fast senkrecht über der Sitzknorrenaxe, in einer vertikalen Linie, die bei der actualen Beckenlage auch nahe durch die Hüftaxe ging. Wie schon das Leichenexperiment gezeigt hat, erhält bei einer ähnlich geringen Beckenneigung der Rumpf selbst bei feststehendem Becken die Neigung nach hinten überzuschlagen, und wird die Resistenz der Intervertebralscheiben des unteren Theiles der Wirbelsäule dabei bis zum Maximum gesteigert, so dass dieselbe

einen nahezu soliden Hebelarm mit dem Becken bildet. Zu derselben Zeit, wo diese Sitzstellung gewonnen wurde, lag die vordere Fläche des 9. Brustwirbels in der ungezwungen aufrecht stehenden Stellung etwa 1 Cm. hinter der Trochanterlinie,  $2\frac{1}{2}$  Cm. tiefer schnitt diese die Linie der vorderen Fläche der Wirbelkörper, und verblieb bis dicht über dem Promontorium hinter derselben. Da wir nach unseren Principien bei der Ungezwungenheit der Stellung den Schwerpunkt des ganzen Rumpfes, der ungefähr auf der Höhe des 9. Brustwirbels liegt, nahe der Trochanterebene zu suchen haben, so müssen wir seine Lage auch in unserer zur selben Zeit gewonnenen Sitzstellung in ähnlicher Entfernung von der vorderen Wirbelkörperlinie finden, und trifft die Schwerlinie des Rumpfes danach hier die obere Endfläche des Kreuzbeines als Basis des beweglichen Theiles der Wirbelsäule, während die Vertikale des Unterleibsschwerpunktes, der ungefähr auf der Höhe zwischen dem 1. und 5. Lendenwirbel zu suchen ist, und in der ungezwungenen Aufrechtstellung mehr als 2 Cm. hinter der vorderen Wirbelsäulenlinie lag, in unserer Sitzstellung jedenfalls hinter jene Basis herabfällt. Die hierdurch in den unteren und mittleren Theilen des Rumpfes obwaltenden links drehenden Kraftmomente mussten mithin durch die Verschiebung des Kopfs- und oberen Rumpf-Gewichts als rechts drehende compensirt werden, wodurch die in der Richtung nach hinten sehr labile Rumpfaufstellung Stabilität erhielt.

#### Schlussbetrachtung.

Die Aufgabe, welche wir uns am Eingange dieser Studien stellten, bestand vorzugsweise darin, den Antheil zu bestimmen, welcher den zur Aufrechterhaltung der Wirbelsäule mitwirkenden Factoren bei der Erzeugung und Erhaltung verschiedener Aufrechtstellungen zufalle. — Wir haben diese Verhältnisse in verschiedenen Richtungen verfolgt. Sehen wir nun zu, welche Resultate wir aus den vorstehenden Untersuchungen im Allgemeinen rücksichtlich der Wirksamkeit der verschiedenen Factoren für die Erzeugung der im Leben beobachteten Gestalt der Wirbelsäule zu ziehen berechtigt sind.

Wir erkannten die Gestalt der Wirbelsäule im Leben als ein



Product aus der anatomischen Form der einzelnen Glieder der Wirbelsäule, den Cohäsionskräften der diese Glieder untereinander und mit der Gesamtheit der Körpermasse verbindenden Weichtheile, der Richtung der Schwere und der Muskelthätigkeit.

1) Was die anatomische Form der einzelnen Glieder anbetrifft, so sehen wir, dass die Krümmungen der Wirbelsäule unter den verschiedensten Verhältnissen ihren Charakter im Allgemeinen bewahren; der Brusttheil ist stets concav, der Hals- und Lendenwirbeltheil bleiben stets mehr oder weniger convex, nur die Stellen, wo die Concavitäten in die Convexitäten übergehen, können sich etwas mehr ändern. Diese Constanz in der Gestalt der Säule ist offenbar ein Product der anatomischen Form der einzelnen Glieder derselben. Auf dieselbe durch alle Einzelheiten speciell einzugehen, haben wir keine Veranlassung gehabt, da wir sie als bekannt voraussetzen durften. Wir haben nur hier und da Einzelnes, was für uns von besonderer Wichtigkeit war, hervorgehoben, besonders aber den bestimmenden Einfluss des Brustkorbes auf die Gestalt der Wirbelsäule und die Auffassung desselben als eines integrierenden Theiles der Wirbelsäule hervorzuheben Anlass gehabt. — Es wird besonderen anatomischen Untersuchungen vorbehalten bleiben müssen, darüber zu entscheiden, wie weit der ursprüngliche Bildungstypus des fötalen Lebens bei der physiologischen Umbildung, welche er mit dem vorschreitenden Wachsthum erfährt, durch dieselben Ursachen beeinflusst werde, durch welche wir die Form der einzelnen Abschnitte, wie die Gestalt der ganzen Wirbelsäule conservirt und zeitweilig abgeändert werden sehen. Dass ein solcher Einfluss stattfindet, erscheint unzweifelhaft. Wir werden weiterhin noch etwas näher hierauf eingehen.

