Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Bern
Band: - (1885)
Heft: 1103-1142

Artikel: Ueber das Vorkommen der vasculæren Welle in der Carotiscurve
Autor: Mützenberg, Ernst
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-319627

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Ernst Mützenberg.

Ueber das Vorkommen der vasculæren Welle in der Carotiscurve*).

Theilweise vorgetragen in der Sitzung vom 9. Mai 1885.

Während in der Diagnostik der alten Aerzte der Puls eine Hauptrolle gespielt, ja zur Erkennung der verschiedenen Krankheitsphasen beinahe den einzigen Anhaltspunkt geboten, trat derselbe nach der Einführung der Thermometrie hinter diese zurück, da letztere für die Erkenntniss einer Menge pathologischer Zustände, vorab aller fieberhaften, viel sicherere und objektivere Zeichen gewährte, als die damals allein gebräuchliche palpatorische Untersuchung des Pulses, die ausser der Grösse und Frequenz der Pulswelle dem nicht sehr geübten Untersucher wenig Sicheres leistete.

Erst nachdem die Medicin sich neue Hülfsmittel zur Beobachtung des Pulses verschafft hatte, als man im Stande war, denselben als objektives Bild zu fixiren, hat sich die Pulslehre eines neuen Aufschwungs zu erfreuen gehabt; namentlich ist es der Sphygmographie gelungen, das treueste Abbild der Pulsschwankung zu liefern. Diese besonders von Marey geförderte Art und Weise, die Arterienbewegung als eine Curve zu fixiren, die in ihren auf- und absteigenden Schenkeln sämmtliche Bewegungs-

*) Die der vorliegenden Arbeit zu Grunde gelegten Untersuchungen wurden im Laboratorium der Irrenanstalt Préfargier (Kt. Neuenburg) unter der Anleitung von Herrn Dr. G. Burckhardt, Direktor der Anstalt, aufgenommen. Ich benutze hier die Gelegenheit, ihm dafür, sowie für das gütigst überlassene Material, die ausgiebige mir zur Verfügung gestellte Literatur und die vielfachen Rathschläge meinen wärmsten Dank abzustatten und ebenso allen Uebrigen, die mir das Zustandekommen der Arbeit erleichtert haben, namentlich Herrn Prof. Kronecker in Bern, für seinen mannigfachen Rath meine tief empfundene Erkenntlichkeit auszusprechen.

Der Verfasser.

vorgänge im Arterienrohr, seien sie lokal oder central bedingt, auf's Genauste wiedergibt, hat die Pulslehre wieder gehoben und zu einer Menge neuer Beobachtungen, neuer Ergebnisse geführt. Wenn auch praktische Gründe die Sphygmographie noch nicht so verallgemeinert haben, wie es ihre Wichtigkeit erheischte, so haben doch die damit in physiologischen und pathologischen Laboratorien gemachten Experimente ihren Werth allseitig anerkennen lassen, zumal der Cirkulationsapparat mehr als irgend ein anderes organisches System die allgemeine Körperbeschaffenheit wiederspiegelt. Besonders aber hat die Psychiatrie, diejenige medicinische Disciplin, die bisher noch am Meisten der pathologisch-anatomischen Grundlagen entbehrt, die namentlich in den letzten Jahrzehnten nach Massgabe ihrer inneren Entwickelung und der Zunahme ihres wissenschaftlichen Charakters um so eifriger nach objektiven Grundlagen gesucht, mit Begierde nach der Sphygmographie gegriffen und dieselbe in ihren Dienst gezogen. Von der Thatsache ausgehend, dass die Cirkulation für die Ernährung des Gehirns das massgebende Moment ist, dass von dem Ernährungszustand desselben dessen physiologischer, event. pathologischer Charakter abhängt, glaubte man aus der Art und Weise, in der die Blutbewegung vor sich geht, aus den Erscheinungen, die dabei an Herz und Blutgefässen zu beobachten sind, auf die die Cirkulationsorgane beherrschenden Innervationscentren und auf das von jenen mit Blut versorgte Gehirn rückschliessen zu dürfen. Von diesem Gedanken geleitet, hat namentlich Wolff*) genaue Beobachtungen über den Charakter des Pulses beim gesunden und kranken, spe-

---

*) *Wolff*, Beobachtungen über den Puls bei Geisteskranken. Allgemeine Zeitschrift für Psychiatrie, Bd. 24—26.

ziell geisteskranken Menschen angestellt, und ist dadurch zu neuen interessanten, freilich vielfach bestrittenen Schlüssen gelangt. Nach ihm ist der Puls bei normaler Temperatur trikrot; steigt die Temperatur, tritt Fieber auf, so verliert derselbe seinen trikroten Charakter und geht über in den dikroten, der um so ausgesprochner wird, je höher die Temperatur. Dieser Parallelismus zwischen Puls und Temperatur charakterisirt den normalen Verlauf akuter fieberhafter Krankheiten. Ist dieser Parallelismus gestört, so haben wir es mit einer Krankheit oder Krankheitsperiode zu thun, in der die Betheiligung des Centralnervenapparats ungewöhnlich gross und gefahrbringend ist. Gestört finden wir dieses gegenseitige Verhältniss mehr oder weniger bei fieberhaft verlaufenden Krankheiten des Nervensystems. Dauernd bleibt die Störung bei den zur Rückbildung unfähig gewordenen Psychosen, indem der Puls eine vom normalen ganz abweichende Form annimmt und zum Pulsus tardus, dem Normalpuls der unheilbaren Psychosen wird. Letzterer kommt zwar, wenn auch allerdings weniger vollkommen, auch im Verlaufe anderer Krankheiten vor; dabei bietet aber der Nichtgeisteskranke zahlreiche pathologische Erscheinungen vom Centralnervensystem aus dar und klagt, während sich der unheilbare Geisteskranke bei diesem Pulse relativ am Wohlsten befindet und dem oberflächlichen Beschauer sogar psychisch gesund erscheinen kann. Ueberhaupt ist bei allen Geisteskranken, seien sie körperlich gesund oder krank, der Puls bloss vorübergehend normal, meist trägt er den Charakter mehr oder weniger ausgesprochener Tardität, selten ist er so, wie er einem geistig Gesunden während einer Krankheit zukommt, im Gegentheil charakterisiren die dem Psychotischen eigenen pathologischen Pulsphasen den Grad der Geisteskrankheit,

wie weit dieselbe fortgeschritten, so dass die von der Norm am meisten abweichenden Pulsbilder am Ende der Krankheit, in dem Stadium anzutreffen sind, wo die akute Krankheit abgelaufen, die psychische Schwäche, der Blödsinn eingetreten ist. Da mit der völligen Genesung völlig normaler Puls eintritt, und auch bei Fällen von wirklicher Heilung die tarden Pulsformen nie andauernd vorkommen, so folgt, dass aus dem Puls der Geisteskranken sich deren Prognose ergibt. Diese pathologische Umgestaltung des Pulsbildes ist um so leichter begreiflich, wenn man bedenkt, welch' zahlreiche Alterationen das Gefässsystem der Geisteskranken aufweist, wie hier ein Gefässbezirk gelähmt ist, dort, wie z. B. oft im Gehirn, der pathologisch-anatomische Befund in Erweiterung der grossen und kleinen Arterien besteht, in Metamorphosen der Gefässwände bis zu den Capillaren oder Entartung des Herzmuskels, wie leicht die Gefässe auf Temperatureinwirkungen reagiren, Kälte zu Stauungen im Venensystem, unregelmässsiger Blutvertheilung, Wärme zu übermässigen Blutwallungen und allgemeiner Hyperaemie führt, wie überhaupt als Folge träger Cirkulation mannigfache Ernährungsstörungen auftreten, die sich namentlich auf nervösem Gebiet äussern und speziell die Leistungen der vasomotorischen Nerven vermindern. Dieses gemeinsame Abweichen der meisten Geisteskranken vom Normalen charakterisirt jene mit völliger Umwandlung der Nervenfunktionen einhergehende, so häufig vorkommende und daher auch forensisch wichtige Zustände, welche Griesinger konstitutionelle Neuropathieen nennt.

