

XII.

Ueber die Bewegungen des menschlichen Gehirns.

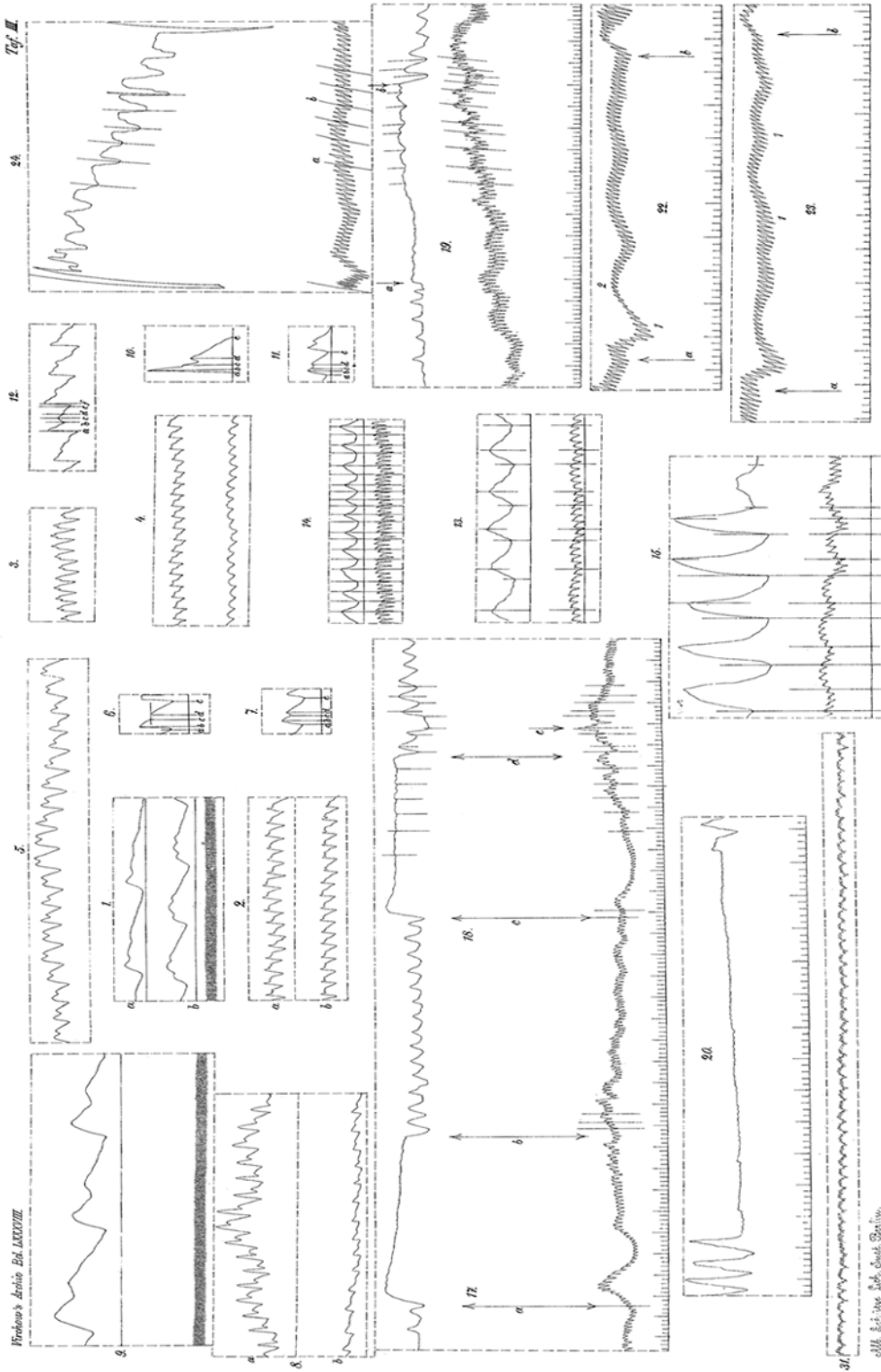
Von Dr. Karl Mays,

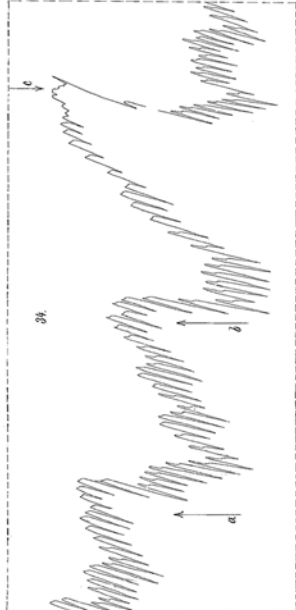
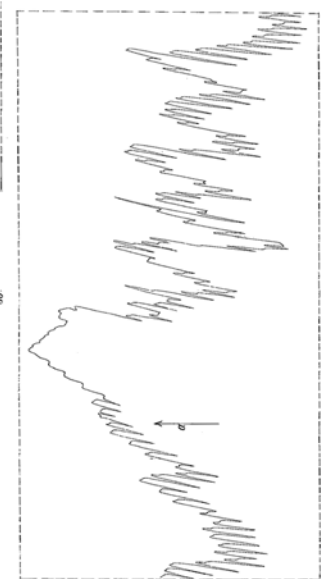
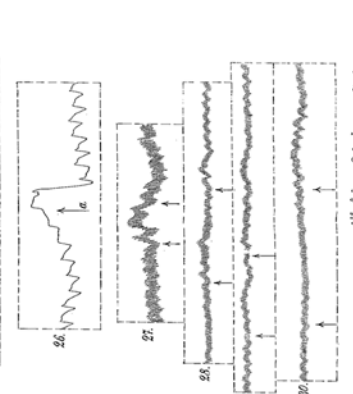
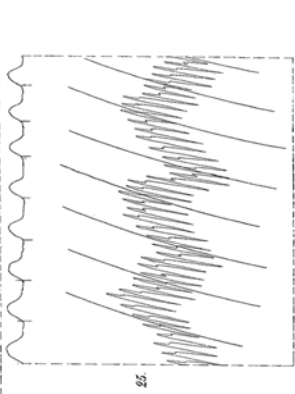
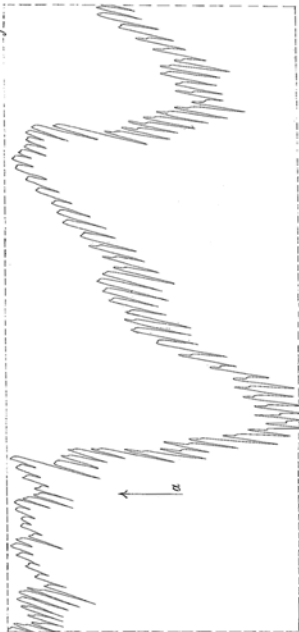
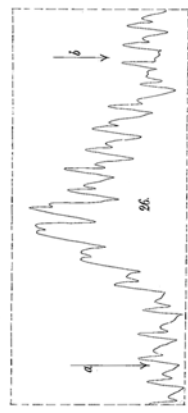
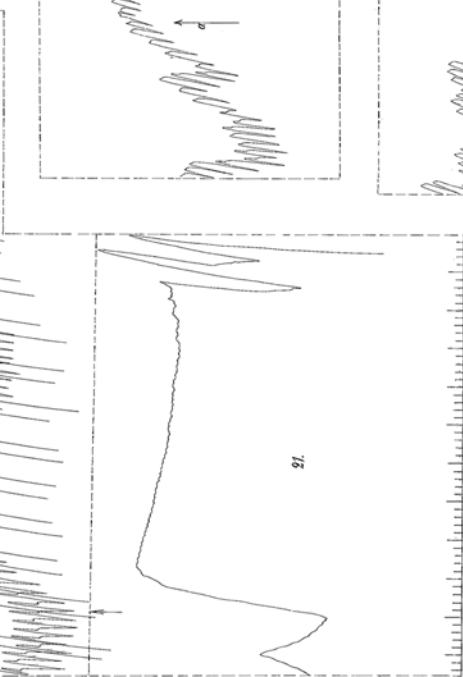
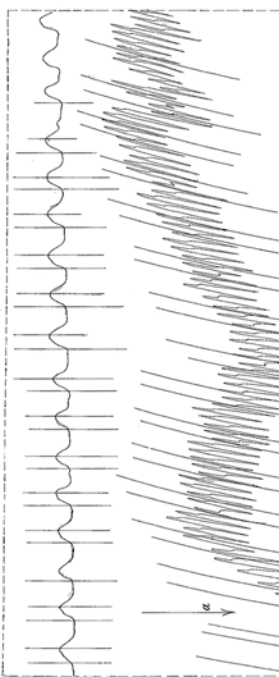
Assistenten am physiologischen Laboratorium zu Heidelberg.

(Hierzu Taf. III — IV.)

Vor einiger Zeit hat Mosso¹⁾ in einer eingehenden Abhandlung die seit uralten Zeiten beobachteten, in der mannichfachsten Weise gedeuteten und für den geschlossenen Schädel oft gänzlich geleugneten Bewegungen des menschlichen Gehirns unter den verschiedensten Bedingungen untersucht und ist zu Resultaten gelangt, welche die Aufmerksamkeit der Physiologen in hohem Grade verdienen. Namentlich ist durch die Beobachtung der Bewegungen an anderen Organen, wenn sie unter ähnliche Bedingungen gebracht werden, wie das in der Schädelhöhle eingeschlossene Gehirn, eine Beziehung zwischen den Bewegungen verschiedener Organe, namentlich des Gehirns und einer Extremität, dargethan worden, indem die Volumschwankungen bald in gleichem, bald in entgegengesetztem Sinne erfolgten. Mosso hat eine grosse Reihe von Einflüssen studirt, welche diese Bewegungen modificiren, und unter diesen verdienen vor allen die psychischen Functionen Beachtung, da hiernach Ausichten vorhanden scheinen, das psychologische Gebiet auf experimentellem Wege zu betreten. Gerade die Wichtigkeit dieser Beobachtungen macht es jedoch auch wünschenswerth, dass sie eingehend geprüft und erst dann als Thatsachen anerkannt werden, wenn unter allen Verhältnissen ihre Bestätigung stattgefunden hat; ich habe daher die sich mir bietende Gelegenheit, die Mosso'schen Untersuchungen in ähnlicher Weise an zwei Personen anstellen zu können, ergriffen, um manches von ihm Gefundene zu

¹⁾ Ueber den Kreislauf des Blutes im menschl. Gehirn. Leipzig 1881.





bestätigen, wenn ich auch nicht in allen Punkten mit ihm übereinstimmen kann:

Versuchspersonen und Methode.

Fall I¹⁾.

Das erste Individuum, dass sich mir zur Untersuchung bot, war ein Mädchen von 13 Jahren; es war schon seit einigen Jahren an Scrofulose erkrankt und hatte neben vielen anderen krankhaften Knochenprozessen durch einen solchen auch ein nekrotisches Stück des rechten Scheitelbeins eingebüsst, über dem auch die Haut fehlte, so dass an dem Kopfe ein Defect mit starren Rändern entstanden war, in dessen Tiefe eine mit Granulationen überzogene Fläche dem blossen Auge rhythmische Bewegungen zeigte. Der Knochendefect war ein Oval, dessen Axen ca. $1\frac{1}{2}$ und 2 Cm. lang waren. Das Kind, von starken Schmerzen geplagt, hat der Untersuchung ziemlich viele Schwierigkeiten bereitet und war weit entfernt, als normales menschliches Individuum betrachtet werden zu dürfen; es unterlag kurz nachdem ich meine Untersuchungen an ihm angestellt hatte, seinen Leiden, und die Section ergab eine amyloide Entartung der meisten inneren Organe; nichtsdestoweniger hatte es Zeiten körperlicher und geistiger Ruhe, in denen man, wie ich glaube, annehmen darf, dass die Functionen, welche für unsere gestellte Aufgabe in Betracht kommen, in normaler Weise verliefen. Der Intellect des Kindes war von normaler Ausbildung.

Fall II.

Der zweite mir zu Gebote stehende Fall bot wesentliche Verschiedenheiten dar. Es war ein Mann zwischen 20 und 30 Jahren, der durch ein Trauma einen Theil des linken Scheitelbeins eingebüsst hatte. Vor mehreren Jahren hatte er nach diesem Trauma in der hiesigen chirurgischen Klinik mit einem Gehirnvorfall gelegen und war geheilt worden. Die Narbe lässt jetzt einen ziemlich kreisrunden Defect im knöchernen Schädel erkennen, dessen Durchmesser ungefähr 3 Cm. beträgt; über diesen ist behaarte Kopfhaut lose ausgespannt, so dass sie eine ziemlich tiefe Delle bildet, in deren Grund rhythmische Auf- und Abbewegungen wahrgenommen werden. Auch dieser Patient leidet noch unter den Folgen jener Verletzung. Er ist auf der rechten Seite paretisch und hat von Zeit zu Zeit epileptiforme Anfälle. Er ist gemüthlich weniger erregt als das Kind, zeigt aber eine etwas unter der Norm stehende Intelligenz, wenigstens wird es ihm schwer, einfache Rechenaufgaben zu lösen und das Resultat häufig falsch angegeben. Wenn der Patient aufrecht sitzt, so sind die Schwankungen im Grund der Narbe nur geringe, wird er aber in horizontale Lage gebracht, so wölbt sich die Haut hervor und die Bewegungen werden deutlich sichtbar, ja man kann sie heftig nennen.

Mosso hat sich zu seinen Untersuchungen entweder eines Apparates bedient, der dem Cardiographen ähnlich war, oder er

¹⁾ Ich verdanke denselben der Güte des Herrn Hofrath v. Dusch, der mir die Räume der Kinderheilanstalt bereitwilligst zur Verfügung stellte.

schloss die Höhlung am Kopfe durch eine Kautschukplatte und verband dieselbe durch eine Glasröhre und Kautschukschlauch mit der Marey'schen Luftkapsel. Die letzte Methode habe auch ich angewandt und ihre Einfachheit erprobt. Eine Unannehmlichkeit, die mir namentlich bei dem empfindlichen Kinde sehr störend gewesen wäre, habe ich umgangen: Durch das Erwärmen der Ränder der Kautschukplatte wird nemlich ein Ankleben der Masse an der Kopfhaut bedingt, was zu vermeiden ist. Ich habe deshalb nur einmal, als ich die Masse nach dem Kopfe formte, dieselbe in Wasser so weit erwärmt, dass sie gerade plastisch wurde und dann dem vorher mit Vaseline bestrichenen Theile des Schädels angepasst. Ist diese Form einmal gut hergestellt, so genügt es, mit einer leicht zu entfernenden, dichtenden Masse, wie Vaseline oder Fett, die Ränder derselben zu bestreichen und dann mit Binden am Schädel festzuhalten. Ich habe erst dann jeweils die Kautschukform für gut anschliessend betrachtet, wenn ein Druck auf die Ränder die Excursionen des Marey'schen Registrirapparats nicht wesentlich verstärkte.

