

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 hauptsächlichsten 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 Souveränität 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 bezüglichlichen 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 Knochengengerüstes in die Erscheinung zu treten vermag, eruiert 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 Knochengerüstes 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 Knochengerüstes 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 Knochengerüstes 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 bloß 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.

sammenhange gerissenen Rückgrats, als vielmehr auf dasselbe in seinem Zusammenhange mit den übrigen Rumpftheilen 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 Requisit für die betreffenden Untersuchungen be-

zeichnet werden muss, dass kein Theil des Körpers für sich abgesondert betrachtet, sondern jederzeit dabei auf die Verbindung und Abhängigkeit, worin er zu anderen Körpertheilen steht, Rücksicht 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 dieser Studien davon abstehen und in dieser Beziehung auf die Arbeiten der Gebrüder Weber und H. Meyer's verweisen. Wir kommen indess bei der versuchten Analyse der physikalischen Bedingungen der aufrechten Stellung des Körpers darauf zurück. — Hier beginne ich direct mit der Betrachtung der Wirbelsäule und der an ihr wahrgenommenen Krümmungen, selbstverständlich zunächst in ihrer normalen Gestalt, denn dass wir nicht hoffen dürfen, Klarheit über die pathologischen Haltungs- und Krümmungsverhältnisse der Wirbelsäule zu gewinnen, so lange noch diese Verhältnisse unter den normalen Bedingungen nicht völlig aufgeklärt 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 zurückkehrt. 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 Wirbelsäule an das Becken anschliesst, zu verschaffen, brachten die Gebrüder Weber die sinnreiche Idee zur Ausführung, dass sie den Rumpf eines Leichnams, an welchem sie die Eingeweide und Muskeln 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 durchsägen, 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 Gesamtheit 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 todtten Körper experimentirten. Die Darstellung der Gestalt der Wirbelsäule am todtten 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 todtten 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 unabhängigste 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 Knochengestüst 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 Wirbelsäulencurven von einander, so wie die Bestimmung des Einflusses des Zusammenhanges der Wirbelsäule mit der Gesamtheit 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 unieren 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 desshalb 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 Gesamtergebn, 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 B² mit einer Distanz von 60 Mm.

- 5 B - B⁶ - - - 62 -

- 8 B - B⁹ - - - 70 -

In einer Senkrechten auf die Verbindungslinie

von 8 B mit 1 L liegt 1 L gegenüber L₁² mit einer Distanz v. 76 Mm.

- 1 L - 3 L - 3 L - L³ - - - 81 -

- 3 L - 5 L - 5 L - L₅ - - - 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 empfehlenswerthe 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 L³ 82 Mm.

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

von 3 K gegenüber K³ 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 deshalb 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.

gendén, 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° 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 hervorwölbten. Beschwerte ich das Atlasgelenk mit Gewichten, so blieb die Wirbelsäule in Beckenneigungen über 45° , 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 bezüglichlichen 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 exartikulirt 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° Conjugata-Neigung 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 Conjugata-Neigung bis auf 41° 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 Rumpfstheilen 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 desshalb 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 Baueingeweide ergab sich, dass die Leiche mit nur 40° Beckenneigung aufgestellt war. Die Stellung der Wirbelsäule wurde durch die Entfernung der Baueingeweide im Ganzen nicht verändert, ebenso wenig die Neigung des Rumpfs, nach hinten überzuschlagen, dadurch aufgehoben. Doch sank der 7. Halswirbel nach Excentrirung der Baueingeweide 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 Baueingeweide 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 Baueingeweide 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 Baueingeweide 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 Baueingeweide 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° .

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 unbedeutende. 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° 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 einigermaassen 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 $60 - 72^\circ$. 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 $7 - 10^\circ$ 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° Kreuzbeinneigung, welche, wenn wir 68° , die im ungezwungen aufrechten Stehen gemessen wurden, gleich circa 50° Conjugata-Neigung setzen, nur circa 22° 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° 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 Oeffern theilte 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 $5 - 10^\circ$ 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 Baueingeweide sich ergab, entsprachen 104° Kreuzbeinneigung an dieser Leiche 28° Beckenneigung. 85° Kreuzbeinneigung, wobei der Rumpf nach vorn über schlug, entsprechen mithin 47° 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. 7 a bezeichnete Linie dar. Nach Entfernung der Bauch- und Brusteingeweide hatte dieselbe Linie die Fig. 7 b und 8 b 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 hingespant 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 irrtümlich von uns für militärisch gehaltenen Stellungen der Fall. Bei der reglements-mässigen 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 Baueingeweide 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 gefülltes 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 desshalb 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° 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° 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.