Wenn auch Wolff's Sätze auf vielfachen und energischen Widerspruch stiessen, wenn sie sich auch in der Allgemeinheit, wie er sie ausgesprochen, nicht bewährten, so gebührt ihm doch das grosse Verdienst, auf den Um-

stand aufmerksam gemacht zu haben, dass ein gewisser und vielfach sehr enger Zusammenhang besteht zwischen den Cirkulationserscheinungen an den Gefässen und gewissen cerebralen, respective psychischen Zuständen. Er hat auf neue Bahnen hingewiesen, auf welchen ein erfolgreicher Schritt in der Erkennung der pathologischen Grundlagen vieler cerebraler Erscheinungen und der richtigen Wahl der Methode, gegen dieselben anzukämpfen, gethan werden kann.

Uebrigens haben sich auch verschiedene Forscher den AusführungenWolff's in weitgehender Weise angeschlossen. So glaubte Schröter*) die Wolff'schen Angaben wenigstens dahin bestätigen zu können, dass der Puls der Geisteskranken bloss vorübergehend normal sei.

Auf die entgegengesetzte Seite stellte sich Grashey**), der Wolff's Ansichten verwarf, weil er die Pulscurven unrichtig erkläre. Der Pulsus tardus sei nicht bedingt durch verminderte Leistung der vasomotorischen Nerven, — letztere führe zu dikroten Curven mit spitzen Gipfeln — sondern durch vermehrten Widerstand im Verästlungsgebiet der Radialis, gestatte also trotz seines häufigen Vorkommens bei Geisteskranken den Rückschluss nicht, dass es sich bei den constitutionellen Neuropathieen Griesinger's um eine verminderte Leistung des vasomotorischen Nervensystems handle.

Noch vorher hatte in einer Versammlung des psychiatrischen Vereins der Rheinprovinz, Juni 1877, Nötel***)

---

*) Vortrag in Berlin, Juni 1868. Referat in Zeitschrift für Psychiatrie, 5. und 6. Heft.

**) *Grashey.* Ueber die sphygmographischen Pulscurven Geisteskranker. Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten. VIII. Band, 2. Heft.

***) Nötel, Vortrag: Referat in Zeitschrift für Psychiatrie. I. Heft 1878.

sich dahin geäussert, dass Wolff mit der Ansicht, der Pulsus tardus sei das Charakteristikum einer neuropathischen Constitution, deren gründliche Heilung nicht mehr möglich, zu weit gehe. Richtig sei, dass bei unheilbaren Geisteskranken meist Pulsus tardus vorkomme, doch habe er auch bei Gesunden denselben oft beobachtet; um dessen Ursprung sicher zu ergründen, müssten verschiedene Gefässgebiete untersucht, und um ihn auf centrale Ursachen zurückzuführen, peripher liegende eliminirt werden können.

Ebensowenig positiv haben sich, gestützt auf ihre Kontrollversuche Jolly und v. Rinecker*) ausgesprochen, während Clauss**) Wolff's Beobachtungen theilweise bestätigte. Er findet bei Geisteskrankheiten selten normale Pulsbilder, hat sie jedoch ausnahmsweise schon bei Manie, Epilepsie und erregten Paralytikern gesehen, stellt aber nicht in Abrede, dass das Vorhandensein trikroter, resp. das Fehlen dikroter, tarder Pulsbilder in vielen Fällen eine günstige Prognose ergebe. Hingegen findet er in seinen Untersuchungen den Wolff'schen Satz nirgends bestätigt, dass bei Psychosen das regelmässige Zusammengehen von Temperatur und Puls gestört sei, und namentlich bei veralteten Psychosen trotz hohen Fiebers der Puls nicht in gewöhnlicher Weise dikrot werde, sondern trikrot bleibe; er hält dafür, dass der Puls Geisteskranker im Fieber dieselben Veränderungen eingehe, wie derjenige anderer Individuen; nur bei senilen Personen sah er keine wesentliche Veränderung der stationären Pulsbilder, nicht einmal für die Paralyse hat er in allen Fällen eine Lähmung des vasomotorischen Nervensystems nach-

---

**) v. Rinecker, Vortrag in Karlsruhe. Referat in Zeitschrift für Psychiatrie. 1878.

**) Zeitschrift für Psychiatrie und gerichtliche Medizin. Læhr 1883.

gewiesen, und schliesst, dass es jedenfalls nicht allein das vasomotorische System ist, welches die Entstehung und den Verlauf der Psychosen bedingt Mehr Zustimmung erhielt Wolff in den Beobachtungen Rothhaupt's,*) der aus sechs bei Paralytikern aufgenommenen Curven schliesst, dass bei der Paralyse eine allmählich fortschreitende Lähmung des vasomotorischen Nervensystems bestehe.

Andererseits hat Mendel**) weder an den vielen vorliegenden Carotis- noch Radialiscurven von Maniacis und Paralytikern Abweichungen vom normalen Pulsus trikrotus gesehen.

Siemens fand bei gesunden rüstigen Individuen Tardität und hinwiederum bei kräftigen Geisteskranken normalen Puls. Uebrigens hatten schon Marey und später Riegel gezeigt, dass der normale Puls Schwankungen in Betreff der Dikrotie mache und der Greisenpuls normaliter ein tardus sei. Ausserdem beweisen die Tabellen von Clauss, dass auch prognostisch die tarde Pulsform die ihr zugeschriebene ungünstige Bedeutung nicht habe.

Cougnet und Lombroso***) richteten bei ihren sphygmographischen Untersuchungen bei Geisteskranken ihr Augenmerk dahin, ob gewisse schmerzhafte oder angenehme Ausdrücke an ihrer Pulscurve anders sich äussern, als bei Gesunden, und gelangten zu dem Resultat, dass Eindrücke, welche in der Pulscurve normaler Individuen markante Aenderungen hervorbrachten, bei De-

---

*) Rothhaupt. Die Pulsformen der Paralysis progrediens, Referat im Centralblatt für mediz. Wissenschaften.

**) Mendel. Die progressive Paralyse der Irren. Berlin 1880.

***) Cougnet und Lombroso. Sphygmographische Untersuchungen an Geisteskranken und Verbrechern. Archiv für Psychiatrie, Bd. II, Heft 2.

menz und moralischem Irrsinn keine augenfälligen Erscheinungen aufwiesen.

Eugène Gley,*) der mit dem Kardiographen die Functionen von Herz und Blutgefässen bei geistiger Thätigkeit untersuchte, fand, dass mit der Intensität der Aufmerksamkeit die Zahl der Pulse zunehme, an der Carotis Dilatation und Zunahme des Dikrotismus, an der Radialis das Gegentheil stattfinde.