Da es wünschenswerth war, zugleich mit den Bewegungen des Gehirns auch die Athembewegungen zu registriren, bediente ich mich einer Marey'schen Luftkapsel, die statt des Hebels einen breiten Knopf aufgesetzt hatte, der an die Brustwand angelegt wurde. Das Ganze wurde mit leichten Bindentouren auf die Brust befestigt, und durch einen Gummischlauch mit einer zweiten, registrirenden Marey'schen Luftkapsel verbunden.

Als zeitmessender Apparat diente eine Stimmgabel, die 100 ganze Schwingungen in der Secunde machte.

Die Aufzeichnung geschah auf der rotirenden Trommel eines Kymographions. Da ich mehrere Schreibapparate über einander anzubringen hatte, die ich ausserdem auch öfters gegen einander verstellen musste, war es mir unbequem, dieselben immer ganz senkrecht über einander schreiben zu lassen, auch schwang der Hebel der registrirenden Trommel nicht immer um die Horizontale. Diese Fehler sind bei dem Ausmessen der Curven leicht zu corrigiren, sobald man nur einen Bogen verzeichnet hat, den der Hebel in der Ruhe beschreibt. Man kann, durch eine einfache Construction, wenn man die Länge des Hebels kennt, seine Stellung finden, in der er gezeichnet hat und jeden Punkt der Curve auf eine Hori-

zontale projeciren, die durch den Drehpunkt des Hebels gelegt wird und die Projectionen von zwei Curven, nach der Correctur ihrer gegenseitigen Anfangsverschiebung, mit einander vergleichen. Für die Stimmgabelcurven habe ich bei dem gleichmässigen Gang der Uhrwerke auf eine Correction der gewöhnlich sehr geringen Anfangsverschiebung verzichten zu dürfen geglaubt.

Bewegungen des Gehirus bei offenem und geschlossenem Schädel.

Man hat lange über die Art und Weise des Zustandekommens der Bewegungen an freiliegenden Hirntheilen gestritten und die verschiedensten Ansichten darüber aufgestellt, für deren Studium namentlich das ausgezeichnete Buch von Althann¹⁾ empfohlen werden muss. Seitdem man weiss, dass auch an anderen Organen, wenn sie unter ähnliche Bedingungen wie das Gehirn gebracht werden, ganz analoge Bewegungen nachgewiesen werden können, sind jene verschiedenen Ansichten als widerlegt zu betrachten. Schliesst man einen Arm in einen jener Apparate ein, die ich, einen Ausdruck Mosso's adoptirend, kurzweg als Plethysmographie bezeichnen will und schliesst diesen an einer Stelle mit einer elastischen Membran, so hat man eine kindliche Fontanelle schematisch nachgeahmt. Doch liegen in Wirklichkeit die Verhältnisse etwas anders. Die Schwankungen des Volums eines Organes werden in dem angeführten Falle durch eine incompressible Flüssigkeit auf eine einzige Stelle übertragen. Denken wir uns aber mehrere solcher Stellen mit Membranen verschiedener Elasticität geschlossen, so wird stets die ausdehnbarste Membran die grössten Bewegungen zeigen, die Bewegung wird stets am stärksten auf die Punkte geringsten Widerstandes übertragen werden. Das Gehirn und Rückenmark sind nun in einer im Ganzen starren Kapsel eingeschlossen, die jedoch viel mehr solcher Punkte geringeren Widerstandes aufzuweisen hat als man das in früherer Zeit annahm. Wäre die Kapsel bis auf eine Stelle, ich will sagen einen Defect im Schädel, fest, so müsste sich auf diese Stelle die gesammte Bewegung des Gehirns und Rückenmarks übertragen und zwar vorwiegend durch

¹⁾ Beiträge zur Physiol. u. Pathol. der Circulation. I. v. G. Althann. Dorpat 1871.

die Cerebrospinalflüssigkeit, auf deren Wirkung wohl Donders¹⁾ zuerst aufmerksam gemacht hat. Freilich ist die Cerebrospinalflüssigkeit nur ein Theil der die Bewegungen übertragenden Medien; die weiche, d. h. mit viel flüssigen Substanzen durchtränkte Masse des Gehirns selbst muss ja Bewegungen, die im Innern ihre Ursache haben, zur Oberfläche leiten und kann sie auch bis zur Stelle der Beobachtung hinleiten, wenn dort wenig oder gar keine Cerebrospinalflüssigkeit vorhanden ist. Da nun aber an der Wirbelsäule sowohl als auch am Schädel so viele nur mit Weichtheilen ausgekleidete Oeffnungen, in die sich beträchtliche lymphatische Scheiden hineinerstrecken, existiren, so vertheilt sich die Bewegung auf diese vielen Stellen; immerhin wird ein Defect im knöchernen Schädel als die Stelle des weitaus geringsten Widerstandes zu betrachten sein. Da der Blutreichthum des Gehirns ein beträchtlicher ist, ist es naheliegend anzunehmen, dass auch seine Bewegungen ausgiebiger sind als die anderer Organe, namentlich der Extremitäten. Letztere sind ohne Hilfsmittel nicht zu erkennen. Wird der Liquor cerebrospinalis fortgeschafft, so steht das Gehirn unter ähnlichen Bedingungen wie die Extremitäten und es müssten auch bei diesem nun die Bewegungen unsichtbar werden; es hat jedoch Braun²⁾ beim Thierexperiment darauf aufmerksam gemacht, dass diese Bewegungen nach Abfluss des L. cerebrosp. nicht, wie früher bisweilen behauptet wurde, vermisst werden, wenn man darauf achtet, dass die Dura dem Gehirn gut anliegt, so dass man hier wirklich grössere Excursionen als beim Arme annehmen muss.

Eine andere Frage ist, ob bei geschlossenem Schädel jene Punkte geringeren Widerstandes genügen, um die Bewegungen sich überhaupt entwickeln zu lassen und wenn dies der Fall ist, ob sie sich vollständig entwickeln können. Wäre die Schädelrückenmarkshöhle gar nicht dehnbar, so müsste das Blut, wenn es überhaupt noch kreisen könnte, in constantem Strome hindurchfliessen, oder es müsste, wenn Geschwindigkeitsdifferenzen vorkämen, genau so viel Flüssigkeit in einem Momente ausfliessen als hineinfliesst, so dass z. B. bei einem pulsatorischen Zufließen auch ein pulsatorisches Abfließen zu Stande kommen müsste; es müsste also, wenn man von Verdrängung von Lymphe absieht, die jedenfalls nur eine unter-

¹⁾ Vergl. Althann, l. c. S. 91.

²⁾ v. Langenbeck's Arch. f. klin. Chirurg. Bd. XXI. Hft. 2.

geordnete Rolle spielt, ein Venenpuls existiren. Dies müsste auch dann noch der Fall sein, wenn die Ausdehnungsfähigkeit der Wand derart wäre, dass Bewegungen zwar zu Stande kommen, sich aber nicht vollständig entwickeln könnten. Nun glaubt Mosso einen solchen Venenpuls demonstirt zu haben, doch lassen sich gegen seine Versuche schwere Bedenken erheben. Er hat damit, wie aus Althann's Mittheilungen hervorgeht, eine oft behauptete und ebenso oft widerlegte Thatsache berichtet, gegen die Althann mit Recht den Einwand macht, dass sie, weil inconstant, als abnorm zu betrachten sei. Mosso's Versuche an den Sinus des Gehirns scheinen mir für die Frage durchaus nicht beweisend zu sein. Mosso hat zur Entscheidung dieser Frage eine Trepanationsöffnung in den Schädel gemacht und musste natürlich, einerlei ob die dünne Wand eines Sinus sich dazwischen befand oder nicht, die in allen diesen Fällen beobachteten Bewegungen des Gehirns zur Anschauung bringen. Dass aber bei vollständig intacten Wandungen der Schädel-Rückenmarkshöhle Volumschwankungen existiren, hat Donders an den Bewegungen des Lig. atlanto-occipitale des Kaninchens gezeigt. Dieselben verschwanden dem Auge, wenn das Thier trepanirt wurde, weil jetzt die Trepanationsstelle den geringsten Widerstand bot und erschienen wieder, sobald das austrepanirte Knochenstück wieder fest in die Schädelücke eingepasst wurde.

Man hat die Circulationsverhältnisse im Schädel mit denen im Auge verglichen; jedoch muss man dabei sehr vorsichtig sein; denn das Auge ist durch die es allseitig umfassende, sehr derbe Sclera, die höchstens an der Papille eine etwas nachgiebigere Stelle besitzt, gewiss ungünstiger gestellt als die Schädelhöhle. Dass in diesem Organ Arterienpuls existirt, geht aus dem am normalen Auge beobachteten Venenpulse hervor, der nur durch jenen bedingt sein kann; ausserdem ist der Arterienpuls in seltenen Fällen am normalen Auge von Donders¹⁾ und Becker¹⁾ direct beobachtet. Aber gerade das Vorhandensein des Venenpulses macht Volumschwankungen zweifelhaft, da hier der obengenannte Fall vorliegen kann, dass stets in einem Momente ebensoviel ausfliesst als ein.

Wird es so möglich, dass keine oder sehr geringe Volumschwankungen im Auge existiren, so müssen auch die Druck-

¹⁾ Handbuch der Ophthalmol. II. 1. S. 347.

schwankungen äussert gering sein und in der That hat diese Leber¹⁾ unmerklich gefunden, wenn er Sorge trug, dass möglichst normale Verhältnisse beibehalten wurden. Er hat gezeigt, dass, wenn ein Manometer leer in die vordere Augenkammer eingeführt wurde, so dass Kammerwasser in dasselbe eintrat, die Flüssigkeitssäule im Manometer pulsähnliche Bewegungen machte; wurde aber im Manometer ein dem Augendruck ungefähr gleicher Hg-Druck hergestellt, so konnten mit blosssem Auge keine Druckschwankungen mehr nachgewiesen werden.

Die Schwankungen müssen nun beim Auge, schon wegen der geringeren Blutfülle, bedeutend kleiner sein als die in der Schädelrückenmarkshöhle; da sie aber so deutlich nachgewiesen werden können, sobald der Druck ein wenig herabgesetzt ist, so sollte man denken, dass sie sich mit der gleichen Methode auch unter den normalen möglichst ähnlichen Bedingungen zeigen müssten, wenn sie nur einigermaassen erheblich wären. Man wird nach alle dem zugeben müssen, dass die Schädelhöhle dem Auge gegenüber in Bezug auf Ausdehnbarkeit günstiger gestellt ist.

Die Gehirncurven.

Schwankungen, die mit dem Herzschlage synchron sind.

Synchron mit dem Herzschlage verzeichnet das Gehirn mit den oben angegebenen Instrumenten Curvenreihen, deren Glieder auf den ersten Anblick Sphygmogrammen gleichen, es handelt sich aber hier um Volumschwankungen und es fragt sich wie diese zu Stande kommen und wie sie sich zu jenen Curven verhalten, die mit dem Sphygmographen an Arterien aufgenommen werden. Fick²⁾ hat über das Zustandekommen dieser Volumschwankungen eine sehr klare Auseinandersetzung gegeben und dieselben auf eine sehr vollkommene Weise demonstrirt. Er scheint der erste gewesen zu sein, der die Volumschwankungen ganzer Organe aufgezeichnet und gemessen hat. Sein Apparat ist sehr einfach und beruht auf dem Princip, durch eine incompressible Flüssigkeit die Bewegungen ganzer Organe auf eine enge Röhre zu übertragen, wie sie Bour-

¹⁾ v. Graefe's Arch. f. Ophthalmol. XXVI. 3. S. 274.

²⁾ Unters. aus d. physiol. Lab. d. Züricher Hochschule. Heft I. S. 51 ff.

gougnon¹⁾ zuerst für das Gehirn, Piégu¹⁾ und Chelius¹⁾ für Extremitäten angewandt hatten. Die Idee, diese Bewegungen zu verzeichnen, scheint von Buisson¹⁾ ausgegangen zu sein, der den Vorschlag machte, sie durch Luftübertragung mittelst der von ihm zuerst angewandten registrirenden Luftkapsel aufzuschreiben. Fick hat jedoch dies Verfahren nicht angewandt, sondern an seinen Glasbehälter für den Arm seitlich ein Manometer angebracht, und die in demselben stattfindenden Schwankungen durch einen leichten Schwimmer übertragen. Man hat gegen diese Methode einige Einwände erhoben, die ich nicht für gerechtfertigt halte. F. Frank²⁾ meint, dass dabei Eigenschwingungen der Wassersäule im Manometer eintreten könnten, jedoch ist dafür keine Möglichkeit vorhanden. Ein über das Ziel Hinausschwanken könnte doch nur stattfinden, wenn die Flüssigkeitssäule irgendwo zerrisse, da ihre Trägheit sicher verschwindend klein ist gegen eine Kraft, die von aussen eine Volumsvergrößerung des Arms zu bewirken im Stande wäre und ein Rückwärtsschwanken, welches über die Volumsverkleinerung des Arms ginge, könnte nur dann stattfinden, wenn dieser compressibel wäre oder der Druck so gross würde, dass er Flüssigkeit aus ihm nach dem Körper zu treiben im Stande wäre, was wohl auch Niemand annehmen wird oder er müsste die Membran nach aussen treiben, welche den Apparat verschliesst, für deren Festigkeit Fick jedoch thunlichst gesorgt hatte. Zwar will Frank³⁾ bei Benutzung enger Röhren andere Curven bekommen haben als bei Anwendung seiner Kugel, doch handelt es sich hier um Erfolge, die er zu Anfang seiner Versuche erhalten hat, und die Ausschlussung anderer Ursachen ist von ihm nicht versucht worden. Der andere Einwand wurde von Mosso⁴⁾ gemacht, der meinte, die durch die Schwankung der Flüssigkeitssäule im Manometer um einen Nullpunkt erzeugten positiven und negativen Drucke genügten, um die Blutgefässe zu beeinflussen. Er hat dabei zwei Fehler gemacht: einmal hat er Verhältnisse, wie er sie künstlich an überlebenden und absterbenden Nieren gefunden hatte, fälschlicherweise auf die natürlichen Verhältnisse eines anderen, lebenden

¹⁾ Vergl. Fr. Frank, Travaux du laboratoire d. M. Marey. II. 1876.