2) Was den Einfluss der Cohäsionskräfte der Weichtheile betrifft, durch welche die einzelnen Glieder der Wirbelsäule untereinander und mit der Gesamtheit der Körpermasse in Verbindung stehen, so ist auch dieser offenbar ein die Form der Wirbelsäule conservirender, insofern durch denselben den Formänderungen ein gewisser Widerstand entgegengesetzt wird, und wie wir mehrfach ausgeführt haben, dadurch die Stabilität in Stellungen vermehrt wird, in denen sonst das Gleichgewicht labil gewesen sein würde.

3) Der Einfluss der Schwere ist weitläufig erörtert, und dieselbe als dasjenige Element erkannt worden, welches die Formänderungen der Wirbelsäule hervorbringt. Es hat sich auf das entschiedenste herausgestellt, dass eine Lagenänderung des Schwerpunktes eines einzelnen Rumpfteiles auf die ganze Form der Wirbelsäule wirkt, und zu einer anderen Vertheilung der übrigen Partialschwerpunkte führt. Namentlich ist wegen der grösseren Beweglichkeit der Kopf ein besonders einflussreicher Körpertheil, und es werden daher selbst anscheinend unbedeutende Aenderungen im Gewicht oder in der Vertheilung desselben nicht unbeachtenswerthe Wirkungen zu äussern vermögen, wenn sie lange Zeit hindurch andauern, namentlich in den Fällen, wo das statische Moment des Kopfes eine gewisse Mächtigkeit bekommt. Letzteres ist, wie wohl zu beachten, bei fast allen Arbeitsstellungen mehr oder weniger der Fall. Als ein zweiter Körpertheil von besonders hervorstechendem Einfluss ist das Schultergerüst anzusprechen, und auch bei diesem zu beachten, dass er bei der Vorbewegung der Arme, die mit fast allen Beschäftigungsarten verknüpft ist, sich vorzugsweise geltend macht. Wie wir ferner beim Unterleibe in seiner grösseren oder geringeren Anfüllung ein einflussreiches Moment erkannt haben, so werden wir auch Einflüsse verschiedener Art bei grösserer oder geringerer Wölbung des Thorax, seiner stärkeren oder geringeren Anfüllung mit Luft vorauszusetzen haben.

4) Was endlich die Muskelthätigkeit betrifft, so ist deren Einfluss auf die Formbestimmung bei Erzielung von Ruhestellungen nur der, die Schwerpunkte in eine Lage zu führen, in welcher das Gleichgewicht möglichst stabil wird, so dass ihr selbst zur Erhaltung der Stellung möglichst wenig zu thun übrig bleibt. Denken wir daran, dass selbst in den Leichenexperimenten nur ein Minimum von Kraftaufwand nöthig war, um den einmal aufgerichteten Rumpf im Gleichgewicht zu erhalten, dass diese Kraft durch den Finger eines Assistenten repräsentirt, wesentlich nur als Wächter den Atlas vor Störungen seiner Gleichgewichtslage zu beschirmen brauchte, so haben wir ein deutliches Bild von der Muskelthätigkeit im Leben. Da sich uns sogar an der Leiche die permanente Unterstützung, durch Muskelthätigkeit als unnöthig er-

wiesen hat, so fehlt alle Berechtigung, im Leben eine solche für die Aufrechthaltung des Rumpfes anzunehmen, wo dieser Wächter durch das wachende Gehirn repräsentirt wird, und dieser durch die Schwerwirkungen und die Cohäsionskräfte in so grossem Maasse bei seiner Aufgabe unterstützt wird, dass er sich einer gewissen Sorglosigkeit für die Aufrechterhaltung selbst seines Schilderhauses überlassen darf.