Ebenso hat Ragosin**) graphische Untersuchungen über Puls und Athmung bei Geisteskranken angestellt, indem er die Veränderungen betrachtete, welche unter dem Einfluss von durch Faraday'sche Ströme von mässiger Stärke hervorgerufenen Schmerzen bei verschiedenen Krankheitsformen auftreten würden; kurz, nachdem einmal durch Wolff die Idee durchgedrungen war, dass die genaue Untersuchung circulatorischer Vorkommnisse vermittelst des Sphygmographen und Vergleichung der unter verschiedenen Bedingungen, bei verschiedenen Personen und verschiedenen Krankheiten gewonnenen Resultate am ersten ein Einblick in das dunkle Gebiet der Hirnphysiologie und Pathologie gewonnen werden könne, hat sich die Forschung mit aller Gründlichkeit auf dieses Gebiet geworfen.

Freilich sah man bald ein, dass vom Verhalten der Gefässbewegung an der Radialis z. B. nicht auf diejenige im Gehirn geschlossen werden dürfe, dass für diese und jene eben ganz verschiedene Bedingungen massgebend sein können, die verschiedenen Gefässgebiete von verschiedenen Centren aus innervirt und daher, weil eventuell

*) Eugène Gley, Archive de physiol. et pathol. 1881, 54.

**) Leo Ragosin. Die Resultate graphischer Untersuchungen von Puls und Athmung bei Geisteskranken. Dissertation, St. Petersburg 1882.

ganz anderen Reizen ausgesetzt, auch ungleich reagiren werden. Das sicherste Vorgehen, um über die Gehirnfunctionen Aufschluss zu erhalten, ist demnach die Untersuchung der Hirngefässthätigkeit.

Zu diesem Zwecke suchte Fischer*) auf experimentellem Wege an Pferden die Innervation der Piagefässe zu ergründen, faradisirte Vagus und Sympathicus, ohne zu bestimmten Schlüssen zu gelangen.

Naunyn und Schreiber**) bemerkten, dass durch Compression des Gehirns curarisirter Thiere jene rhythmisch wiederkehrenden Druckschwankungen der Gefässe (spontane Undulationen, vasculäre Welle) auftreten, von denen unten weiter die Rede sein wird.

Salathé***) schloss aus seinen weitläufigen Forschungen über Gefässbewegungen im Gehirn, dass dieselben an den Einfluss der Herzthätigkeit und Respiration gebunden sind, und stellt den Satz auf, dass die in einem total verknöcherten Schädel befindliche Flüssigkeitsmenge stets dieselbe bleibe, dass jeweilen bloss ein Wechsel stattfinde zwischen der Quantität des Blutes und der im Gehirn-Rückenmarkskanal enthaltenen Flüssigkeit.

Namentlich aber hat Mosso nicht nur schon früher den engen Zusammenhang zwischen Hirn-, Herz- und Gefässthätigkeit nachgewiesen und u. A. graphisch demonstrirt (Diagnostik des Pulses in Bezug auf die lokalen Veränderungen desselben, Leipzig 1879) welch' tief greifende Aenderungen der Puls auf direktem Wege, ohne Vermittlung des Herzens erleidet, sondern auch neuer-

---

*) Fischer. Therapeut. Galvanisat. des Sympath. Leipzig, 1875.

**) Naunyn und Schreiber. Ueber Gehirndruck. Leipzig, 1881.

***) Salathé. Mouvement du cerveau. Paris 1877.

dings darüber sehr instructive Arbeiten*) aufzuweisen: Sphygmographische Aufnahmen des Hirnpulses an einem Individuum, das in Folge von Syphilis, und zweier anderer, welche durch Traumata an bedeutendem Defekt der Schädeldecke litten, gaben ihm die interessantesten Aufschlüsse über das Verhalten des Blutkreislaufes im Gehirn. So zeigen seine Sphygmogramme, dass für ihre Form bloss zum geringern Theil der Einfluss des Herzens massgebend ist, dass wohl Rhythmus und einigermassen die Pulshöhe darauf zurückzuführen sind, hingegen alle übrigen charakteristischen Zeichen des Pulses lediglich von den Gefässen abhängen, worin nach dem jeweiligen Zustand der Gefässwände des arteriellen Röhrensystems die vom Herzen verursachte Blutwelle ihre mannigfachen Modifikationen erfährt. In der Weise liessen sich die Alterationen beobachten, welche das Hirnvolumen und die Pulshöhe unter der Einwirkung der Vorstellungsthätigkeit, der Sinnes- und Gemüthseindrücke durchmacht, welche der Schlaf, das Erwachen, vermehrte oder verminderte geistige Thätigkeit, Veränderungen der Respiration auf die Hirnpulscurve ausüben. Durch gleichzeitiges Kontrolliren der Gefässerscheinungen am Arme vermittelst des Plethysmographen und am defekten Schädel durch den Sphygmographen ergab sich die wichtige Thatsache, dass, während die Arterien sich in einer Provinz des Gefässsystems erweitern, sie zur Erhaltung des Volumens sich in einer andern zusammenziehen, dass also das Gefässsystem in fortwährender Bewegung begriffen ist.

Auch Burckhardt**) betont, dass häufig grosse Gegensätze in den Sphygmogrammen verschiedener Arterien

*) Mosso. Ueber den Kreislauf des Blutes im menschlichen Gehirn, Leipzig, 1881.

**) Burckhardt, Ueber Gehirnbewegungen. Bern, 1881.

bestehen, z. B. der Radialis und Carotis, und weist darauf hin, dass das Pulsbild der Carotis äusserst wichtige Aufschlüsse über den intracraniellen Gefässzustand gibt. Letzteres ist von um so grösserer Bedeutung, als der Forscher auf diesem Gebiet selten offene Schädel zur Verfügung hat: nur etwa bei Kindern mit noch vorhandenen Fontanellen oder bei pathologischen Individuen mit auf irgend eine Weise aquirirten Schädellücken, und daher meist durch Experimente am thierischen Körper sich Kenntniss verschaffen muss, wobei er zu Resultaten gelangen kann, die den Verhältnissen am menschlichen Körper nicht oder nur theilweise entsprechen.

Der Diagnostiker vollends gelangt gar nie dazu, durch unmittelbares Anschauen sich das richtige Bild von dem intracraniellen Gefässzustände zu entwerfen. So bedeutend daher auch die durch die mannigfachen Versuche und Arbeiten über Bewegung der Hirngefässe gewonnenen Resultate waren, so genügen sie doch nicht, um der von Wolff gegebenen Anregung gerecht zu werden; vielmehr muss man im Bestreben, aus den Gefässbewegungen etwelchermassen auf den Zustand des Gehirns schliessen zu können, auf eine Weise vorgehen, die allgemein anwendbar ist. Wir wissen, dass die Innervation der Gefässe von verschiedenen Gefässnervencentren aus regiert wird, die mehr oder weniger miteinan der verbunden sind, dass Grosshirnrinde, medulla oblongata und medulla spinalis solche enthalten, der Sympathicus, der hauptsächlichste Gefässnerv, mit jenen Centren in Verbindung steht, und jedenfalls einzelne Gefässprovinzen gesondert und in verschiedenem Sinne von diesen Centren aus beeinflusst werden können. Nun richten sich die Gefässbewegungen jeweilen nach dem Charakter und den Bedürfnissen des zu versorgenden Gebietes. Ist z. B. im Arm ein gewisser Reiz vorhanden, so

wirkt dieser auf reflectorischem Wege auf die Blutbahnen des Arms zuerst contrahirend; nachher erweitern sich diese, lassen in ihrem Tonus nach und es findet nach dem alten Erfahrungssatz „ubi stimulus, ibi affluxus“, dahin ein erhöhter Zufluss statt.