²⁾ l. c.

³⁾ l. c. p. 14.

⁴⁾ Movim. dei vasi sanguigni. Turin 1875. p. 14.

Organs übertragen und zweitens ausser Auge gelassen, dass bei Fick im Apparat stets ein negativer Druck herrschte, der aber auch so gering war, dass ihm ein irgend wie in Betracht kommender Einfluss auf die Circulation nicht zugesprochen werden kann. Kleine Fehler liegen in dem von Fick angewandten Manometer in der Benetzung der Manometerwände, welche aber leicht zu vermeiden ist, wenn man sie mit einem dünnen Ueberzuge von Paraffin überzieht und liegen ferner darin, dass es schwer ist einen Schwimmer zu construiren, der mit vollkommener Genauigkeit den Bewegungen der Flüssigkeitsäule, die ihn trägt, zu folgen im Stande wäre. Fick hat das Zustandekommen der Volumcurven aus der Differenz der Blutmengen, die in der Zeiteinheit in die Arterien ein- und durch die Venen austreten, erklärt und diese einfache Erklärung ist von keinem der Forscher, die sich später plethysmographischer Methoden bedient haben, adoptirt worden. F. Frank irrt, wenn er schreibt, dass diese alternirenden Oscillationen in demselben Verhältniss zu den Herzbewegungen stehen wie der Puls einer einzigen Arterie an der gleichen Körperstelle. Dieser Auffassung scheinen sich alle späteren Arbeiten angeschlossen zu haben, sie findet sich noch in dem neuesten Werke von Marey¹⁾ über die Blutcirculation, wo die Volumsänderungen nur den Arterien und kleinsten Arterien zugeschrieben werden (p. 198) und die Tricuspidalform durch eine aufeinanderfolgende Füllung zuerst der Arterien, dann der Capillaren erklärt wird (p. 370) und ist von Mosso auf das Deutlichste in seiner neuesten Arbeit wieder ausgesprochen worden, indem er sagt, dass die Curve „der Curve gleich ausfällt, die wir erhalten, wenn wir mittelst eines sehr empfindlichen Sphygmographen an irgend einem Punkte die Pulsationen der Wandungen der Radialarterie registriren“. Als Grund giebt Mosso dafür an: die Grösse der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswelle durch die Länge des Vorderarms im Vergleich zur Rotationsgeschwindigkeit des Cylinders. Es ist klar, dass für das Gleich- oder Nichtgleichausfallen die Geschwindigkeit der Schreibfläche nicht in Betracht kommt, aber auch die Ansicht, dass die Pulswelle in ihrem Verlauf durch die Länge des Vorderarms aufgezeichnet werde, ist falsch; nur das Einströmen durch den Querschnitt der Arterien und das gleichzeitige

¹⁾ La circul. du sang. Paris 1881.

Ausströmen durch den Querschnitt der Venen an der Stelle, wo der Apparat den Arm umschliesst, ändert dessen Volum. Dass nur diese beiden Factoren dabei in Betracht kommen, wird wohl durch folgende Ueberlegung am einfachsten klar gemacht: denken wir uns einen der beiden Factoren fort, so muss also nur noch ein einziger übrigbleiben; schliessen wir den venösen Abfluss ab, so darf nur noch der Einfluss durch den Querschnitt der Arterie (ich nehme für diesen schematischen Arm eine Vene und eine Arterie an) für das Volum maassgebend sein. Denken wir uns nun in einem Augenblicke das Blut in Ruhe und nennen das Volum des Armes in diesem Augenblicke A ; nun werde die Blutmasse α in die Arterie eingepresst und laufe als Welle weiter, so wird in dem Momente des Einfließens das Volums auf $A + \alpha$ vermehrt, diesen Werth behält aber das Volum während des ganzen Verlaufs der Welle. Vergleichen wir nun in diesem Arm ohne Abfluss die Curve, die der Sphygmograph von der zuführenden Arterie schreibt, mit jener des Plethymographen. Letzterer verzeichnet Volumschwankungen des ganzen Organs, was aber verzeichnet der Sphygmograph? Die Kraft, die das Blut in die Arterien treibt, würde ohne peripherische Widerstände blos in Geschwindigkeit verwandelt, durch diese jedoch ist es bedingt, dass nur ein Theil der Kraft in Geschwindigkeit umgewandelt wird, ein anderer Theil aber zu einer Bewegung und Spannung der Arterienwand verbraucht wird (von Wärmeerzeugung etc. kann hier natürlich abgesehen werden). Von allen diesen Factoren ist es nur die Bewegung eines Theiles der Arterienwand, welche sich dem Sphygmographen mittheilt und von diesem verzeichnet wird. Auch hier wird also eine Volumschwankung verzeichnet, die natürlich von ganz denselben Bedingungen, nemlich von Zu- und Abfluss in der Arterie bedingt sein muss; nur weil durch die peripherischen Widerstände das Blut zeitweise nicht so schnell am Ende der Arterie abströmen kann als es zufließt entsteht eine Erweiterung derselben. Könnte man eine Arterie in ihrem ganzen Verlaufe bis dahin, wo die Pulselle erloschen ist, also bis in die Capillaren hinein in einen Plethysmograph einschalten, so hätte man die gleichen Verhältnisse wie beim Arm, nemlich wechselnden Zufluss und constanten Abfluss; schaltet man dagegen, wie es Poisenille¹⁾

¹⁾ Magendie, Journ. de phys. expér. IX. 1829.

gethan hat, nur ein kleines Stück einer Arterie in ein ähnliches Instrument ein, so sind die Verhältnisse ganz andere und man muss hier den sphymographischen Curven ganz gleiche erhalten, weil die Aus- und Einflussdifferenz bei der Länge der Pulswelle für das kleine Stück Arterie so gering ist, dass man das letztere als einen einfachen Arterienquerschnitt betrachten kann. Für einen ganzen Körpertheil, wie z. B. den Arm, kann dies Verhältniss natürlich nicht eintreten; man müsste sich in einem Gliede arterielles, capillares und venöses Gebiet hintereinander gelegt denken und einen Theil des arteriellen in den Plethysmographen eingeschaltet um gleiche Curven zu erhalten.

Denken wir uns nun in den oben erwähnten Arm ohne Abfluss eine Pulswelle eindringen und von einem Sphymographen und einem Plethysmographen wie oben verzeichnet werden: so wird von Anfang bis zum Gipfel der Welle die Arterie immer mehr ausgedehnt, die Sphymographencurve steigt, das Volumen des Arms nimmt Anfangs langsam, dann immer schneller zu. Vom Gipfel bis zum Ende der Welle fällt die Arterienwand zusammen, die Curve nimmt mehr und mehr ab, das Volumen des Arms nimmt Anfangs schnell, dann immer langsamer zu. Oeffnen wir nun den venösen Abfluss, so wird das auf die Sphymographencurve keinen sehr wesentlichen Einfluss ausüben, die Volumcurve wird dagegen erhebliche Modificationen erfahren. Solange der Abfluss kleiner ist als der Zufluss wird, wie bei verschlossener Vene, die Curve fortwährend steigen müssen, nur nicht mehr so rasch; wird der Abfluss grösser als der Zufluss, so muss die Gesammtcurve fallen. Der gewöhnlich vorkommende Fall wird jedoch der sein, dass der Abfluss dem mittleren Zufluss gleich ist oder ihm nahe kommt; ist dies der Fall, so muss es im Verlauf einer Pulswelle Zeitpunkte geben, wo Zu- und Abfluss gleich, ferner solche wo der eine grösser resp. kleiner ist; ist der Zufluss grösser, so steigt die Curve, ist er kleiner als der Abfluss, so sinkt sie. Nennen wir also die Mengen des in der Zeiteinheit zufließenden und abfließenden Blutes, wenn sie gleich sind, $a = b$ und fließt zu Anfang der Welle $a - (\alpha + \beta) < b$, im Moment darauf $a - \alpha < b$ in die Arterie ein, so steigt die Sphymographencurve, während die Plethysmographencurve sinkt, jedoch langsamer als im vorhergehenden Momente; fließt aber $a + \alpha > b$ und darauf $a + \alpha + \beta > b$ in die

Arterie ein, so steigt die Sphygmographen- sowie die Plethysmographencurve. Man sieht also aus dieser theoretischen Betrachtung, dass beide Curven durchaus nicht gleich auszufallen brauchen, und es ist nothwendig, diejenige, welche die mit dem Herzschlage synchrone Volumschwankung eines Organs darstellt, und die man mit Marey¹⁾ Organpulscurve nennen kann, von einer Arterienpulscurve wohl zu unterscheiden.

Dass die Erklärung von Fick die richtige ist, geht daraus hervor, dass die von ihm nach dieser Betrachtung construirte Curve, welche er zweckmässig als die der Stromstärke in den Arterien bezeichnet, grosse Aehnlichkeit hat mit Geschwindigkeitscurven, die Marey²⁾ und Lortet³⁾ mit direct verzeichnenden Apparaten aufgeschrieben haben; ich sage Aehnlichkeit, da ich Fick nicht beistimmen kann, wenn er vollkommene Gleichheit erwartete. Fick bezeichnet, wie bemerkt, seine Curven als Stromstärkecurven. Er braucht es aber promiscue mit Geschwindigkeitscurve. Nun wird aber die Stromstärke ausgedrückt durch die Menge des Blutes, die in der Zeiteinheit durch den Querschnitt der Arterie einströmt, während die Geschwindigkeit ausgedrückt wird durch die Menge Blutes, die in der Zeiteinheit durch einen Querschnitt von stets gleich bleibenden Dimensionen strömt. Beide Grössen könnten proportional sein, wenn der Querschnitt stets in demselben Sinne zu- und abnähme wie die Geschwindigkeit; da dies jedoch, wie aus Lortet's Curven hervorgeht, nicht der Fall ist, so müsste zur Bestimmung der Geschwindigkeit ausser der Stromstärke auch der jeweilig dazugehörige Querschnitt der Arterie bekannt sein. Wenn aber, was wohl der Fall sein wird, die Aenderungen des Querschnitts klein sind im Verhältniss zu den Aenderungen der Geschwindigkeit, so wird die Curve der Stromstärke, wenn auch nicht gleich, so doch ähnlich der Geschwindigkeitscurve ausfallen müssen.

Was nun die Aehnlichkeit der Volumecurve mit der Sphygmographencurve betrifft, so ist die Erklärung dafür eine complicirte Sache: Die Wandbewegung der Arterie (vom Sphygmographen verzeichnet) combinirt mit der Geschwindigkeit giebt die Stromstärke, diese combinirt mit der Ausflussmenge aus der Vene giebt die

¹⁾ l. c. p. 367.

²⁾ *Physiol. medicale de la circulation.*

³⁾ *Recherches sur la vitesse du cours du sang etc.* Paris 1867.

Volumschwankung. Wir kennen alle diese Factoren noch zu wenig genau, um die Erklärung dieser Aehnlichkeit aus ihnen abzuleiten, ich will aber zunächst untersuchen, wie weit die Aehnlichkeit bei den Curven in der That geht. Eine auffallende und bei Sphygmo-grammen nicht gerade häufige Form dieser Curven ist die von Mosso sogenannte tricuspidale. — Auch ich habe öfters Gelegenheit gehabt die tricuspidale Form constatiren zu können (Fig. 1 b, Fig. 3), jedoch nicht so häufig, dass ich es nach meinen Curvenbildern als normale Form bezeichnen könnte. In meinem 2. Falle kommen tricuspidale Curven äusserst selten vor. Sogar im Schläfe sind sie für gewöhnlich nicht zu finden und auch in wachem Zustande, wenn ich annehmen konnte, dass der Mann seine vollkommene Gemüthsruhe besass, ein Zustand, den Mosso für das Zustandekommen tricuspidaler Curven als am meisten geeignet bezeichnet, sind solche Formen kaum zu finden. Etwas anders verhält es sich in unserem 1. Falle. Zwar ist auch hier die erste Erhebung häufig die höchste, jedoch nähern sich solche Curven häufig in der Art der tricuspidalen Form, dass wenigstens die 2 nächsten Gipfel der Curve in einem Niveau und nahezu so hoch wie der erste Gipfel gelegen sind (Fig. 2 b) und endlich kommen öfters lange Reihen von Curven vor, die vollständig mit den tricuspidalen von Mosso übereinstimmen (Fig. 3). Diese Differenz im thatsächlichen Material bedarf einer Erklärung. Es ist zunächst gewiss der Einwand nicht von der Hand zu weisen, dass es schwer sei, bei Patienten und namentlich bei den mit ihnen vorgenommenen Manipulationen den Zustand geistiger Ruhe herzustellen; jedoch kann dies nicht der wesentliche Grund sein, da die Gemüthsstimmung des Mannes eine ganz entschieden ruhigere war als die des stets von Schmerzen geplagten Kindes und dennoch gerade bei dem letzteren die von Mosso für tiefste Geistesruhe als normal bezeichnete Form eher erhalten wurde als bei dem Manne.