Bei der Gleichgewichtslage dieses Schilderhauses — des Kopfes — über der Drehaxe des Atlasgelenkes sehen wir nämlich auch ganz dieselben Momente obwalten, welche sich bei dem Hüftgelenk als solche erwiesen haben, die der Richtung der Resultirenden aus den die Gleichgewichtslage erhaltenden Kräften gestatten, sich innerhalb gewisser Grenzen von der Drehaxe zu entfernen, ohne dass active Muskelcontractionen nothwendig sind; nur hier noch in höherem Maasse. Denn einerseits verleiht die Gestalt der sich über einander verschiebenden Gelenkflächen des Atlas und des Hinterhauptes der Gleichgewichtslage des Kopfes ohnehin schon eine grössere Stabilität, andererseits sind die Cohäsionskräfte der das Gelenk umlagernden Weichtheile durch das hier ganz besonders auffallende Uebergewicht der Fasermenge der Streckmuskeln über die der Beugemuskeln in entsprechend grösserem Maasse wirksam, zumal ein verhältnissmässig langer Momentenarm der Wirkung der Elasticität der Nackenmuskeln sehr zu Gute kommt, und der Schwerpunkt des Kopfes nach meinen Untersuchungen noch etwas tiefer als auf der Mitte der Höhe vom Atlasgelenk zum Scheitel liegt, mithin seine Schwere ein nur geringes Moment hat.

Es hat somit die vitale Muskelcontraction vor allen Dingen nur dahin zu wirken, die Stellungsveränderungen einzuleiten und momentan für die Cohäsionskräfte einzutreten, wo diese nicht ausreichen. Es wird dies freilich im Leben, wo selten eine so vollständig symmetrische Aufstellung des Körpers stattfindet, wie wir sie hier voraussetzen, häufiger nothwendig werden, um den Störungen des Gleichgewichts entgegen zu wirken; diese Mitwirkung der vitalen Muskelcontraction wird dann aber besonders die Aufgabe haben, den Schwerpunkt der einzelnen Körpertheile so zu

verlegen, dass die Verstellungen der einen durch die der anderen compensirt, und alle so getragen werden, dass sie möglichst unterstützt und die Partialschwerpunkte in einem Gesamtschwerpunkt vereinigt der Art auf der Stützfläche ruhen, dass für das Festhalten einer gegebenen Stellung nur das geringste Maass von Muskelkraft mitzuwirken hat. Ist eine Ruhestellung des Rumpfes gewonnen, so wird dann die Erhaltung derselben von den Muskeln zum grossen Theil wenigstens übertragen auf den Widerstand, welchen die Cohäsion der Weichtheile den Bewegungen entgegengesetzt, und unter diesen auf die Baueingeweide, welche durch ihre Stützung des Thorax dessen Bewegung beschränken. — Auf diese Weise ist der schliessliche Effekt der Muskelthätigkeit bei der Erhaltung bestimmter Körperstellungen die Erfüllung der Aufgabe, sich ihre eigene Arbeit möglichst zu erleichtern, und die physikalischen Kräfte in einer den wechselnden Lebensaufgaben des Organismus entsprechenden Weise zur Geltung kommen zu lassen.

Für die Vertheilung der unentbehrlichen Mitwirkung der Muskeln und das abwechselnde und daher wenig ermüdende Spiel der verschiedenen Gruppen und Faserzüge bei der Aufrechterhaltung des Rumpfes ist es aber zugleich von erheblicher Wichtigkeit, dass die Baueingeweide als Stützen der Wirbelsäule und des Thorax eintreten, denn es gewinnen dadurch die Bauchmuskeln, indem sie den Widerstand der Eingeweide gegen die Vorneigung der Wirbelsäule und des Thorax vermehren, eine die Thätigkeit der Rückgratstrecker wesentlich unterstützende Wirkung.

Um die stützende Wirkung der Baueingeweide zu ermöglichen, war es nothwendiges Postulat, dass die Brustwirbel einen nach vorn concaven Bogen bilden, und die Schwerlinie vor denselben herabfiele, denn anderenfalls würden sie mit dem Thorax von den Eingeweiden abgehoben werden, mithin nicht auf denselben ruhen können. Eine einseitig nach vorn concave Krümmung der ganzen Wirbelsäule würde sich nicht damit vertragen, dass der Rumpfschwerpunkt nahezu in einer Vertikalen mit dem des Kopfes bleibt. Ersterer würde damit nach hinten zurückgedrängt werden, und somit erscheint die S-Form der Wirbelsäule als eine

physikalisch nothwendig begründete. Denn eine einseitig nach vorn convexe Krümmung würde dieselben und noch andere, namentlich die Elasticität der Säule beeinträchtigende und die Raumverhältnisse der von ihr begrenzten Körperhöhlen beschränkende Inconvenienzen mit sich führen, und noch unverträglicher mit der Natur der Verhältnisse würde eine vollkommen gerade Wirbelsäule sein, weil die Schwerlinie des Kopfes und die des Rumpfes bei jeder Stellungsveränderung auseinander fallen müssten.