Wollen wir uns also über intracranielle Gefässzustände unterrichten, so liegt uns zunächst ob, das Verhalten der zuführenden Gefässe zu prüfen, drehen also obigen Satz um und suchen aus dem affluxus auf den stimulus zu schliessen. Da die Vertebrales ihrer Unzugänglichkeit wegen nicht untersucht werden können und in ihrem Verhalten sich vermuthlich von den Carotiden nicht wesentlich unterscheiden, so halten wir uns an die Letzteren mit um so mehr Recht, als sie besonders die uns interessirenden Theile mit Blut versorgen und daher wohl für die motorischen, sensiblen, sensorischen und psychischen Aeusserungen des Gehirns massgebend sind. Der Einfluss der Nerven auf die Gefässe wird durch die Muskulatur der Letztern vermittelt und äussert sich in Contraktionen und Dilatationen des Gefässrohrs. Je nachdem diese vorhanden oder fehlen, stark oder schwach sind, überhaupt je nach ihrem Auftreten lässt sich ein Rückschluss machen auf die Energie der nervösen Centren. Nun kommen aber Alterationen der Gefässweite auch auf mechanische Weise zu Stande. Bekanntlich gilt als eine der charakteristischen Eigenschaften der Gefässwand die Elasticität. Die Contraktion des Herzens treibt die Blutsäule in's Gefäss; letzteres dehnt sich vor der andringenden Gewalt vermittelst der Nachgiebigkeit seiner Wände, contrahirt sich nach Aufhören des einfliessenden Blutstroms der elastischen Eigenschaft wegen, ohne dass irgend ein nervöser Einfluss mitzuhelfen braucht. Letzterer kann vorhanden sein, lässt sich aber

nicht ohne Weiteres von der Wirkung der Elasticität trennen und als gesonderte Kraft betrachten. Zur Erkenntniss der Muskelwirkung bei der Gefässcontraktion, deren genaue Beobachtung allein uns über den Zustand der sie bedingenden Hirn- und Rückenmarksparthien aufklärt, zu gelangen, dazu hat Traube*) den Weg gezeigt, indem er bei einem curarisirten Thier, dem beide Vagi durchschnitten waren, bei künstlicher Respiration regelmässige grosse, wellenförmige Schwankungen des Blutdrucks nachwies. Seine Curven zeigen bis 7 Wellen in der Minute, was beweist, dass weder respiratorische noch cardiale Einwirkung dieselben erzeugte, sondern, wie er richtig erkannte, es sich hier um eine selbstständige eigenartige Aeusserung des Gefässnervencentrums handle, eine Erscheinung, die seither vielfach beobachtet auch an Hirnpulscurven des Menschen als normales Vorkommen sichergestellt und als sog. vasculäre Welle, eine Bewegung der Gefässe anzeigt, die von sensiblen Fasern auf reflectorischem Wege angeregt durch Vermittlung der Gefässnerven in den Gefässmuskeln ausgelöst wird. In den vasculären Wellen also haben wir den Ausdruck der arteriellen Muskelerregungen; sie spielt zweifelsohne eine besondere Rolle in der Physiologie und Pathologie der Hirnblutbahnen, indem sowohl Mosso wie Burckhardt dieselbe in ihren Hirnpulsbildern ausnahmslos und sehr deutlich ausgedrückt vorfinden. Letzterer hat sie bei einigen daraufhin gestellten Untersuchungen auch an der menschlichen Carotis gesehen, und gibt dem Gedanken Raum, dass sie dort normales Vorkommniss sei und als allgemeine Gefässbewegung durch Vermittlung der Gefässcentren hervorgerufen, einen ganzen Gefässbezirk von seinem Ursprunge an beherrschen, also z. B. von der Carotis ausgehend

*) Traube, Gesammelte Beiträge, I. Bd. Berlin 1871.

über die Hirngefässe sich ausbreiten könne, demnach beider Bewegungen sich mehr oder weniger entsprechen, so dass man von dem einen auf die andern schliessen dürfe. Wollen wir also Aufklärung über cerebrale Vorgänge, so prüfen wir, gestützt auf obige Auseinandersetzung, die Erscheinungen an der Carotis, vor Allem auch ihr Verhalten zur vasculären Welle und entscheiden auf experimentellem Wege endgültig die Frage:

Ist die vasculäre Welle an der Carotis des gesunden Menschen wirklich vorhanden und als regelmässige Erscheinung sphygmographisch nachweisbar?

Zur Lösung dieser Frage hat Verfasser im Laboratorium der Irrenanstalt Préfargier an zahlreichen mehrentheils gesunden Individuen circa 40 Curven aufgenommen, die zu analysiren und namentlich auf vasculäre Schwankungen hin zu prüfen, Gegenstand der folgenden Erörterung bildet. Zur Aufnahme wurde der Registrirapparat Marey benutzt und zu einer Umdrehung von einmal per Minute eingestellt. Die Befestigung der Kapsel am Hals geschah vermittelst eines von Hipp in Neuchatel nach den Angaben Burckhardt's ausgeführten Apparats auf folgende Weise:

Der zu Untersuchende lag auf einer auf den Boden hingelegten Matraze horizontal ausgestreckt; der Kopf ruhte auf einem ausgepolsterten Brett und wurde von zwei Klammern festgehalten, die an seitlich vom Brett aufsteigenden Balken befestigt waren. Mit einem von der Basis aus nach aufwärts gerichteten Eisenstab war durch eine Schraube ein drehbarer Hebelarm fixirt, welcher vermittelst eines Kugelgelenks die Aufnahmskapsel (Tambour récepteur*) trug. Von der die letztere bedeckenden

*) Marey, La méthode graphique dans les sciences expérimentales et particulièrement en physiologie et en médecine (page 447).

Membran aus reichte ein Stift auf die Arterie und ruhte darauf vermittelst eines 5 Centimesstückgrossen, der Arterienform entsprechend gebogenen Metallplättchens. Der von der Arterie durch den Stift nach der Aufnahmskapsel geleitete Stoss wird durch Lufttransmission einer zweiten Kapsel (tambour à levier inscripteur) mitgetheilt und von derselben durch eine Hebelvorrichtung auf die rotirende Trommel übertragen, und dort auf das berusste Papier aufgeschrieben. Eine am beweglichen Tisch angebrachte Feder beschreibt die Grundlinie, eine andere als Elektromagnet mit einem elektrischen Secundenpendel in Verbindung stehende schreibt die Zeit nach Sekunden auf. Die Trommel wird durch ein Gewichtsuhrwerk gedreht.