Leider habe ich bei meinen Untersuchungen auf einen Punkt zu spät geachtet, der für die Form der Curven von einiger Bedeutung ist: es sind dies die Mängel des Instruments. Die Membran der Marey'schen Tambours, so gut geeignet zur Wiedergabe nicht zu rascher Bewegungen, ist nicht im Stande so schnellen Bewegungen wie den pulsatorischen mit der Genauigkeit zu folgen, die für manche Details nöthig wäre und so namentlich für die Höhe

der ersten Erhebung. Dies geht einfach daraus hervor, dass die Gestalt der Curven wechselt, je nachdem der Angriffspunkt des von der Mitte der Membran ausgehenden Zapfens am Hebel von dessen Drehpunkt entfernt oder ihm genähert wird, kurz ob der Hebel in eine mehr oder weniger empfindliche Stellung gebracht wird. Bei der Curvenreihe, aus der Fig. 4 a, b genommen ist, habe ich lange Zeit mit empfindlich gestelltem Hebel gearbeitet und fast ausschliesslich katakrote Curven erhalten (a), sofort aber nur noch anakrote (b), als ich den Hebel weniger empfindlich stellte. Da mir sonst nie ein so plötzlicher und so dauernder Wechsel der Form der Curven vorgekommen ist, muss ich die Aenderung auf die Verschiebung des Hebels beziehen. Auch in unserem zweiten Falle sind bei weniger empfindlich gestelltem Hebel die ersten Erhebungen weniger hoch, ja manchmal werden sie von den zweiten überragt (Fig. 5 Curve III a a). Es fragt sich nun, welche Stellung des Hebels am genauesten die natürlichen Schwankungen wiedergiebt. Da, wenn der Angriffspunkt der Trommel am Hebel dem Drehpunkt desselben genähert wird, das Moment der Kraft verringert wird, das Moment der Last also verhältnissmässig grösser wird, so sollte man denken, dass dadurch Eigenschwingungen der Membran weniger leicht vorkommen könnten; nun ist aber die Last des Hebels im Verhältniss zu den die Membran aufblasenden Kräften sehr klein, dagegen kommt seine Trägheit mehr in Betracht, wenn er, wie es bei dieser Stellung geschieht, grössere Excursionen macht; sie wird in diesem Falle ausreichen zu einer Kraft zu werden, die die Membran des Tambours mit in die Höhe zieht, so dass der Gipfel der Curve nicht der Ausdruck einer von der Membran ausgehenden Bewegung, sondern einer Eigenschwingung des Hebels ist und zudem kommt noch in Betracht, dass der grössere Excursionen machende Hebel etwaige Eigenschwingungen der Membran in grösserem Maassstabe verzeichnet. Bei meinen Untersuchungen schwang der registrirende Hebel in der Verticalebene; Mosso scheint ihn so angewandt zu haben, dass er in der Horizontalebene schwang. Möglicherweise wird dadurch der Fehler etwas kleiner, aber immerhin sind auch dabei Eigenschwingungen des Hebels nicht ausgeschlossen. So ist es erklärlich, dass manche Spitze der ersten Elevation zu hoch ausgefallen sein mag und dass namentlich Curven, die den tricuspidalen sich nähern bei möglichst richtiger Stellung des Hebels

wirklich anakrot ausgefallen wären. Aber trotzdem kann auch hierin nicht der alleinige Grund der Verschiedenheit zwischen Mosso's Beobachtungen und den meinigen liegen, da im 2. Falle trotz des weniger empfindlich gestellten Hebels die meisten Curven dennoch katakrot ausfallen und umgekehrt im 1. auch bei möglichst empfindlich gestelltem Hebel anakrote Curven vorkommen. Es zeigt sich da ein so grosser Unterschied, dass der kleine Mangel des Instruments dafür nicht verantwortlich gemacht werden kann. Dass der Mangel kein sehr grosser sein kann, sieht man aus dem Vergleich der Curven mit solchen, die mit einem anderen Instrument erhalten sind, nemlich mit dem Marey'schen Sphygmographen. Die Curve, die man mit dem Instrumente, wenn es an dieser Stelle applicirt wird, zu erwarten hat, wird der Volumcurve ähnlich ausfallen müssen, wenn es nicht gerade auf eine grössere Arterie aufzusitzen kommt, was nicht anzunehmen ist. Die Volumschwankung trägt sich, wie wir gesehen haben, durch die Cerebrospinalflüssigkeit auf alle Stellen geringeren Widerstandes, zumeist also auf die grosse, des Knochens entbehrende Stelle am Kopfe über und diese theilt dem Sphygmographen die gleiche Bewegung mit. Sind freilich die angewandten Instrumente klein und die Lücke sehr gross, so kann es vorkommen, dass man nicht mehr die Volumschwankung des ganzen Gehirns, sondern oberflächlicher Theile misst. So konnte Burckhardt¹⁾ Weiterschreiten von Wellen am Gehirne nachweisen; bei der im Verhältniss zur Narbe grossen Pelotte des Sphygmographen kommt dies nicht in Betracht. Bei dem Manne liess sich derselbe an der Narbe ziemlich gut appliciren. Ich versuchte zuerst, ihn einfach mit der Hand anzudrücken, glaubte jedoch ihn noch sicherer fixiren zu müssen; dies gelang denn auch vermittelst Bunsen'scher Gestelle, so dass er die Curven verzeichnete, ohne dass meine Hand ihn berührte; dennoch scheinen mir die Curven in manchen Beziehungen nicht vollkommen zu sein. Einmal erscheint an der ersten Erhebung als Gipfel häufig eine sehr scharfe kleine Zacke, für die mir die von Maurer²⁾ angeführten, allerdings äusserst kleinen Eigenschwingungen des Hebels des Marey'schen Instruments verantwortlich gemacht werden zu müssen scheinen,

¹⁾ Ueber Gehirnbewegungen. Bern 1881. S. 53.

²⁾ Ueber Herzstosscurven u. Pulscurven. Deutsches Archiv f. klin. Med. Bd. XXIV. S. 305.

sodann treten in der 2. Hälfte der Curve Oscillationen hervor, die nicht immer ganz deutlich ausgeprägt sind. Es mögen hieran Bewegungen des Patienten schuld sein. Trotzdem kann die bisweilen ziemlich beträchtlich über den übrigen Theil der Curve hervorragende erste Erhebung nur die gleiche Form der mit Mosso's Methode erhaltenen Curven unterstützen und auch von dem anderen Fehler scheinen mir einige Curven vollkommen frei zu sein. Solche wählte ich nun zu einem genauen Vergleiche mit den mit dem Marey'schen Tambour erhaltenen aus (Fig. 6). — Zur genauen Ausmessung der letzteren hatte ich, wie ich oben erwähnt habe, unter dieselben Stimmgabelcurven verzeichnet mit einer Stimmgabel, die 100 ganze Schwingungen in der Secunde machte und diese selben benutzte ich auch zur Ausmessung der Sphygmographencurven. Es ist klar, dass man, wenn das Uhrwerk gleichmässig geht, was annähernd der Fall ist, einen Maassstab hat, mit dem man das Verhältniss der Längen zweier Curvenabschnitte irgend einer anderen Curve zueinander unabhängig von der absoluten Geschwindigkeit des Uhrwerks vergleichen kann. Man kann jedoch auch die absolute Zeit, die den einzelnen Curvenstücken entspricht, mit annähernder Richtigkeit messen, wenn man Sorge trägt, dass man die Sphygmographencurven mit gleich langen desselben Individuums vergleicht unter denen die Zeit verzeichnet ist. Da ich auch bei diesen Curven die Ordinatenbögen verzeichnet hatte, so war es leicht, die Abweichungen der Curven wegen der Kreisbewegung des Hebels zu corrigiren und erhielt nun für die einzelnen Abschnitte folgende Zeitwerthe in $\frac{1}{100}$ Secunde ausgedrückt:

| ab | bc | cd | de |
|----|----|----|-----|
| 11 | 20 | 13 | 32 |
| 11 | 22 | 12 | 36 |
| 8 | 15 | 9 | 34. |

Weiter gebe ich hier den aus 15 Curven berechneten Mittelwerth der mit der Mosso'schen Methode erhaltenen Curven ebenfalls in $\frac{1}{100}$ Secunde ausgedrückt (vgl. Fig. 7):

| ab | bc | cd | de |
|------|------|------|-------|
| 12,0 | 17,0 | 10,3 | 96,0. |

Wenn man, wie aus der unten angeführten Tabelle zu ersehen, die vorkommenden Schwankungen im Auge behält, so wird man keinen Anstand nehmen, die eben verglichenen Erhebungen zu iden-

tificiren. Die Erhebung zwischen b und c dieser Curven ist in den Sphygmographencurven nur hie und da ganz schwach angedeutet, sie ist übrigens auch bei den Trommelcurven nicht immer von gleicher Deutlichkeit.

Dass die Erhebungen der tricuspidalen und der katakroten Curven gleichwerthig sind, geht daraus hervor, dass die beiden Formen ganz allmählich in einander übergehen und sich auch zeitlich gleichen.

Das einzige was ich zur Erklärung der Verschiedenheiten der Curven bei den beiden untersuchten Individuen heranziehen kann, sind verschiedene Druckverhältnisse im Schädelinnern. Verschiedener Druck muss ja auf Zu- und Abfluss von grosser Wirkung sein und somit auch die Volumcurve beeinflussen können. Nun dürfte dieser Druck bei unserm 2. Falle geringer gewesen sein als im ersten. Die so auffallend viel stärkeren Bewegungen des Gehirns scheinen darauf hinzudeuten, dass die Dura fehlte. Dass diese durch das Trauma, welches der Mann erlitten hatte, zerrissen worden war, wissen wir, da er einen Gehirnprolaps gehabt hatte und in dem weichen, grosse Excursionen machenden Narbengewebe ist eine so straffe Haut nicht zu erwarten. Diese Excursionen sind, wie oben erwähnt, besonders im Liegen sehr gross (Fig. 8, 9) und die Hervorwölbung ist dabei so stark, dass man kaum annehmen kann, es wölbe sich hier Gehirnmasse hervor, sondern zu denken geneigt ist, dass direct unter der Narbe eine Flüssigkeit angesammelt sein möchte. Nun ist, wie aus einer Arbeit von Braun¹⁾ zu ersehen ist, eine Flüssigkeit resp. Eiteransammlung wenigstens unterhalb der Dura manchmal für die Wahrnehmung der Hirnbewegungen hinderlich, er hat jedoch auch Fälle aus der Literatur zusammengestellt, wo dies nicht der Fall war. Es wird dies, wie Braun richtig bemerkt, mit der Spannung der über der Flüssigkeit befindlichen Membran zusammenhängen, die ja in unserm Falle sehr gering ist. Jedenfalls ist in diesem Falle eine nicht unbeträchtlich grosse Stelle vorhanden, gegen welche das Gehirn bei seiner Füllung mit Blut viel besser ausweichen kann als bei erhaltener Dura und in Folge dessen ist auch ein geringerer innerer Druck anzunehmen. Wenn ich nun aber den Satz aufstelle, dass ein stärkerer Innendruck das Zustandekommen tricuspidaler Curven begünstige, so scheint das im Widerspruch zu stehen mit

¹⁾ l. c.

den Erfahrungen von Mosso, welcher gezeigt hat, dass Einflüsse, welche die Gefässmusculatur lähmen, die Gefässe also erweitern und den Druck herabzusetzen scheinen, vorwiegend tricuspidale Curven erzeugen. Doch glaube ich diesen Widerspruch heben zu können. Eine Erweiterung der Gefässe eines Organs muss ja zunächst den Druck in den zuführenden Gefässen herabsetzen; zu gleicher Zeit wird aber das Organ stärker mit Blut gefüllt. Ist es nun in seiner Dehnbarkeit nicht unbeschränkt, so wird es sich bald den Grenzen seiner Ausdehnbarkeit annähern. Nun scheinen mir solche Beschränkungen am Arm gegeben zu sein durch die äussere Haut, die Fascien u. s. w., während beim Gehirn die Dura mater diese Rolle übernimmt.

Auch Burckhardt, glaubt die Unterschiede zwischen tricuspidaler und katakroter Form auf die verschiedenen Eigenschaften der Gefässwand beziehen zu müssen¹⁾. Aber schon aus meinem 2. Falle ergibt sich die Unzulässigkeit dieser Annahme. Ich wüsste gar keinen Grund anzuführen, warum es hier, trotz der grossen Schwankungen nie zu einer Erschlaffung der Gefässwände gekommen sein sollte. Ich muss darauf aufmerksam machen, dass hier wieder eine Aehnlichkeit zwischen Volum- und Arteriencurven vorzuliegen scheint, indem auch bei Arterienphygmogrammen Druck auf das Gefäss, wie Landois²⁾ und Maurer³⁾ gezeigt haben, anakrote oder wenn man will tricuspidale Formen erzeugt, aber auch dies kann mich nicht dazu bewegen von der Fick'schen Erklärung der Volumcurven abzustehen.

Nun geht allerdings aus Mosso's Zeichnungen hervor, dass in einem Falle, wo die Gefässe notorisch erschlafft werden, bei der Einathmung von Amylnitrit und bei Druck, der von aussen wirkt, keine tricuspidalen Formen auftreten, aber man beachte die Vielgestaltigkeit der Curven in seiner früheren Arbeit unter diesen Umständen⁴⁾ um sogleich einzusehen, dass hier sehr complicirte Verhältnisse vorliegen, die noch jeder Erklärung spotten.

Weiter findet sich bei Burckhardt⁵⁾ bei einer Aufzeichnung von Fall II S. 12 eine sehr ausgeprägte Tricuspidalform, obwohl,

¹⁾ l. c. S. 15.

²⁾ Arterienpuls. S. 152.

³⁾ l. c.

⁴⁾ Die Diagnostik des Pulses. Leipzig 1879. Taf. IV, VI u. VII.

⁵⁾ l. c.

wie er S. 33 berichtet, dieser Fall nebst dem 4. die grössten Lücken und die weichsten Bedeckungen hatten; jedoch sind die Begriffe weich etc. natürlich immer relativ und auch in diesem Falle scheint die Dura vorhanden gewesen zu sein und kann die oben erwähnte Wirkung gehabt haben. Ich muss davon abstehen, den causalen Zusammenhang zwischen den verschiedenen Druckverhältnissen und der tricuspidalen Form der Pulscurven näher zu discutiren, da sein Vorhandensein nach den gemachten Einwänden doch noch zweifelhaft bleibt; die grosse Verschiedenheit der Curven in meinen beiden Fällen drängte mich zu einem Erklärungsversuch, und ich hoffe durch denselben gezeigt zu haben, wie schwierig die Beurtheilung der Volumcurven ist.

Ich will nun versuchen, diese Organpulscurven genau mit Arteriensphygmogrammen zu vergleichen, die an einer Arterie aufgenommen sind, wozu Landois's¹⁾ Maasse zu Grunde gelegt werden sollen.