Wir haben oben angedeutet, dass die Umbildung der Wirbelsäule aus der fötalen Gestalt in die Gestalt des erwachsenen Zustandes durch dieselben Ursachen beeinflusst werden müsse, welche die wechselnden Abänderungen hervorrufen und beschränken. Von den Krümmungen ist es besonders die concave des Brustwirbeltheils, welche schon im Fötalleben durch die Lage im Uterus eingeleitet wird, und bei ihrer Abhängigkeit von dem Zusammenhange mit dem Brustkorbe unter der Mitwirkung des Athmungsprozesses am frühesten sich consolidiren wird. Die Convexität der Halswirbelsäule, namentlich in ihrem mittleren beweglicheren Theile, wird erst dann anfangen, sich deutlicher auszusprechen, wenn das Kind beginnt, den Kopf aufrecht zu halten, indem das Kopfgewicht unter der noch sehr grossen Biegsamkeit der Skelettheile die spätere Entwicklung hervorzubringen geeignet ist. Die schon bei Neugeborenen angedeutete Convexität des Lendenwirbeltheils muss unter dem Einfluss des Gewichts des Kopfes und Oberleibes sich stärker ausprägen. Es wird dieser Einfluss dann anfangen, sich geltend zu machen, wenn das Kind zu stehen beginnt, indem es dabei den Unterleibsschwerpunkt nach der Hüftaxe hinbewegen muss, in welcher Lage bei der Aufrechtstellung die Lendenwirbel vor den Brustwirbeln stärker hervortreten. Hierzu kommen nun mit vorschreitendem Alter die Beschäftigungen, bei denen vorzugsweise eine Vorbewegung des Kopfes und Schultergerüstes mit den Armen in Anwendung kommt. Die dadurch vortretenden Partialschwerpunkte bedingen dann ein compensirendes Zurücktreten vorzugsweise des Brustsegments der Wirbelsäule.

## Erklärung der Abbildungen.

### Tafel X.

A T bezeichnet die aus dem Atlasgelenk gefällte Verticale, wenn sie zugleich durch die Hüftaxe geht: Trochanterlinie. T T Die vor oder hinter der aus dem Atlasgelenk gefällten Verticalen verlaufende Trochanterlinie. A S Die vom Atlasgelenk durch die Sitzknorrenaxe gehende Verticale.

Fig. 1. Profil-Projection der vorderen Fläche der Wirbelsäule bei der ungezwungenen Aufrechtstellung im Leben bei annähernd leerem Zustande des Darmkanals. ad S. 240.

Fig. 1. a. Profil-Projection der vorderen Fläche der Wirbelsäule desselben Individuums bei gefülltem Zustande des Darmkanals. ad S. 240.

Fig. 2. Profil-Projection der vorderen Fläche der Wirbelsäule desselben Individuums in der preussischen Militäristellung unter den Verhältnissen von Fig. 1. ad S. 241.

Fig. 2 a. Profil-Projection der vorderen Fläche der Wirbelsäule desselben Individuums in der preussischen Militäristellung unter den Verhältnissen von Fig. 1. a. ad S. 242.

Fig. 3. Profil-Projection der vorderen Fläche der Wirbelsäule desselben Individuums bei vorgeneigtem Kopf unter den Verhältnissen von Fig. 1. ad S. 243.