Bedeutende Schwierigkeiten bot anfangs das Fixiren der Aufnahmskapsel an die Arterie; die erste Methode (nach Verdin), durch ein Kautschukband die Kapsel, resp, das Metallplättchen an derselben an die Carotis zu drücken, erwies sich in den meisten Fällen als unpraktisch, indem durch den zu starken Druck, der auf diese Weise auf den Kehlkopf ausgeübt wurde, reflektorisch eine Schluckbewegung nach der andern sich auslösste, so dass der dadurch weggeschobene Apparat jeden Augenblick wieder in die richtige Lage gebracht werden musste. Das neue Vorgehen (nach Burckhardt und Hipp), das Metallplättchen auf der Carotis nur leicht aufliegen zu lassen und die Kapsel nicht am Individuum, sondern auswärts an einem nicht leicht verrückbaren Stützpunkt zu befestigen, erwies sich in unsern Fällen als viel günstiger, indem durch den zuweilen fast unmerklichen Druck, der auf dem Blutgefässe lastete, dessen Bewegung auch keinen daherigen Alterationen ausgesetzt war; andererseits war der Apparat viel weniger von den Bewegungen des Halses abhängig, wenn auch z. B. Schluckbewegungen noch markant genug

in der Pulscurve sich ausdrückten und die Metallplatte verschoben, bot also möglichst objektive Bilder, und drittens war der zu Untersuchende von jeder Belästigung frei, sobald die Kapsel einmal ihre richtige Stellung inne hatte, so dass er jeweilen während der Aufnahme sich einem süssen Schläfchen hingeben konnte. So waren die Bedingungen zu einer ungestörten, continuirlichen Aufzeichnung vorhanden, indem ein ganzer Bogen ohne Unterbrechung geschrieben werden konnte und darauf die Wandlungen leicht zu verfolgen waren, die der menschliche Puls seiner Form und Frequenz nach ohne Einwirkung äusserer Reize in einem bestimmten Zeitraum, hier $^1/_2$—1 Stunde, erleidet. Die Untersuchung wurde mit wenig Ausnahmen an gesunden, kräftigen Individuen vorgenommen, meist Nachmittags von 2—3 Uhr an, zuweilen Abends von $7^1/_2$ oder 8 Uhr, jedesmal so, dass kein unmittelbarer Einfluss frischer Nahrungsaufnahme oder anderer Stimulantien der Herzthätigkeit vorauszusetzen war. Am Besten zur Untersuchung erwiesen sich die Individuen geeignet mit magerem, nicht zu kurzem Hals, nicht allzu vorspringenden Muskeln und mit oberflächlich liegender Carotis.

Das Instrument wurde im Trigonum inframaxillare applicirt, an der innern Seite der Clavicularparthie des Sternocleido mastoideus, in der Höhe des obern Randes des Schildknorpels, eventuell bis 3 cm. höher, da, wo die Carotis nur von der Fascia colli bedeckt, am leichtesten durch die Haut palpirt wird. Da die linke Carotis meist zugänglicher war als die rechte, so wurde entsprechend mehr auf dieser Seite operirt. Zuweilen zeigte sich kein wesentlicher Unterschied in den Pulsbildern beider Seiten, während in andern Fällen an der rechten Carotis nur mit Mühe eine gelungene Curve zu erhalten war.

Beispiel 1.

Vorliegende Curve (Fig. 1, Taf. I) ist am 15. Oktober 1883 auf genommen und muss von rechts nach links gelesen werden. Das einzelne Pulsbild setzt sich aus verschiedenen Parthieen zusammen: Durch die Contraktion des Herzens wird eine gewisse Blutmenge in die Arterie geworfen und dehnt dieselbe; dadurch wird die auf ihr ruhende Metallplatte gehoben, und beschreibt auf dem oben bezeichneten Wege auf der von links nach rechts rotiren den Trommel das Curvenbild, zuerst die sog. Ascensionslinie *a b:* eine leicht gebogene, der Senkrechten nahe kommende ungebrochene Linie. Je rascher die Ausdehnung der Arterie erfolgt und je langsamer die Trommel rotirt, desto verticaler wird die Ascension und umgekehrt; nun bleibt aber die Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel dieselbe, so dass aus der Neigung der Linie *a b* direkt auf die Energie der Herzsystole und andererseits auf die Dehnbarkeit der Arterien geschlossen werden kann. Ist die Herzcontraktion energisch und erreicht die Arterie mit grosser Geschwindigkeit das Maximum ihrer Ausdehnung, so wird die Ascensionslinie hoch und zugleich steil erscheinen und kaum eine nennenswerthe Abweichung von der Geraden darbieten; bei geringer und langsamer Erweiterung bleibt die Ascensionslinie niedrig und geneigter und weicht concav nach der Abscisse ab. Die Carotis liegt von Allen zur Sphygmographie benutzten arteriellen Gefässen zunächst dem Herzen. Die Kraft der primären Pulswelle ist noch sehr stark und gibt daher, sowie namentlich auch ihres weiten Lumens wegen, bei richtiger Anlage des Aufnahmeapparates, eine steilere und höhere Curve als andere Arterien.

bg ist die Descensionslinie. In *b* auf der Höhe seiner

Ausdehnung strebt das Gefäss kraft seiner Elasticität, seine frühere Gestalt wieder anzunehmen, sich zusammen zu ziehen, die empfangene Blutmasse fortzuschaffen. Die dabei entstehende Linie ist gebrochen, 3—4-theilig, polykrot und beweist, dass zu ihrer Entstehung nicht bloss der momentane Herzstillstand und darauf folgende Diastole massgebend sind, sondern noch andere sekundäre Einflüsse in Betracht kommen. Der Gipfelwinkel ist, wie überhaupt immer an der Carotis bei normalen Verhältnissen, sehr spitz, die Descensionslinie *bg* fällt spitzwinklig, gegen die Ascensionslinie geneigt, ab. Bei *c* tritt die erste Unterbrechung auf, das senkrechte Stück geht in die Horizontale *cd* über, beschreibt nach manchen Autoren die „erste sekundäre Erhebung", entstanden durch die ruckweise Contraktion der Arterie; Andere sehen sie als „erste Elasticitätselevation" an, während die Dritten, wie namentlich Grashey,*) darin, und jedenfalls, wie auch vorliegende Curve anzeigt, mit grösserem Recht, den Rest der Gipfellinie der primären positiven Welle sehen. Wäre nämlich der Zufluss von der Aorta ein constanter, so würde auf der Höhe des Gipfels, respective, da der zeichnende Hebel etwas zurückschwingt, etwas tiefer, eine horizontale Linie, hier Verlängerung von *dc* entstehen, welche, sobald der Zufluss aufhört, in den zweiten Theil der Descensionslinie übergeht. Ist die Ascensionslinie mit einer grossen Geschwindigkeit gezeichnet, so entsteht der künstliche Curvengipfel (Wurfcurve) *b*, durch Eigenschwingung des Zeichnungshebels, und dem entsprechend die künstliche Descensionslinie *bc*, wesshalb *dc* als Rest der Gipfellinie aufzufassen ist. Dieser künstliche Curvengipfel wird um so höher, je

*) Grashey, Wellenbewegung elastischer Röhren. Leipzig 1881.

schneller und kräftiger die einzelnen Blutswellen in die Carotis geworfen werden und je geringer die Reibung des zeichnenden Stifts an der Russfläche ist, was aus andern aufgenommenen Curven sehr deutlich hervortritt.

Grashey's Ansicht trifft in vielen Fällen zu; doch gibt es Curven, wo trotz langsamer Stiftbewegung dieselbe Erhebung auftritt und desshalb auf andere Einflüsse zurückzuführen ist, sei es auf Rückstoss durch Klappenschluss, sei es auf folgendem Umstand:

Die Descensionslinie entsteht in Folge des durch Kontraktion der Arterienwand bewirkten Abflusses der Blutsäule, welche schon vor gänzlichem Aufhören der Herzsystole vor sich gehen, kann da letztere nicht während des ganzen Verlaufes gleich stark ist, sondern gegen das Ende zu entschieden an Intensität abnimmt, was sich an den meisten Ascensionslinien einigermassen markirt, und nicht, wie Grashey ausführt, allein in Folge Unterbrechung des Zuflusses vom Herzen her, wobei sich die Arterienwand bloss wegen des beim Abfluss nachlassenden Seitendrucks contrahirt. Hingegen helfen allerdings die durch Unterbrechung des Herz-Aortenstromes und durch Zurückweichen des Blutes nach den Klappen bei beginnender Arteriencontraction entstehenden zwei negativen Wellen mit zur Bildung der Descensionslinie, während der Wellenberg der ersten Welle, der sich wieder herstellende Druck auf die Arterienwand in den oben abgegrenzten Fällen als „erste sekundäre Elevation“ *) auftritt, derjenige der zweiten als „Rückstosselevation“, „dikrotische Erhebung“ seinen Ausdruck findet.