Es entspringt jedoch eine grosse Schwierigkeit für diese Messungen in den individuellen Schwankungen der Curven. So vergleiche man z. B. die von Landois S. 180 verzeichneten Maasse der Carotis mit den auf S. 320 ff. angegebenen. Zwar ist der auf S. 180 angegebene Mittelwerth von 0,3456 Sec. für die Entfernung der Rückstosselevation von Anfang der Curve etwas zu klein, aber der Fehler ist so klein, dass der auf S. 322 angegebene Mittelwerth aus 30 Curven für dieselbe Entfernung 0,437 Sec. jedenfalls auffallend gross erscheinen muss. Ferner trifft in der von Landois S. 336 gemessenen Radialiscurve diese Erhebung früher ein als bei den gemessenen Carotiscurven, während sie bei demselben Individuum später zu erwarten ist.

Die Zeit von 0,3456 Sec. stimmt nun nahezu für die Zeit vom Anfange bis zum Gipfel der 3. Erhebung in den bei meinem 2. Falle verzeichneten Curven, wo sie im Mittel aus 15 Curven = 0,393 Sec. beträgt, wenn man bedenkt, dass die von Landois angegebene Zahl etwas zu klein ist und der aufsteigende Schenkel meiner Curven im Allgemeinen etwas grösser ist als in den Carotiscurven, bei denen Landois seine Länge angiebt, was möglicherweise dem oben angedeuteten Fehler der Methode, nemlich den Eigenschwingungen des Hebels zur Last gelegt werden muss.

¹⁾ Arterienpuls.

Da der Unterschied, der zwischen den Maassen der Radialis und der Carotis bei einem Individuum besteht, viel geringer ist als die individuellen Schwankungen derselben Curve, so ist es zulässig, die am Gehirn gewonnenen Curven auch mit den Sphygmogrammen der Radialis zu vergleichen und es zeigt sich, dass die von Landois S. 335 gegebene (Fig. 10 in verkleinertem Maassstabe) in ihren S. 336 verzeichneten Maassen mit den Gehirncurven ziemlich grosse Uebereinstimmung zeigt. Ich gebe hier die Maasse der beiden Curven:

| | ab | bc | cd | de |
|---------------------|------|------|------|-------|
| Landois | 9,7 | 10,8 | 18,3 | 55,0 |
| Hirncurve (Fig. 11) | 12,0 | 11,0 | 16,3 | 36,0. |

Man sieht aus diesen Maassen, dass man eine Aehnlichkeit zwischen den beiden Arten von Curven finden kann, dass jedoch wegen der individuellen Schwankungen die Sache nur entschieden werden kann, wenn man die verschieden erhaltenen Curven an einem Individuum zeitlich mit einander vergleicht. Ich habe leider versäumt Sphygmographencurven an Arterien meiner Versuchspersonen auszuführen. Ehe ich zur Vergleichung meiner verschiedenen Curven gehe, kann ich eine Curve nicht unerwähnt lassen, die ich der Güte meines Freundes Maurer verdanke (Fig. 12) und die von derselben Versuchsperson stammt, jedoch viel früher, kurz nach der Heilung des Traumas aufgenommen wurde. Sie ist ebenfalls von der Narbe am Kopfe mit dem Sphygmographen aufgenommen und scheint beim ersten Anblicke den Sphygmogrammen anderer Arterien noch näher zu stehen wie die meinigen. Ich habe nun ihre Messung nur sehr approximativ vornehmen können, da der Anfangsbogen fehlt, ich habe mir jedoch Mühe gegeben, sie im Uebrigen nach denselben Principien wie die meinigen, die mit demselben Instrumente erhalten sind, auszumessen und habe folgende Zahlen erhalten:

| ab | bc | cd | de | ef |
|----|----|----|----|-----|
| 12 | 18 | 13 | 13 | 19. |

Man sieht, dass die 3. Erhebung viel zu weit nach hinten gerückt ist, um mit der Rückstosselevation von Landois identificirt zu werden und dass die Maasse mit den von mir erhaltenen Curven sehr schlecht übereinstimmen, so sehr, dass die Unterschiede sicher nicht der Ungenauigkeit der Messung zur Last gelegt werden können. Angesichts solcher Verschiedenheiten bleibt es sehr fraglich, ob die Aehnlichkeit nicht bloß eine oberflächliche ist.

Auch zwischen den Curven der beiden von mir untersuchten Personen bestehen wesentliche Verschiedenheiten bezüglich der Zeit, welche die einzelnen Curvenabschnitte repräsentiren. Es tritt nemlich in unserm 2. Falle die 2. Elevation etwas später auf als im ersten, die dritte dagegen früher und so ist diese Curve keiner der bekannten Arteriencurven vergleichbar.

Wenn auch der experimentelle Beweis dafür, dass Organpulscurven und Arterienpulscurven verschieden ausfallen, hiermit nicht gegeben ist, so glaube ich doch gezeigt zu haben, dass man nach den bisherigen Erfahrungen durchaus nicht berechtigt ist, ihre Gleichheit zu behaupten.

Die Schwankungen erster und zweiter Ordnung der Gehirncurven.

Die mit dem Herzschlag synchronen Curven sind als Curven 3. Ordnung auf solche 1^{te} und 2^{te} aufgesetzt. *schwingen* *fliegen*

Durch die oben erwähnten Verschiedenheiten in Bezug auf die Dura scheint mir auch die in den beiden Fällen enorme Verschiedenheit in der Schwankung dieser Curven 1. und 2. Ordnung bedingt zu sein. Dieselben waren nemlich in unserem ersten Falle so gering, dass ich mir gar nicht vorstellen konnte, wie Mosso dieselben zu dämpfen genöthigt war, während der andere Fall mich in dieselbe Lage setzte. Ich habe jedoch nicht die Müller'schen Ventile angewandt, sondern nur wenn es nöthig war die Entspannungsklappe am Schlauch der Marey'schen Luftkapsel geöffnet. Auch bei diesen Schwankungen muss auf einen möglichen Fehler des Instrumentes aufmerksam gemacht werden, der bei der Beurtheilung der Curven nicht ausser Auge gelassen werden darf; es ist dies die Einschaltung der Luftsäule zwischen Gehirn und Registrirapparat. Dadurch machen sich natürlich Temperaturschwankungen bemerklich, die namentlich zu Anfang, wo die Luft vom Kopfe aus nicht unbeträchtlich erwärmt wird, sich geltend machen könnten; jedoch kann für Schwankungen von so regelmässiger Periodicität und solcher Amplitude, wie wir sie hier finden, dieser Fehler nur sehr wenig in Betracht kommen; nur bei den ganz langen, erst im Verlaufe von Minuten sichtbar werdenden Schwankungen, darf er nicht ausser Acht gelassen werden.

Was das Entstehen dieser Wellen 2. und 1. Ordnung betrifft, so hängen sie auch wieder von Zu- und Abfluss ab. Ist der Ab-

| Fall I. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Von Anfang bis zum Gipfel der 1. Welle | 7,5 | 5,0 | 6,5 | 6,0 | 8,0 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 7,0 | 7,0 | 6,0 | 7,0 | 6,5 | 7,5 | 6,0 |
| Von da bis zum Thal zwischen 1. und 2. Welle | 3,5 | 3,5 | 4,0 | 3,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 3,5 | 3,0 | 3,0 | 4,0 | 3,0 | 3,0 | 2,5 | 4,0 |
| Von da bis zum Gipfel der 2. Welle | 7,5 | 7,0 | 8,0 | 9,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 9,5 | 10,0 | 9,0 | 8,5 | 9,0 | 9,0 | 9,0 | 9,0 |
| Von da bis zum Thal zwischen 2. und 3. Welle | 5,5 | 5,5 | 5,0 | 4,5 | 5,0 | 5,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 4,0 | 4,0 | 4,5 |
| Von da bis zum Gipfel der 3. Welle | 5,0 | 5,5 | 4,0 | 4,5 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 5,0 | 5,0 | 4,0 | 3,5 | 4,0 | 5,0 | 4,5 |
| Von da bis Ende | 29,0 | 28,5 | 30,5 | 31,0 | 31,5 | 30,5 | 31,5 | 30,0 | 29,0 | 32,0 | 32,0 | 32,0 | 31,0 | 30,0 | 30,0 |
| Von Anfang bis zum Gipfel der 3. Welle | 29,0 | 26,5 | 27,5 | 27,0 | 29,0 | 27,5 | 26,5 | 27,5 | 29,0 | 28,0 | 27,0 | 27,5 | 26,5 | 28,0 | 28,0 |
| Summe | 58,0 | 55,0 | 58,0 | 58,0 | 60,5 | 58,0 | 58,0 | 57,5 | 58,0 | 60,0 | 59,0 | 59,5 | 57,5 | 58,0 | 58,0 |

Die hier gemessenen Curven bilden eine fortlaufende Reihe; sie umfassen zwei volle und eine angefangene (offenbar Athen-) Schwan- kungen. Die erste Schwankung beginnt mit Curve 1 und endigt mit Curve 6. Curve 3 und 4 bilden den Gipfel. Die 2. Schwankung beginnt mit Curve 7 und endigt mit Curve 12. Curve 10 und 11 bilden den Gipfel. Von Curve 13 an beginnt eine neue Schwankung, die mit Curve 15 ungefähr ihren Höhepunkt erreicht hat. — Sämmtliche Curven sind exquisit anakrot. — Sämmtliche Zahlen der Ta- bellen bedeuten $\frac{1}{16}$ Secunde.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| Fall I. | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | |
| Von Anfang bis zum Gipfel der 1. Welle | 8,0 | 7,5 | 7,0 | 7,5 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 6,0 | 6,0 | 7,0 | 6,5 | 7,0 | 6,5 | 7,5 | 7,0 | 7,0 | 6,0 | |
| Von da bis zum Thal zwischen 1. und 2. Welle | 5,5 | 5,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 4,0 | 5,0 | 4,0 | 4,0 | 3,5 | 3,5 | 4,5 | 6,0 | 4,5 | 5,5 | 5,0 | 5,5 | |
| Von da bis zum Gipfel der 2. Welle | 5,0 | 8,0 | 8,0 | 7,0 | 6,0 | 7,0 | 7,0 | 8,0 | 7,5 | 9,0 | 10,0 | 7,5 | 5,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 5,5 | |
| Von da bis zum Thal zwischen 2. und 3. Welle | 12,0 | 9,0 | 11,0 | 10,5 | 10,5 | 12,0 | 10,0 | 5,0 | | 5,0 | 5,0 | 4,5 | 4,5 | 6,0 | 6,0 | 5,0 | 7,0 | |
| Von da bis zum Gipfel der 3. Welle | 12,0 | | 9,0 | 11,0 | 10,5 | 10,5 | 12,0 | 10,0 | 4,0 | | 4,5 | 4,0 | 4,0 | 6,0 | 8,0 | 6,5 | 6,0 | 5,5 |
| Von da bis Ende | 25,0 | 28,0 | 30,0 | 31,5 | 31,0 | 27,0 | 29,0 | 29,0 | 27,0 | 30,0 | 28,0 | 27,5 | 27,0 | 28,0 | 28,0 | 33,0 | 30,5 | |
| Von Anfang bis zum Gipfel der 3. Welle | 30,5 | 32,0 | 30,0 | 29,5 | 28,5 | 30,0 | 29,0 | 27,0 | 27,0 | 28,5 | 28,5 | 29,5 | 31,5 | 30,0 | 30,0 | 30,0 | 29,5 | |
| Summe | 55,5 | 58,0 | 60,0 | 61,0 | 59,5 | 57,0 | 58,0 | 56,0 | 54,0 | 58,5 | 56,5 | 57,0 | 58,5 | 58,0 | 58,0 | 63,0 | 60,0 | |

10* Die hier gemessenen Curven bilden keine fortlaufende Reihe, sondern sind herausgegriffen um zu zeigen, dass es für die Maasse keinen Unterschied macht, ob die Curven kata- oder anaktrot sind. Bei Curve 16, 17, 22, 23, 24, 25, 26 ist der 2. Gipfel der höchste, bei Curve 18, 19, 20, 21 der erste. Jedoch überragte der 1. Gipfel den 2. in diesen letzten Curven nur eine Spur. Ich hatte aber zu Anfang, als ich noch ohne zeitmessende Instrumente arbeitete, exquisit kataktrote Curven bei schnellem Gange des Uhrwerks aufgezeichnet, wie ich sie später, als ich die Zeit notirte, nie wieder erhielt. Es sind dies die Curven 27—32, die ich auf dem im Texte angegebenen indirecten Wege gemessen habe.

| Fall II. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Von Anfang bis zum Gipfel der 1. Welle | 10,5 | 12,0 | 12,5 | 11,0 | 11,5 | 12,5 | 11,5 | 12,0 | 13,5 | 12,0 | 11,0 | 11,5 | 13,0 | 12,5 | 11,5 | 11,5 | 12,0 |
| Von da bis zum Thal zwischen 1. und 2. Welle | 7,5 | { | | 6,5 | 6,4 | { | | 7,5 | 6,0 | 4,5 | 5,0 | { | | 6,0 | 6,0 | 9,0 | { |
| Von da bis zum Gipfel der 2. Welle | { | | 17,0 | { | | 4,5 | 19,5 | 17,5 | 4,0 | 5,0 | 6,5 | 5,5 | 16,0 | 16,5 | 4,0 | 5,0 | |
| Von da bis zum Thal zwischen 2. und 3. Welle | { | | 10,5 | { | | 10,0 | { | | 7,0 | 5,5 | 5,0 | 5,5 | { | | 5,0 | 5,0 | |
| Von da bis zum Gipfel der 3. Welle | 10,0 | 11,0 | 9,5 | 10,5 | 10,0 | 9,0 | 11,0 | 10,5 | 10,0 | 11,0 | 12,0 | 9,5 | 11,0 | 11,0 | 9,0 | 11,5 | 10,5 |
| Von da bis Ende | 33,0 | 29,0 | 40,5 | 42,5 | 43,0 | 34,5 | 30,0 | 33,0 | 37,0 | 32,0 | 28,0 | 32,5 | 38,5 | 46,5 | 45,5 | 35,0 | 34,5 |
| Von Anfang bis zum Gipfel der 3. Welle | 38,5 | 40,0 | 38,5 | 38,0 | 40,0 | 41,0 | 40,0 | 39,0 | 39,5 | 39,0 | 39,0 | 37,5 | 39,0 | 39,5 | 39,5 | 40,0 | 39,5 |
| Summe | 71,5 | 69,0 | 79,0 | 80,5 | 83,0 | 75,5 | 70,0 | 72,0 | 76,5 | 71,0 | 67,0 | 70,0 | 77,5 | 86,0 | 85,0 | 75,0 | 74,0 |

Die hier gemessenen Curven bilden eine Reihe. Die Curve 2. Ordnung, auf welche die Pulscurven aufgesetzt sind, hat an der Grenze zwischen Curve 5 und 6 ihren tiefsten Punkt. Von den vor diesem Punkt stehenden Curven liegt Curve 3 am höchsten, von den dahinter stehenden Curve 14, von wo an wieder ein Abfallen stattfindet. — Man bemerkt hier besser als in dem ersten Falle die Constantz der Entfernung vom Anfang bis zum Gipfel der 3. Welle im Gegensatz zu der von da an bis zu Ende, worauf Landois auch für Arterienpneumogramme (Arterienpuls S. 184) aufmerksam macht.

fluss aus den Venen grösser als der mittlere Zufluss, so steigt die Gesamtcurve, ist er kleiner so fällt sie. Wenn ich aber in der Folge häufiger nur vom Zufluss rede, so geschieht dies deswegen, weil er es häufig ist, der allein Aenderungen erleidet. Für die gleich zu besprechenden Athemschwankungen scheint jedoch Zu- und Abfluss Aenderungen unterworfen zu sein.