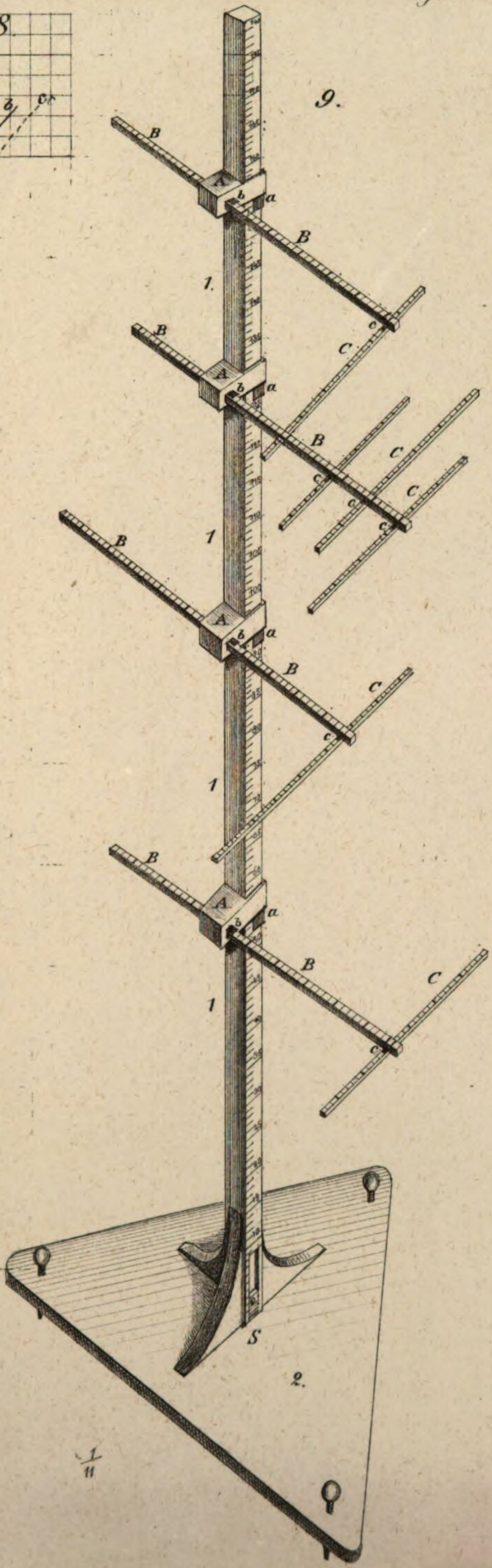
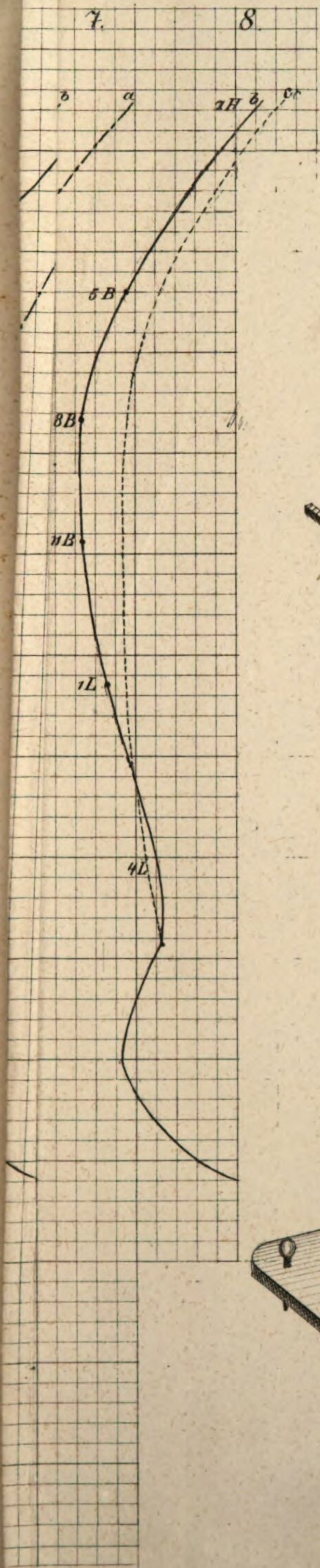
Fig. 3. a. Profil-Projection der vorderen Fläche der Wirbelsäule desselben Individuums bei vorgeneigtem Kopf unter den Verhältnissen von Fig. 1. a. ad S. 243.

Fig. 4. Profil-Projection der vorderen Fläche der Wirbelsäule desselben Individuums bei horizontal vorgestreckten Armen. ad S. 244.

Fig. 5. Profil-Projection der vorderen Fläche der Wirbelsäule desselben Individuums in frei aufrecht sitzender Stellung unter dem Kreuzbeinwinkel von  $76^{\circ}$ . ad S. 247.

Fig. 5'. Profil-Projection der vorderen Fläche der Wirbelsäule desselben Individuums in frei aufrecht sitzender Stellung unter dem Kreuzbeinwinkel von  $107^{\circ}$ . ad S. 248.

Fig. 6. Profil-Projection der vorderen Fläche der Wirbelsäule eines anderen Individuums in frei aufrecht sitzender Stellung unter dem Kreuzbeinwinkel von  $112^{\circ}$ . ad S. 247.



$\frac{1}{11}$