Bei *f* findet nämlich eine neue Unterbrechung statt, die sog. „Grossincisur“, eine Erscheinung, die mit der

---

*) Wolff, Charakteristik des Arterienpulses. Leipzig 1865.

folgenden zweiten Erhebung, wie keine andere Gegenstand der Forschung und verschiedenartiger Erklärung geworden. Als sog. dikrotische Erhebung in jeder Gefässphysiologie angeführt, bei gewissen Krankheitszuständen mit dem Finger palpirbar, wird sie trotz der vielfachen daraufhin angestellten Untersuchungen in ihrer Entstehung noch ganz verschiedenartig beurtheilt. Albers glaubte, der dikrotische Puls rühre von zwei schnell sich folgenden Systolen des linken Ventrikels her. Traube*) war der Ansicht, er entstehe durch absatzweise Contraktion des Herzens, ebenso der trikrote; wirklich war er auch im Falle, an einem Patienten, dessen Puls Trikrotie zeigte, dieselbe durch Palpation der Herzgegend wahrzunehmen; doch kommt das selten vor und ist nicht als allgemeine Regel aufzufassen, da gründliche Experimentaluntersuchungen zu total anderen Resultaten geführt haben.

Nach Volkmann bewegt sich die primäre systolische Welle rascher in der Mitte des Blutstroms, als an den Wandtheilen, dadurch entstehen zwei Wellen; diejenige der Gefässwand entlang bleibt etwas zurück und bildet die dikrotische Elevation.

Rive, Onimus und Viry lassen dieselbe durch Reflexion der primären Welle an der Peripherie auf eine Art und Weise entstehen, die Marey folgendermassen erläuterte „L'onde lancée par le ventricule se porte vers la périphérie et arrêtée par l'étroitesse des artères qui lui fait obstacle, elle reflue vers l'origine de l'aorte, mais cette voie est fermée par les valvules sygmoides, nouvel obstacle, nouvel reflux et parsuite nouvelle ondulation. Ces oscillations alternatives se produisent jusqu'à ce qu'une nouvelle contraction du ventricule vienne y mettre fin en produisant une nouvelle pulsation.“

*) Traube, Beiträge zur Pathologie und Physiologie, 3 B. 1878.

Landois*) schenkt der Rückstosselevation ebenfalls grosse Aufmerksamkeit und gelangt, gestützt auf zahlreiche Beobachtungen der daherigen Verhältnisse im elastischen Rohr zu der fast allgemein herrschenden Ansicht, die Rückstosselevation komme dadurch zu Stande, dass nach Unterbrechung des Zuflusses die elastische Wandung sich zusammenzieht und das Lumen der Röhre verengert; die ausweichende Flüssigkeit prallt, gegen die centrale Verschlussstelle geworfen, ab, wodurch eine positive Welle zu Stande kommt, welche von der schliessenden Klappe weg das ganze Rohr entlang läuft; nach ihm ist also die dikrotische Erhebung das Produkt einer Reflexwelle; je nachdem diese nun schwach, stärker oder sehr stark ist, heisst der Puls unterdikrot, dikrot oder überdikrot. Im Allgemeinen erhöht verstärkte Systole, verminderte Blutmasse und namentlich verminderte Spannung die Rückstosselevation, wesshalb der dikrote Puls fast der constante Begleiter sehr hohen Fiebers oder tiefer Narkosen ist.

Eine andere durch Moens**) und Naumann vertretene Ansicht geht dahin, dass die primäre Welle unaufhaltsam nach der Peripherie fortgepflanzt, dort erlösche, aber in Folge des Schlusses der Semilunarklappen entstehe eine zweite positive Welle im Arteriensystem, die dikrotische Erhebung der Pulscurve. Grashey***) unterzieht in seiner „Wellenbewegung elastischer Röhren“ die bisher geäusserten Anschauungen einer gründlichen Kritik, und kann sich zu keiner derselben ganz bekennen. Dem wirklichen Sachverhalt am nächsten kommt ihm Moens; doch ergänzt er ihn dahin, dass er sagt: die dikrotische Welle

*) Landois, Die Lehre vom Arterienpuls. Berlin 1872.

**) Moens, Die Pulscurve. Leiden 1878.

***) Grashey, Wellenbewegung elastischer Röhren und der Arterienpuls des Menschen. Leipzig 1881.

der Pulscurve ist allerdings bedingt durch die positive Klappenwelle, hingegen ist ihre graduelle Entwicklung nicht bloss von der Grösse derselben abhängig, sondern auch von der Interferenz der im Arterienrohr entstehenden Wellen; denn wäre sie bloss von der Klappenwelle abhängig, so hätten Leute mit starkem Semilunarklappenton auch eine starke positive Klappenwelle, also auch eine starke dikrotische Pulscurve und umgekehrt. Allein in Wirklichkeit besteht gerade das Gegentheil: gesunde kräftige Leute mit starken Herztönen weisen sehr oft schwach dikrote Pulscurven auf, während fiebernde Kranke mit schwacher Herzkraft in Folge der Welleninterferenz hochgradig dikrotische Pulscurven haben. Beim Fieber sind nämlich die kleinsten Arterienzweige erweitert und dehnbar in Folge Schwächung der vasomotorischen Nerven. Erweiterung der Gefässe und erhöhte Dehnbarkeit haben aber das Auftreten ungleichnamiger Reflexwellen im Gefolge; diese rufen durch Welleninterferenz Vergrösserung der Dikrotie hervor, während bei kräftiger Gefässinnervation und geringer Dehnbarkeit gleichnamige den Dikrotismus verkleinernde Wellen entstehen.

G. v. Liebig*) kam durch Nachahmen des Kreislaufs vermittelst Pumpen und elastischer Röhren zu folgender Idee: Durch das Pumpen entsteht beim Eingang des Rohrs eine positive Welle, welche das ganze Rohr durchläuft, und, sobald durch ihre Annäherung am Ende des Rohrs ein Ausfluss aus demselben stattfindet, dort zur Bildung einer nach dem Anfangsstück des Rohrs sich bewegenden negativen Welle den Anstoss gibt; positive und negative Welle verbinden sich nun so, dass die Form des oberen

---

*) G. v. Liebig, Weitere Untersuchungen über die Pulscurve. Archiv für Physiologie. Supplementband 1883.

Theiles der entstehenden Curve hauptsächlich der positiven, die des untern Theiles mit der dikrotischen oder Abflusserhebung der negativen Welle zuzuschreiben ist. Die Ascensionslinie im Pulsbild entsteht demnach durch den Wellenberg der Zuflusswelle, die Descensionslinie durch das Wellenthal der Zufluss- und das Wellenthal der Abflusswelle und ist unterbrochen durch den Wellenberg der Abflusswelle, durch die Abfluss- oder dikrotische Erhebung. Letztere kann er sich desswegen nicht durch den Klappenschluss (Grashey) entstanden denken, weil auf den nicht elastischen Klappen im Augenblick des Schliessens der gleiche Druck lastet, wie auf den übrigen Wandungen der Aorta und demnach von den Klappen aus kein stärkerer Druck auf den schon im Abfluss begriffenen Inhalt ausgeübt werden könne, wie es doch der Fall sein müsste, wenn von ihnen aus eine neue positive Welle entstehen sollte.