Die Athemschwankungen.

Die pulsatorischen Curven sind auf eine Curve 2. Ordnung aufgesetzt, welche eine ziemlich regelmässige Wellenlinie darstellt, deren einzelne Wellen, wie man sich schon bei oberflächlicher Betrachtung überzeugen kann, dem Rhythmus der Athmung entsprechen. Ich finde sie immer, auch bei ganz ruhiger Athmung, recht deutlich; natürlich springen sie bei raschem Gange des Uhrwerkes nicht sofort in die Augen, treten aber sofort sehr gut hervor, wenn man die Trommel etwas langsamer laufen lässt.

Bei Vergleichung der Athemcurven mit diesen respiratorischen Schwankungen bin ich zu ganz dem gleichen Resultate gekommen wie Mosso. In der Regel steigt die Curve während der Expiration an und fällt während der Inspiration. Das Ansteigen fällt meist sehr scharf mit dem Anfange der Expiration zusammen, während der Abfall schon während der Dauer der Expiration eintreten kann um während der Inspiration fortzudauern. Ich habe in Fig. 13 ein Beispiel dieses gewöhnlichen Falles gegeben und zur leichteren Erkennung jeweils die Fusspunkte der am tiefsten gelegenen Curven mit einander verbunden. Auch bei forcirter Athmung können die gleichen Beziehungen zwischen Athemcurven und pulsatorischen Schwankungen erkannt werden (Fig. 15); dagegen findet sich an einzelnen Stellen der Fig. 14 das Verhältniss gerade umgekehrt. Die bisher besprochenen Curven stammen von dem Mädchen. Bei dem Manne sind, wie aus Fig. 16 hervorgeht, diese Beziehungen schwer zu ermitteln; es kommt dies daher, dass hier noch verschiedene andere Schwankungen mit in Betracht kommen, so dass durch das Interferiren verschiedener Curven das Bild getrübt wird. Ich muss bemerken, dass ich bei der von mir angewandten Aufzeichnung der Athembewegungen nicht immer zuverlässige Curven erhalten habe, indem sie namentlich über den genauen Punkt des Ueberganges von Ex- in Inspiration häufig im Zweifel liessen; ich

habe jedoch möglichst gute herausgesucht und auch hier die durch die Stellung der Apparate in einzelnen Fällen nöthig werdenden Correcturen aufs Genaueste ausgeführt. Auch bei forcirten Athembewegungen sind die Schwankungen der Hirncurven nicht gleichmässig, indem auch hier einmal der oben zuerst angeführte Typus sehr deutlich zu erkennen ist, während in andern Fällen eine Gesetzmässigkeit darin vermisst wird.

Ich wende mich nun zu der Besprechung von Erscheinungen, die an den Hirnpulscurven bei angehaltener Athmung auftreten. Im Falle I konnte ich dabei keinen charakteristischen Einfluss auf die Gehirncurven entdecken, was wohl damit zusammenhing, dass das Kind schwer zu einem längeren Athemhalten zu bewegen war; in dem 2. Falle dagegen war dies leicht zu erreichen und es wurde dabei Folgendes beobachtet: Zu Anfang treten Erscheinungen ein, die nicht ganz constanter Natur sind. In einigen Fällen war ein in äusserst regelmässigem Bogen stattfindendes Sinken und Wiederansteigen der Gesammtcurve zu beobachten (Fig. 17, 1), dem eine mehr oder weniger starke kurze Erhebung der Curve vorausgehen konnte (Fig. 17, 2). Auf dem Gipfel der Erhebung sind die Pulscurven gewöhnlich auffallend gross und neigen zur Anakrotie, während sie während der darauf folgenden Senkung auffallend klein zu sein pflegen und stets exquisit katakrot erscheinen. Constant dagegen sind die Phänomene die sich entwickeln, wenn das Anhalten des Athmens einige Zeit gedauert hat; die Gesammtcurve steigt dann langsam an und zwar mit wellenförmigen Schwankungen (Fig. 17, 18, 19). — Die Athemcurve zeigt während dieser Zeit folgendes Verhalten: Da stets der Athem angehalten wurde, nachdem eine mehr oder weniger tiefe Inspiration gemacht worden war, so beginnt die Curve mit einem mehr oder weniger hohen, ziemlich steilen, Anstieg. Je nach der Höhe dieser ersten Erhebung sinkt die Curve während der Athem angehalten wird, oder bleibt nahezu horizontal oder steigt sogar noch, nähert sich aber unter allen Umständen zu Anfang einer geraden Linie, während sie nach einiger Zeit Schwankungen aufweist, die in einzelnen Fällen in einem regelmässigen Rhythmus verlaufen, und in einem Falle (Fig. 18) konnte mit aller Bestimmtheit gezeigt werden, dass die rhythmischen Schwankungen der Athemcurve genau zusammenfallen und in demselben Sinne verlaufen wie die rhythmischen Schwankungen der Mittellinie

der Pulscurven. Die einzelnen Pulscurven verhielten sich bei diesen rhythmischen Schwankungen genau wie bei der Erhebung zu Anfang des Athemhaltens, die dem Gipfel entsprechenden sind die höchsten und neigen zur Anakrotie. Bei einem zweiten Curvenpaare war das Ebengesagte ebenfalls zu constatiren bis auf den letzten Punkt, indem die Form der Welle in den beiden Curven etwas verschieden war. Während nemlich die Athemcurve in Wellen mit abgerundeten Kuppen und scharfen Thälern verlief, zeigte die Pulscurve während der Zeit, die einer ganzen Wellenlänge der Athemcurve, von Thal zu Thal, entsprach, ein stetiges Ansteigen und am Ende also entsprechend der Grenze zwischen 2 Wellen der Athemcurve einen steilen Abfall. Ich muss darauf aufmerksam machen, dass in diesem Falle die Volumcurve des Gehirns im Ganzen während des Athemanhaltens die beträchtlichste unter allen beobachteten Steigungen erfuhr und darauf wohl diese kleine Abweichung beruht (Fig. 19).

Beim Anblick dieser Schwankungen drängt sich einem sogleich der Gedanke auf, dieselben mit jenen Blutdruckschwankungen zu identificiren, die am ehesten den Namen der Hering'schen verdienen¹⁾. Die Steigung der Hirnpulscurve und die sehr annähernd gleiche zeitliche Grösse der Schwankungen der Puls- und Athemwellen mit vor und nach dem Athemanhalten gemachten gewöhnlichen Athembewegungen, sprechen für diese Identificirung. Dennoch scheinen mir dieselben sehr wesentlich von den von Hering beschriebenen Wellen verschieden zu sein, indem ich ihre Ursache nicht allein in die Gefässe, sondern auch in das Herz verlegen zu müssen glaube. Meine Gründe sind folgende: Hering betont das Gleichbleiben der einzelnen Pulscurven während des Verlaufes der Wellen; in meinem Falle ist gerade der Wechsel ihrer Gestalt charakteristisch; da so rasche Schwankungen wohl kaum der glatten Musculatur zugeschrieben werden dürfen, ist schon dadurch der Ursprung vom Herzen wahrscheinlich gemacht; direct aber ist die Betheiligung des Herzens aus der Athemcurve d. h. aus den Bewegungen der Thoraxwand zu lesen, deren Wellen nur dem Stärker- und Schwächerwerden des Herzschlages entsprechen können. Es kann hier nur der Einwand erhoben werden, dass es sich bei den

¹⁾ Hering, Ueber den Einfl. d. Athmung auf den Kreislauf. Sitzungsber. d. Wiener Akademie. Bd. LX. II. S. 829.

Schwankungen der Athemcurve um abortive Athemzüge handle; aber ich habe keinen Grund anzunehmen, dass die Versuchsperson, meinem Geheiss, den Athem so lange wie möglich anzuhalten nicht nach Kräften nachgekommen wäre.

Bei angehaltenem Athem erhält man also bei unserer Versuchsperson nach einiger Zeit ein wellenförmiges Ansteigen der Gesamttcurve des Gehirns. Die Länge dieser Wellen ist aber, so weit dies bei den Schwankungen der Länge der Athemcurven festgestellt werden kann, den Längen der vor- und nachher erfolgenden Athemzüge gleich. Insoweit sind also diese Wellen den Hering'schen völlig gleich. Hering hat aber gezeigt, dass seine Wellen auch dann noch entstehen, wenn das Herz nicht mehr am Kreislaufe theilhaft ist, und sie also als ein vasomotorisches Phänomen betrachtet, während in unserm Falle eine Theilnahme des Herzens unzweifelhaft ist. Ich kann auf diesen Befund hin nur die zwei Fragen stellen: hat man es hier trotz der grossen Aehnlichkeit doch mit einer andern Art von Wellen zu thun oder kann an den Hering'schen Wellen ausser den Veränderungen an den Gefässen auch das Herz theilhaft sein? und glaube das letztere für das richtigere halten zu müssen, so dass es entweder auch eine rhythmische Erregung des Herzens vom Athemcentrum aus giebt, oder aber das Herz sich nur secundär an dem Vorgange theilhaft.

Da jedoch der Einwand, es könne sich um abortive Athembewegungen handeln, nicht ganz auszuschliessen war, beschloss ich den Versuch an mir selbst oder andern, die sich während seines Verlaufs gut zu controliren verstanden, anzustellen und wurde von Herrn Dr. Ewald darin unterstützt. Wir nahmen nun zunächst von uns beiden Athemcurven bei angehaltenem Athem in ganz derselben Weise auf wie ich es bei dem Patient gethan hatte, und fanden dabei, dass das Phänomen nicht mit jener Constanz auftrat, die ich nach meinen Erfahrungen erwartet hatte. Namentlich gelang es Herrn Dr. Ewald ca. 1 Minute lang den Athem anzuhalten, ohne dass man an den Herzschlägen, die sich als kleine Erhabenheiten auf der Curve markirten, eine Aenderung hätte sehen können oder wenigstens waren sie, wenn etwas dergleichen vorhanden war, so gering, dass man an Zufälligkeit denken musste (Herr Dr. Ewald hatte in diesem Falle den Athem nach einer Expiration angehalten) (Fig. 20). Bei einer von mir selbst aufgenommenen Curve traten

dagegen nach ca. 35 Secunden ganz ähnliche rhythmische Schwankungen auf, wie ich sie von dem Patienten erhalten hatte und es stieg dabei die Athemcurve an (Fig. 21). Ich glaube während der Aufnahme der Curve keine Athembewegungen gemacht zu haben. Bei langem Athemhalten begegnet es hie und da, dass man plötzlich, namentlich an den Bauchmuskeln, eine kleine Zuckung spürt die offenbar vom Athemcentrum ausgelöst wird, jedoch wird man sich solcher kleiner Zuckungen sofort bewusst und ich konnte, während an meiner Athemcurve jene Wellen verzeichnet wurden, nichts dergleichen verspüren.

Auf der andern Seite untersuchte ich an uns beiden die Veränderungen im Circulationsapparate, die während des Athemhaltens stattfinden. Die Schwankungen müssen sich, sei es nun, dass die durch den Wechsel der peripherischen Widerstände oder durch die Aenderungen der Herzaction oder durch beide Ursachen entstehen, auch an den Arterien bemerklich machen und ich verzeichnete deshalb die Curven der Radialis mit dem Sphygmographen. Es ist nicht schwer, mit diesem Instrumente auf ein Kymographion zu schreiben, namentlich wenn an demselben die Behier'sche Modification angebracht ist. Wenn man nemlich den Schreibhebel nicht in der gewöhnlichen Lage, sondern nachdem er um seine Axe um 180° gedreht ist, schreiben lässt, so hat man den Vortheil, dass er weit nach vorn über das Instrument vorragt und man ihn bequem an die Schreibfläche anlegen kann; der Arm wird durch gepolsterte Lager und am besten dadurch, dass man die Hand irgend eine fixirte Stange umfassen lässt, leicht ruhig gehalten. Der Hebel verzeichnet in dieser Lage ebenso genau die Schwankungen der Feder, natürlich in umgekehrtem Sinne, wie bei der gewöhnlichen Lage; man hat nur darauf zu achten, dass er so hoch steht, dass er bei seinen Schwingungen nie auf die vorderen Theile des Apparates aufschlagen kann.

Am Anfange der so verzeichneten Curven fand ich bei Ewald constant, bei mir nicht immer deutlich ausgeprägt das gleiche Phänomen wie bei dem Patienten, nemlich ein Steigen der Gesamtcurve (Fig. 22.1) bei hohen Pulserhebungen und darauf eine sehr regelmässig gestaltete Schwankung nach unten mit sehr niederen Pulsen (Fig. 22, 2). Nach Ablauf dieses Phänomens treten stets Schwankungen der Gesamtcurve (Fig. 22) meist auch

ihrer einzelnen Glieder (Fig. 23) auf, die jedoch nicht immer vollkommen gleich sind. Sie besitzen, so weit dies bei ihrer kleinen Anzahl festgestellt werden kann, eine regelmässige Periodicität, die Perioden sind jedoch meist grösser als eine gewöhnliche Athemperiode. Die Höhen der einzelnen Pulscurven bleiben während dieser Schwankungen selten ganz gleich, doch ist dieser Wechsel nicht immer sehr deutlich ausgeprägt; in einzelnen Fällen aber und zwar sowohl bei Ewald als auch bei mir wechseln die Pulsschwankungen in der Art, dass in regelmässigem Rhythmus auf eine Reihe hoher, eine Reihe niederer Einzelcurven folgt (Fig. 23, 1, 2; 1, 2). Ich habe während der Aufnahme dieser Curven keine Thätigkeit irgend welcher Athemmuskeln empfunden und auch Ewald versicherte mich, nichts davon gemerkt zu haben, während er in einem Falle (Fig. 23) das Gefühl von periodischen Aenderungen seines Herzschlages verspürt zu haben meinte. Dass es sich hier nicht etwa um ein periodisches Besser- oder Schlechteranliegen des Instrumentes gehandelt haben kann, sieht man am besten daraus, dass gerade die niederen Curven schlechter verzeichnet sind.