Dass, wie viele Autoren annehmen, sowohl in Folge Anstossens an den Theilungsstellen der Arterien, als wegen der allmählichen Verengerung derselben die Welle zurückgeworfen werde und diese Reflexion einen bestimmten Antheil an der Pulsform habe, verneint er, findet vielmehr, dass die Wirkung derartiger Reflexion im Arteriensystem keine andere sein könne, als eine Vergrösserung der Curven, indem erwiesenermassen Enge der Strombahn die Curve vergrössert. Demnach muss auch die Belastung der Arterie durch die Pelotte oder Platte, die das Arterienrohr verengt, eine für die Erkenntniss nöthige deutlichere Entwicklung und Abgrenzung der Vorgänge herbeiführen, die sich beim Vorüberziehen der Pulswelle am Ort des Pulshebels ereignen. Wirklich konnte ich auch bei meinen Aufnahmen beobachten, dass die Curve bei stärkerem Druck auf die Carotis zunahm und in ihrem ganzen Verlaufe deutlicher ausfiel.

Wir sehen, welch' eine Summe von Forschungseifer und Arbeitskraft darauf verwandt wurde, zur richtigen Deutung der durch den Sphygmographen gegebenen Bilder zu gelangen, dass namentlich über die grosse Ascension im absteigerden Schenkel, wie die verschiedenen Bezeichnungen, „Rückstoss-, Abfluss-, dikrotische Elevation etc. schon beweisen, noch getrennte Anschauungen existiren und es erst genauen Controlversuchen vorbehalten bleibt, der einen oder andern das Uebergewicht, die ihr gebührende allgemeine Geltung zu verschaffen.

Uebrigens bewegen sich die meisten Forscher, welche durch Versuche am elastischen Rohr sich die Circulationsverhältnisse im Organismus veranschaulichen wollten, in dem Irrthum, dass sie die dabei gefundenen Resultate gleich auf die Blutbahn übertragen und nicht bedenken, dass ein elastischer Schlauch dem Arterienrohr nicht ganz entspricht und z. B. durchschnitten sein Lumen beibehält, während die Arterie sich schliesst. Es scheint mir, dass es so complicirter Erklärungen für die dikrotische Erhebung nicht bedarf. Ungezwungen ergibt sich die Vorstellung, dass mit dem Beginn der Diastole des linken Herzventrikels die Aortenklappen plötzlich auf der Herzseite entlastet werden, während sie auf der Aortenseite durch den hohen arteriellen Druck gespannt sind, nachdem zuvor der Druckunterschied auf der Herzseite und Arterienseite nur gering gewesen war. Die plötzliche Spannung wirkt wie ein Stoss, ohne dass es hiezu besonderer Contraktion der gedehnten Arterienwände bedarf. Die zurückschwingenden Klappen erzeugen die dikrotische Erhebung (während der Klappenton durch eine Reihe von Vitrationen der gespannten Klappe erzeugt wird), welche sich um so deutlicher markirt, je weniger zur Zeit der centripetalen Fortleitung die Arterienwände gespannt sind.

Die Intensität des Klappenstosses zeigt sich deutlich an dem von Mosso*) sphygmographisch aufgnommenen *negativen* Jugularpulse. Dieser lässt eine Hauptsenkung erkennen, die erzeugt wird durch die Aspiration der Jugulariswand, indem das vom linken Ventrikel aus dem Thorax geworfene Blut eine Luftverdünnung bewirkt. Der Hauptsenkung folgt eine kleine Erhebung gleichzeitig mit der dikrotischen Erhebung des Carotispulses. Durch blosse Erschütterung seitens der nicht ferngelegenen Arterien scheint diese Erhebung nicht bedingt zu sein, da sie stärker sein kann, als jene. Sie wurde also verursacht durch den Rückstrom aus dem Aortenrohr nach den Klappen und die dadurch bedingte Stauung des venösen Rückflusses nach dem Herzen.

Unterhalb der dikrotischen Erhebung verläuft die Descensionslinie nur selten gerade ihrem Tiefpunkt zu, sondern beschreibt noch vorher eine oder mehrere geringere, zuweilen fast unmerkbare Elevationen, wie z. B. in *e*, Fig. 2, wo vielfach auf *eine* Descensionslinie zwei Elevationen kommen, die nach Landois von den durch ihre Elasticität bedingten Schwingungen der Arterienwand herrühren und daher „Elasticitätselevationen" genannt werden. Sie treten um so zahlreicher und sichtbarer auf, je stärker die Spannung und der arterielle Blutdruck ist, weswegen gerade in Fig. 2, dem Anfangsstück einer grössern halbstündigen, ohne Unterbrechung aufgenommenen Curvenreihe, zu einer Zeit, da der zu Untersuchende, aufgeregt über die ungewohnten Manipulationen an seinem Halse, das psychische Gleichgewicht noch nicht wieder ge-

*) Mosso, Sul polso negativo e sui rapporti della respirazione addominale e toracica nel uomo (pag. 34, Fig. 12). Torino 1878.

funden hatte, die Elasticitätselevationen verhältnissmässig deutlich und doppelt und dreifach vorkommen, während die zweite Hälfte der Reihe dieselben nur mehr schwach andeutet oder gar nicht mehr zeigt. Zuweilen treffen die Elasticitätserhebungen mit der dikroten Welle zusammen und wirken je nach dem Verhältniss, in welchem Wellenberg und Wellenthal zusammen kommen stärkend oder schwächend auf dieselbe. Sie sind viel häufiger am absteigenden Schenkel der Pulscurve als am aufsteigenden, weil die Ausdehnung der Arterie viel kürzere Zeit in Anspruch nimmt als die Contraktion. Denn anakrote Erhebungen können nur entstehen, wenn die Zeit, in welcher das Gefässrohr die grosse Ausdehnung erfährt, länger ist als die Schwingungsdauer der gespannten elastischen Röhrenwand, also z. B. bei sehr langsamer Systole oder bei starrer atheromatöser Gefässwand, wie uns dieses eine spätere Curve vorführen wird.

Weniger bestritten als die Deutung der einzelnen Theile des Pulsbildes ist die an sämmtlichen meiner Curven beobachtete, der Pulswelle übergeordnete, mehrere derselben in sich enthaltende sog. *respiratorische Welle.* Schon längst ist es bekannt, dass die normale Respiration ihren Einfluss auf eine grössere Reihe von Pulsen dadurch äussert, dass sie einer Pulsgruppe höheren Mitteldruck gibt, als der benachbarten, so dass eine die Maxima oder die Minima der Curven verbindende Linie eine mehr oder weniger gebogene Wellenlinie darstellt, und dass an dem einzelnen Pulsbild, je nachdem es höher oder tiefer in der Reihe zu stehen kommt, auch die sekundären Erhebungen wechseln, höher oder tiefer auftreten, grösser oder kleiner ausfallen. (Siehe Figur 4, Tafel I.)

Vasomotorisches und respiratorisches Centrum, beide im verlängerten Mark, liegen bekanntlich bei einander,

so dass der Gedanke der beiderseitigen Aufeinanderwirkung (Frédericq, Meltzer) nahe lag, und in der That wirkt z. B. Dyspnoe oder Einathmung kohlensäurereicher Luft nicht bloss erregend auf das Athmungscentrum, sondern auch zugleich kontrahirend auf die Gefässe.