Neu ist an diesen Versuchen gegenüber den von mir an dem Patienten angestellten, dass der Rhythmus der Schwankungen nicht ganz mit dem normaler Athmung zusammenfällt, dass die Gesamtcurve dabei nicht ansteigt und dass sich die einzelnen Pulscurven manchmal nahezu gleich bleiben. Der letztere Punkt macht die Wellen den Hering'schen ähnlicher, auch die andern Punkte sprechen nicht gegen ein Identificiren derselben mit jenen, wenn man bedenkt, dass nach S. Mayer¹⁾ auch etwas grössere Schwankungen in derselben Weise gedeutet werden können und dass das Ansteigen der Gesamtcurve schon nach Hering selbst kein absolutes Erforderniss ist.

Nach allem diesem kann man nur noch den einen Einwand machen, dass es sich eben doch um rhythmische Athembewegungen handle, die so schwach seien, dass sie sich unserer Beobachtung entzögen. Ich wollte diesem Einwand zuerst dadurch begegnen, dass ich die Athemcurve von der rechten Brustwand aufzeichnete, fand aber, dass mein Instrument auch von hier aus Herzcurven verzeichnete. Aber ich glaube diesen letzten Einwand dadurch ent-

¹⁾ Sitzungsab. d. Wiener Akad. Bd. LXXIII. 3. S. 281.

kräftigt zu haben, dass ich während des Athemanhaltens bei verschlossener Glottis Athembewegungen machte und die Veränderung der Pulscurven mit denen der Athemcurve verglich. Dabei stellt sich heraus, dass diese nutzlosen Athemzüge stets einen Effect auf die Pulscurven haben und zwar derart, dass, wie es auch die Regel bei den Hirnpulscurven ist, dieselben bei der Expiration ansteigen. Aber unter Umständen sind diese Athemschwankungen der Pulscurven als Curven 2. Ordnung aufgesetzt auf eine Curve 1. Ordnung, die also durch etwas Anderes bedingt sein muss als durch die Athembewegungen (Fig. 24). Man sieht in Fig. 25 von a—b eine sehr deutliche grössere Welle, der die kleinen Wellen, die von den Athembewegungen abhängen, aufgesetzt sind.

Fasst man die zuletzt gemachten Beobachtungen zusammen, so sind die oben bei dem Patienten gemachten Erfahrungen dahin zu modificiren, dass bei angehaltenem Athem Schwankungen der Pulscurven auftreten, die mit den Hering'schen resp. Mayer'schen zu identificiren sind, indem sie bald den Rhythmus normaler Athmung, bald einen etwas langsameren einhalten. An den langsameren kann man erkennen, dass sie nicht durch bewusste oder unbewusste Bewegungen des Thorax bedingt sind, da solche Bewegungen experimentell erzeugt, andere Schwankungen hervorbringen, welche diesen langsameren als Wellen 2. Ordnung aufgesetzt sind. Diese Schwankungen werden nicht blos durch vasomotorische Veränderungen erzeugt, sondern es kann auch das Herz sich daran betheiligen.

Nach S. Mayer¹⁾ kommen Hering'sche Wellen auch am normal athmenden Thiere vor, haben aber hier einen langsameren Verlauf, sind von grösserer Länge, weil wie Mayer annimmt, „sich erst mehrere, vom Athemcentrum kommende Innervationen summiren müssen, um gleichsam eine Entladung des Centrums für die Gefässinnervation hervorzurufen“ und es fragt sich ob solche Wellen auch beim normal athmenden Menschen beobachtet werden, zu welcher Beobachtung durch die Mosso'sche Methode, bei der auf lange Zeit hin der Puls eines Organs mit Leichtigkeit verzeichnet werden kann, die beste Gelegenheit geboten ist. Burckhardt²⁾ hat nun in neuester Zeit am Gehirn solche Wellen beschrieben und als „vasculäre Wellen“ bezeichnet. Er vermischt aber hier fälschlicher

¹⁾ l. c.

²⁾ l. c.

Weise zwei Arten von Bewegungen, indem er die von Mosso beschriebenen durch psychische Veränderungen bedingte Wellen als Modification der „vasculären Wellen“ bezeichnet. Diese letzteren Wellen haben ganz andere Ursachen, sind nicht rhythmisch und mussten, wo sie mit Mayer'schen Wellen zusammentreffen, diese als aufgesetzt erkennen lassen, es sei denn, dass sie sie durch Interferenz verwischten.

Aber ich halte es auch für nicht gerechtfertigt periodische Schwankungen im Blutdrucke unter allen Umständen mit den Mayer'schen Wellen zu vergleichen. Mayer hat es auch nicht für überflüssig gehalten, ausser der Periodicität noch andere Momente anzuführen, die eine gleiche Ursache wie bei den Hering'schen Wellen anzunehmen erlauben, während schon Hering die von Kowalewsky und Adamük beschriebenen Wellen, die keinen so regelmässigen Rhythmus zeigten, von den von ihm beschriebenen getrennt wissen will. Gerade ein regelmässiger Rhythmus muss vor allen Dingen vorhanden sein und ein solcher ist an den kurzen, von Burckhardt gegebenen Curvenstrecken kaum zu finden. Er tritt in seinen Abbildungen nur in einem Falle einigermaassen hervor: „während der Galvanisation des Kopfes“ und ich muss bezweifeln, ob er bei den von ihm beschriebenen Rhythmen auf deren Regelmässigkeit Werth gelegt hat. — Ich muss hier bemerken, dass ich aus den oben zuletzt erwähnten Versuchen bei angehaltener Athmung auch schwerlich auf Hering'sche Wellen geschlossen hätte, wenn ich nicht zuerst an dem Manne ihre Regelmässigkeit beobachtet hätte.

Wenn ich meine Curven durchgehe, so finde ich im ersten Falle sehr wenig von grösseren rhythmischen Bewegungen. In dem zweiten Falle sind jedoch solche vorhanden (Fig. 25), aber doch finde ich auch hier nur sehr selten auf grössere Strecken eine einigermaassen regelmässige Wiederkehr der Schwankungen. Allerdings zeigt Fig. 25 eine Beziehung zwischen den Schwankungen des Gehirns und der Athmung, indem je eine Welle der Gehirncurven ziemlich genau zwei ganzen Athemzügen entspricht. Ich bin weit entfernt, behaupten zu wollen, die Mayer'schen Schwankungen könnten nicht einen Theil der am menschlichen Gehirn beobachteten Wellen ausmachen, ich finde deren eventuelle Bethheiligung sogar wahrscheinlich, aber ich getraue mir nicht, sie aus den complicirten

Wellensystemen der Gehirnpulscurven mit der gewünschten Sicherheit herauszufinden.

Die Schwankungen 1. Ordnung der Mittellinie der Hirnpulscurven.

Ich will nochmals betonen, dass sehr ausgeprägte Schwankungen, grösser als die Athemschwankungen häufig gefunden werden, die oft einen gewissen Rhythmus zeigen, über dessen Ursache man noch weitere Untersuchungen anzustellen hat; auf der anderen Seite giebt es Schwankungen, die wir experimentell erzeugen können; es sind dies die von Mosso sehr ausführlich beschriebenen Schwankungen bei Veränderungen in den Geistesfunctionen.

Ich will hier zunächst das Wesentliche, was Mosso darüber sagt, zusammenstellen. Er sagt S. 62, dass es sich hier meist nur um Schwankungen der Energie der Geistesthätigkeit handle als um einen wirklichen Uebergang der psychischen Centren vom Zustande einer absoluten Ruhe zu dem der vollen Thätigkeit. Es geht nun im Allgemeinen aus Mosso's Angaben hervor, dass bei intellectuellen und gemüthlichen Schwankungen auch der Blutzufuss zum Gehirn schwanke; S. 70 spricht er von der Beständigkeit mit der bei gesteigerter Geistesthätigkeit die Volumsvermehrung des Gehirns in Erscheinung trete, S. 69 sagt er, dass die Aenderung des Blutlaufes am Anfang und am Ende der geistigen Operation stärker, ja zuweilen nur zu Anfang und Ende überhaupt bemerklich sei; S. 71, dass die beim Uebergange von der tiefen Ruhe zur Geistesthätigkeit stattfindende Aufregung immer von einer Modification des Pulses begleitet sei, während bei einer anhaltenden und angestregten intellectuellen Beschäftigung keine Aenderung des Pulses beobachtet werde. S. 72, wenn die Aufmerksamkeit bereits durch irgend einen Gegenstand in Anspruch genommen war, war der Einfluss einer intellectuellen Beschäftigung weniger auffällig, zuweilen gar nicht bemerklich. Ebenfalls S. 72, die Erregungen des Gemüths wirken auf den Blutkreislauf im Gehirn bei weitem auffälliger als die intellectuelle Thätigkeit. S. 81, der im Wachen stattfindende und auf der Contraction der peripherischen Körpergefässe beruhende stärkere Blutandrang zum Gehirne ist nur eine Begleiterscheinung und nicht die primäre und wesentliche Bedingung der geistigen Thätigkeit. Der Beweis für diesen Satz findet sich auf S. 105 und geht kurz zu-

sammengefasst dahin, dass, da die Volumszunahme des Gehirns mit einer Steigerung des allgemeinen Blutdrucks verbunden sei, man dieselbe nur als passiv auffassen könne, während die Ursache für den gesteigerten Blutdruck in der spastischen Contraction der Arterien der Extremitäten zu suchen sei. Ich kann jedoch in Mosso's Arbeit nichts finden, woraus er in diesen Fällen auf eine Steigerung des Blutdrucks schliessen könnte, und es scheint mir als ob gerade die spastische Contraction der Vorderarmgefässe es allein ist, woraus er ihn annehmen zu müssen glaubt, als ob es absolut unmöglich sei, dass Gefässe sich auch in Folge verminderten Blutzuflusses contrahiren könnten, was dann natürlich nicht spastisch zu sein braucht. Ein weiterer Beweis findet sich auf S. 203, wo Mosso sagt, dass die Zunahme des Hirnvolums während der stärksten unter den Hyperämien, die bei gesteigerter Vorstellungsthätigkeit und bei Gemüthseindrücken beobachtet werden, viel kleiner sei als die plethysmographisch bestimmte Volumsabnahme auch nur eines einzigen Vorderarms. So lange Mosso diesen wichtigen Satz nicht mit Zahlen, die aus genauen Beobachtungen hervorgehn, belegt, erlaube ich mir an seiner Richtigkeit zu zweifeln, da Mosso doch selbst an den verschiedensten Stellen über die im Verhältniss zu denen des Vorderarms so grossen Schwankungen des Gehirns berichtet, und da seine Methode des Zählens der Blasen, die durch die Müller'schen Ventile treten, doch unmöglich den Anspruch der Genauigkeit machen kann. Mosso hat gezeigt, dass bei Gefässcontractionen die Volumcurve sich ändert, er hat aber nirgends bewiesen, dass diese Contraction primär sein muss.

Die ganze Erscheinung wird vollkommen mit den Thatsachen im Einklang beschrieben, wenn man die viel natürlichere Annahme macht, dass bei derselben die Hirngefässe und zwar wahrscheinlich die Capillaren sich durch Vasodilatoren erweiterten und das dadurch erzeugte vermehrte Zuströmen von Blut zum Gehirn eine Anämie anderer Körpertheile bedinge. Ich muss erwähnen, dass Burckhardt S. 49 schon mit Recht darauf aufmerksam gemacht hat, dass Mosso den Umweg über die Arterien der Extremitäten nicht nöthig gehabt hätte.

Aus den oben angeführten Citaten Mosso's ist es schwer sich klar zu werden, ob er schliesslich glaubt, dass zwischen intellectuellen Functionen und Blutzufuhr Beziehungen beständen oder nicht. Nach

meinen eigenen Versuchen kann ich nur gemüthlichen Regungen diese Beziehungen zuschreiben. Als ich anfang diese Frage zu untersuchen und den Versuchspersonen Rechenaufgaben stellte, eine Methode, die gewiss sehr zweckmässig ist, um überzeugt zu sein, dass eine Denkopoperation stattgefunden hat, so pflegte bei beiden eine Schwankung aufzutreten, und zwar war diese wie alle übrigen Schwankungen bei dem Manne ziemlich beträchtlich (Fig. 26) bei dem Kinde nur gering (Fig. 27). Jedoch fiel mir in beiden Fällen auf, dass sich während der Beschäftigung mit der Rechnung eine gewisse Unruhe in den Zügen zeigte, die eine Gemüthsbewegung vermuthen liess. Der Eifer, die Aufgabe richtig zu lösen und die Erwartung eines Tadel im Falle, dass die Lösung falsch gewesen wäre, genügt, wie leicht begreiflich, bei leicht erregbaren Leuten jene Gemüthsbewegung hervorzurufen. Es galt also die Arbeit des Intellekts möglichst zu trennen von der Regung des Gemüths, die letztere so viel als möglich hintanzuhalten. Bei diesen Bemühungen stellte sich denn auch heraus, dass je mehr durch vorheriges Zureden, mit möglichster Ruhe die Denkopoperation zu vollziehen, die gemüthliche Erregung eingeschläfert wurde, um so geringer die Schwankung wurde (Fig. 28, 29); ja es kam vor, dass eine solche überhaupt nicht mehr zu constatiren war (Fig. 30). Freilich vermisste ich fast nirgends nach dem Ansprechen des Resultats eine geringe Schwankung, auf die auch Mosso aufmerksam gemacht hat, aber das ist natürlich erst recht dem Gemüthe zuzuschreiben, und ich muss das Hauptgewicht darauf legen, dass es vorkommen kann, dass eine Denkopoperation vollzogen wird, ohne dass eine grössere Blutzufuhr zum Gehirne existirt. Mosso wird mir einwenden, in diesen Fällen sei vorher schon ein Zustand geistiger Erregung dagewesen, und das kleine Plus von intellectueller Arbeit habe nicht zum Ausdruck gelangen können. Ich kann diesen Einwand jedoch nicht zugeben: ich habe häufig bemerkt, dass wenn ich auch gar keine Rücksicht darauf genommen hatte, die Personen in möglichst ruhige Gemüthsstimmung zu versetzen, stets das Rechenexempel genügte, eine deutliche Schwankung hervorzurufen, wenn sie eben nicht kurz vorher zu jener Ruhe aufgefordert wurden. Und auf der anderen Seite habe ich oft lange gewartet bis ich einen Zustand vollkommener Ruhe so gut wie Mosso annehmen konnte, der daran erkenntlich war, dass Schwankungen 1. Ordnung fehlten, ehe ich

nach beruhigendem Zureden die Aufgabe stellte. Hier hätte sich jener Uebergang aus vollkommener Geistesruhe zu intellectueller Thätigkeit am besten als Schwankung der Curve ausdrücken müssen; diese blieb aber aus den angeführten Gründen aus.

Wenn ich so die Ursache dieser Schwankungen jedesmal auf eine Gemüthsbewegung zurückführen konnte, so will ich damit nicht behaupten, dass die vermehrte Blutzufuhr zum Gehirn für diese essentiell sei und es sich nicht vielmehr auch dabei nur um ein accessorisches Phänomen handle; ich will diese Frage nicht discutiren, da sie besonderer und wahrscheinlich sehr schwieriger Untersuchung bedarf. Es wäre von colossaler Bedeutung könnte man neue stoffliche Substrate für die Geistesfunctionen im Beiströmen von Ernährungsmaterial zum Gehirn oder einer Stauung desselben in diesem Organe erweisen, für den Druckprozess sind wir nach den heutigen Erfahrungen jedenfalls nicht berechtigt einer solchen Vermehrung des Ernährungsmaterials diese Qualität beizulegen.

Wenn die Constatirung und Erklärung der Thatsachen, die wir bei wachem Geiste, wo wir an uns selbst zu controliren im Stande sind, beobachten können, schon so viele Schwierigkeiten bereiten, in wie viel höherem Maasse muss das von jenem räthselhaften Zustande gelten, in dem mit dem Körper der Geist seine Erholung findet, dem Schläfe. Hier aber ist es Mosso's grosses Verdienst einige Thatsachen gefunden zu haben, die, wenn sie, wie von mir, auch fernerhin von Anderen bestätigt werden, zu der Hoffnung berechtigen, dass die experimentelle Methode sich an diese Räthsel heranwagen kann.

Man wird in meinen Beobachtungen die Uebereinstimmung mit Mosso finden: Es giebt einen tiefen Schlaf, wo die Strömung des Ernährungsmaterials so gleichmässig von Statten geht, dass Schwankungen 1. Ordnung an den Hirncurven fehlen. Auffallend deutlich pflegen dabei die Schwankungen 2. Ordnung, die Athemschwankungen hervorzutreten, wie aus der an dem Kinde aufgenommenen Curve (Fig. 31) hervorgeht. Ein andermal ist der Schlaf, wie bei dem Manne (Fig. 32, zweite Hälfte), gerade durch grosse Schwankungen charakterisirt, die bisweilen einen gewissen Rhythmus zeigen, häufig aber auch ganz regellos zu sein scheinen. Man denkt hierbei sofort an Träume; wird aber auch hier, wenn man bedenkt, welche Unruhe uns unsere Träume bereiten können, mit anderen

Worten, wie eng dabei gemüthliche Regungen mit Vorstellungen verknüpft sind, intellectuelle und gemüthliche Functionen genau auseinander halten müssen und fragen, ob etwas und wie viel von der Ursache der Kreislaufsänderung einer jeden zukommt.

Wir haben aber an den Kreislaufsänderungen ein untrügliches Zeichen, dass im Schlafe auf äussere Reize reagirt wird. Es scheint dies jedoch sehr von der Tiefe des Schlafes abzuhängen. So konnte namentlich bei dem Kinde, welches offenbar einen sehr tiefen Schlaf hatte, mancherlei Geräuschvolles im Zimmer vorgehen, ohne dass die geringste Aenderung an den Curven zu bemerken war; jedoch kam es vor, dass stärkere Geräusche ein Steigen der Curven hervorbrachten, ohne dass dadurch der Schlaf unterbrochen worden wäre. So giebt Fig. 35 ein Beispiel, wo das Steigen der Curven dadurch veranlasst war, dass ein Kind in einem benachbarten Bette heftig zu weinen anfang, ohne dass das untersuchte Mädchen äusserlich die geringste Veränderung zeigte, sondern ruhig weiter schlief. Was der äussere Reiz zunächst im Geiste der Schlafenden bewirkt, wird wohl eine Vorstellung sein; dennoch kann auch hier die Schwankung der Curve einer Gemüthsbewegung zugeschrieben werden; es dürfte wohl kaum eine Gemüthsbewegung ohne Vorstellung denkbar sein; aber auch im Schlafe ist es denkbar, dass Vorstellungen ohne Gemüthsbewegung und ohne Gefässreflexe vorkommen. Wird nun aber durch den äusseren Reiz eine Vorstellung erregt, so wird es auch möglich sein, dass eine, die bestanden hat, aufgehoben wird; mit der Vorstellung schwindet die Gemüthsbewegung und die Curve sinkt. Dieses pflegte in der That bei dem Manne einzutreten. Bei diesem schien, wie oben erwähnt, der Schlaf reich an Träumen zu sein. Die hierdurch veranlassten Schwankungen konnten es wohl durch ihre Häufigkeit und Grösse etwas schwer machen, die Abhängigkeit vom äusseren Reize mit Sicherheit zu constatiren, doch war das Abfallen der Curve eine so regelmässige Erscheinung, dass Niemand den ursächlichen Zusammenhang verkennen wird. In Fig. 32 habe ich ein Curvenstück gegeben, wo die Curve längere Zeit sich ziemlich hoch erhalten hatte. An der Stelle, wo in der Curve der Pfeil sich findet, hatte ein geräuschvolles Rücken mit meinem Stuhle sofort die beträchtliche Senkung zur Folge. Freilich folgt gleich darauf eine nahezu ebenso tiefe Senkung, nachdem die Curve wieder gestiegen war, für die ich keine

Ursache anzugeben weiss, da alles im Zimmer ruhig war, aber in Fig. 34 wiederholte das Phänomen als ich bei a und b mit Jemanden laut sprach, so dass ich überzeugt bin, dass das Sinken die Folge der Geräusche war.

Wie während des Schlafes die Art, wie auf äussere Reize reagirt wird, verschieden ist, so sind auch die Schwankungen beim Erwachen verschieden; es ist das leicht zu erklären, wenn man bedenkt, welcher Unterschied es ist, ob man von einem erquickenden oder von einem von schweren Träumen gestörten Schlafe erwacht. Das Kind, das einen tiefen und wie aus den Curven hervorgeht, sehr ruhigen Schlaf hatte, zeigte beim Erwachen ein Steigen der Hirncurven (Fig. 36), bei dem Manne war es sehr verschieden. In Fig. 16 hatte er bis zum Pfeile die Augen geschlossen und schien, wenn auch nicht sehr tief, zu schlafen. Wo der Pfeil verzeichnet ist, öffnete er spontan die Augen und die Curve stieg. Auch bei dem Erwachen aus tieferem Schlafe konnte ein solches Steigen stattfinden. In Fig. 33 wurde er bei dem Pfeile laut mit Namen gerufen; die Curve, die gerade im Steigen begriffen war, stieg plötzlich noch beträchtlich in die Höhe und kehrte unter grossen Schwankungen allmählich zu ruhigerem Verlaufe zurück. Ein andermal aber verhielt sich die Sache anders. In Fig. 34 war die Curve sehr hoch gestiegen, als ich genöthigt war, das Uhrwerk des Kymographions aufzuziehen (Fig. 34 c). Das Geräusch erweckte den Mann, und sofort sank der Hebel der Marey'schen Luftkapsel beträchtlich herab. (Die Trommel des Kymographions war in diesem Augenblick in Ruhe, weshalb am Anfang an der Curve ausser dem Sinken keine Details zu beobachten sind; noch während des Sinkens wurde die Trommel jedoch wieder in Bewegung gesetzt.) Man könnte denken, dass in diesem Falle das hohe Steigen der Curve schon einen Uebergang zu spontanem Erwachen bedeutet hätte, jedoch ist kein Grund vorhanden das anzunehmen, da im tiefsten Schlafe so grosse Schwankungen vorkamen. In einem Falle stieg die Curve noch viel höher als in Fig. 34, so dass ich die Entspannungsklappe zu öffnen genöthigt war, ohne dass hier das geringste Anzeichen einer Veränderung in der Tiefe des Schlafes hätte wahrgenommen werden können.

Auch hier können wir, wie in den früheren Fällen, die Schwankungen der Curven aus den Veränderungen der Gemüthsstimmungen

erklären. Es ist kein Wunder, dass das Erwachen des Kindes aus tiefem Schläfe zum Bewusstsein seiner qualvollen Leiden mit einer Aufregung des Gemüthes verbunden war; aber auch bei dem Manne glaube ich in den einzelnen Fällen das Verhalten der Curve auf diese Weise erklären zu können. In Fig. 16 waren ihm, ohne dass ich ihm vorher gesagt hatte, er könne schlafen, die Augen zugefallen, und als er sie bei a öffnete, erwartete er wohl einen Tadel, woraus die Gemüthsbewegung sich erklärt. Und endlich die beiden anderen Male lassen die Verschiedenheit sehr leicht aus verschiedenen Gemüthszuständen beim Erwachen erklären. Wer sollte noch nicht aus tiefem Schläfe aufgeschreckt worden sein, wenn er plötzlich angerufen wurde? Der Schreck drückt sich auch hier in dem Steigen und den darauf folgenden grossen Schwankungen aus. Im anderen Falle hatte das zwar ziemlich laute, aber sehr gleichmässige Knarren beim Aufziehen des Uhrwerkes gerade genügt seinen Schlaf zu vertreiben, aus dem er vorher weder durch Stuhl-rücken noch durch meine laute Unterhaltung mit einem Dritten geweckt worden war und keinen Grund zu einer Gemüthsaufregung gegeben, sondern wie wir aus der hohen Curve wohl zu schliessen berechtigt sind, vielmehr einen Traum unterbrochen, der sein Gemüth in nicht geringem Maasse erregt hatte.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel III—IV.

Sämmtliche Curven sind von links nach rechts geschrieben; alle (mit Ausnahme von Fig. 10, einer verkleinerten Landois'schen Figur) sind in natürlicher Grösse wiedergegeben. Ihre grosse Verschiedenheit ist in Bezug auf die Höhe durch individuelle Eigenthümlichkeiten, in Bezug auf die Länge vorwiegend durch den verschieden raschen Lauf der Schreibfläche bedingt.

Taf. III. Figg. 1, 2, 3, 4 (Fall I), Figg. 5, 8 u. 9 (Fall II). Verschiedene Formen der Organpulscurven des Gehirns. Fig. 1 b u. Fig. 3 exquisit tricuspidal, Fig. 8 a im Liegen, b im Sitzen aufgenommen.

Taf. III. Fig. 6. (Fall II.) Gehirnpulscurve mit dem Sphygmographen aufgenommen.

- Fig. 6, 7, 10, 11 dienen zur Orientirung für die im Texte angegebenen Maasse.
- Fig. 12 wie Fig. 6 jedoch früher, kurz nach der Heilung der Wunde, von Maurer aufgenommen.
- Fig. 13, 14, 15. (Fall I.) Gehirnpuls- und Athemcurven. Bei Fig. 15 Athmung forcirt.

- Taf. IV. Fig. 16. (Fall II.) Gehirnpuls- und Athemcurven während des Schlafes aufgenommen; bei a Öffnen der Augen.
- Taf. III. Fig. 17, 18, 19. (Fall II.) Wellenförmige Schwankungen der Gehirncurven bei angehaltenem Athem, den Hering'schen ähnlich, an denen sich aber auch das Herz beteiligt. Fig. 18 c durch Räuspern bedingt.
- Taf. III. Fig. 20. Athemcurve bei angehaltenem Athem ohne wesentliche wellenförmige Schwankungen. (Ewald.)
- Taf. IV. Fig. 21. Athemcurve bei angehaltenem Athem, gegen Ende mit wellenförmigen, vom Herzschlage bedingten Schwankungen ansteigend. (Mays.)
- Taf. III. Figg. 22, 23. Wellenförmige Schwankungen von Arterien-sphygmogrammen (Radialis) bei (von a—b) angehaltener Athmung (Ewald). Unter Fig. 17 bis 23 sind Secunden verzeichnet.
- Taf. III. Fig. 24. Arterien-sphygmogramm und Athemcurve. Angehaltener Athem, wobei jedoch bei geschlossener Glottis nutzlose Athembewegungen ausgeführt wurden. Man kann an einzelnen Stellen zwischen den Orientirungsstrichen wellenförmige Schwankungen erkennen, die den Athembewegungen entsprechen, diese sind aber auf eine Curve 1. Ordnung, wie namentlich von a—b sehr deutlich, aufgesetzt (Mays). NB. Sämmtliche Arterien-sphygmogramme sind aus Bequemlichkeitsrücksichten verkehrt gezeichnet.
- Taf. IV. Fig. 25. (Fall II.) Periodische Schwankungen, die vielleicht den von S. Mayer beschriebenen entsprechen.
- Taf. IV. Fig. 26. (Fall II.) Von a—b Schwankung durch psychische Erregung hervorgebracht.
- Taf. IV. Figg. 27—30. (Fall I.) Stets geringer werdende Schwankungen bei intellectuellen Leistungen, jemehr gemüthliche Regungen hintangehalten werden.
- Taf. III. Fig. 31. (Fall I.) Gehirncurven während ruhigen Schlafes.
- Taf. IV. Fig. 32 a, Fig. 34 a, b (Fall II), Fig. 35 a (Fall I). Einfluss äusserer Reize auf die Gehirncurven während des Schlafes.
- Taf. IV. Fig. 33 a, Fig. 34 c (Fall II), Fig. 36 a (Fall I). Verschiedenes Verhalten der Gehirnpulscurven beim Erwachen.
-