Allgemein wurde angenommen, dass in Folge des durch die Inspiration im Thorax entstandenen negativen Druckes eine Aspiration des Blutes nach der Brusthöhle stattfinde, dadurch der Blutdruck abnehme und so die Curve während der Inspiration sinke; entsprechend sollte umgekehrt die Exspiration den Blutdruck steigern und die Curve heben, der sinkende Theil der Welle wurde also der Inspiration, der steigende der Expiration zugeschrieben. Genaueres Vorgehen in der Untersuchung dieser Frage, namentlich das gleichzeitige Registriren der Puls- und Athembewegungen haben gezeigt, dass die daherigen Verhältnisse nicht so einfach sind.

Allerdings entsteht bei jeder Inspiration ein negativer Druck im Thoraxraum; aber es ist wesentlich das venöse Blut, welches hierdurch in Herz und Lunge aspirirt wird. Wenn nun das Herz schon einen bedeutend vermehrten Blutzufluss empfangen hat, muss es auch wieder mehr davon abgeben. Dadurch erhöht sich der Blutdruck und erfährt noch eine Steigerung am Anfang der Exspiration, da das Zusammensinken der Thoraxwand einen positiven Druck auf die Brustorgane ausübt. Während der Exspiration vermindert sich der Zufluss des Venenblutes zum Herzen, so dass trotz des positiven Druckes der Thoraxwand der Blutdruck im zweiten Theil der Exspiration wieder abnimmt, an der Curve wieder die absteigende Welle auftritt.

Somit ist die Wirkung der Respiration auf die Respirationswelle so zu vertheilen, dass — wie Fig 3, Taf I

zeigt — die Inspiration *i* den zweiten Theil der Thalwelle und den ersten Theil der Bergwelle, die Exspiration *e* den zweiten Theil der Berg- und den ersten der Thalwelle umfasst. Im Uebrigen lassen sich da keine bestimmten Grenzen aufstellen; denn je nachdem die Respiration frequent oder langsam, forcirt oder seicht ist, treten allerlei Modificationen auf: der erhöhte Blutdruck tritt etwas früher oder später ein, nimmt früher oder später ab, und macht sich daher in der Curvenreihe nicht immer genau an derselben Stelle geltend.

Einige Autoren sahen die respiratorische Welle an den Sphygmogrammen nur bei ziemlich starker Respiration, während sie bei schwacher zu fehlen schien. Es kann sein, dass bei einigen Individuen sich diese Welle sehr schwach ausprägt, an der Radialis und andern Arterien schwächern Kalibers sogar ganz fehlt. Hingegen zeigt sich an der dem Thorax so nah gelegenen Carotis mit ihrem meist starken Blutdruck dieser Einfluss deutlich genug, wenn er sich auch bei verschiedenen Aufnahmen sehr verschieden markirt. Im vorliegenden Falle (Fig. 4 Taf. I) haben wir das Theilstück der Curvenreihe von der rechten Carotis eines circa 40jährigen schlanken Mannes, dessen Puls an der rechten Carotis gespannt und voll erscheint, während er an der linken kaum zu fühlen ist und keine brauchbare Curve liefert. Die Zeit der Aufnahme dauert 28,5 Sekunden für 35 einzelne Pulsbilder, dies ergab 73 Pulse in 1 Minute. Vor Allem fällt die verschiedene Länge der Wellen in die Augen; die einen dauern $2^1/_2$, die andern 3, $3^1/_2$ und mehr Sekunden, was sich leicht durch die Verschiedenheit der Athemzüge erklären lässt, da ja selten der eine genau so lang und so tief ist wie der andere, und gleiche Respirationen auf den Blutdruck verschiedenartig wirken können, wenn noch andere Reize

hinzutreten. Ebenso ist das Längenverhältniss vom absteigenden zum aufsteigenden Wellentheil sehr wechselnd und hängt auch von der Intensität der jeweiligen In- und Exspirationen ab. Im aufsteigenden Theil, der also meist in der Exspirationsphase liegt, stehen die einzelnen Curven einander etwas näher als im absteigenden, was beweist, dass mit dem vermehrten Blutdruck zugleich eine Beschleunigung der Herzschläge aufgetreten; im letzteren ist die Descensionslinie länger und ausgebildeter als im ersteren.

Auffallende Erscheinungen bietet die folgende Curve eines circa 60jährigen, noch ziemlich rüstigen Menschen, dessen dreitheilige Struma die Carotiden nach aussen drängt und ein wenig auf die Trachea drückt. Die linke Carotis pulsirt deutlicher als die rechte, und mit vieler Mühe wird auf dieselbe, am inneren Rand des Sternocleidomastoideus, zwei Finger breit unter dem Unterkiefer der Sphygmograph applicirt. Der Hals arbeitet bei der Respiration energisch mit, schwillt auf, sinkt wieder zusammen und beeinflusst durch direkten Druck auf den Sphygmographen die respiratorische Welle, indem die accessorischen Inspirationsmuskeln der seitlichen Halsgegend scaleni, sternocleido-mastoidei etc. an der Respirationsbewegung participiren und durch ihre rhythmische Contraktion auf die nahe liegende Halscarotis einen an- und abschwellenden Druck ausüben, wie es bei dyspnoischen Zuständen (Struma, Emphysem etc.) vorkommen kann, wobei also der Sphygmograph nicht die genaue Arteriencurve wiedergibt. Die Wand der Arterie kann jeweilen im Inspirationsstadium so rasch und tief zurücksinken, dass die anliegende Pelotte nicht schnell und weit genug folgt, und wenn zugleich auch der Blutdruck geschwächt ist, der in diese Zeit fallende Puls bedeutend kleiner als

die anderen oder nur andeutungsweise verzeichnet wird. (*a* Fig. 5, Tafel I.)

Wir sehen also, dass der Einfluss der Respiration auf die Gefässthätigkeit, speziell auf die Carotisbewegungen, namentlich dadurch ausgeübt wird, dass In- und Exspiration hauptsächlich auf die Vertheilung des Blutes und den Blutdruck vom Thoraxraum aus einwirken, andererseits aber auch die andere oben angedeutete und namentlich von Schiff hervorgehobene Wirkungsweise in Betracht kommt, nach welcher vom Athmungscentrum aus rhythmische Impulse nach dem Gefässcentrum strömen, zu einer Verstärkung des Tonus und so zu einer wechselnden Contraktion und Dilatation der Gefässe führen.

Ausser diesen zwei Wellenarten, der einfachen Puls- und der respiratorischen Welle, besteht noch eine dritte in der Pulscurvenreihe, die für uns wichtigste *vasculäre oder vasomotorische Welle.* Betrachten wir Fig. 6, Tafel I genau, so springt sofort in die Augen, dass die Curvenreihe in ihrem Verlaufe durchaus verschiedene Höhenniveau's aufweist, dass dieselbe bei *a* ihren Tiefstand hat, dann steigt bis *b*, allmählich sinkt bis *c*, bei *d* wieder ihren Höhepunkt erreicht, bei jedem + tief steht u. s. w., kurz dass sie eine wellenförmige Linie beschreibt, deren Wellentheile ziemlich lang, die eine gewisse Anzahl einzelner Pulsbilder und Respirationswellen enthält und diesen beiden also übergeordnet auf eine abwechselnde Contraktion und Dilatation der Arterie zurückzuführen ist.

Mit vielen Anderen machte vorzüglich Henle auf diesen neuromusculären Einfluss der vasomotorischen Nerven auf die Arterienwand und damit auf die Vertheilung des Blutes im Organismus aufmerksam. Neuerdings hat besonders Vulpian*) sich Mühe gegeben, die Reactionsweise der

*) Vulpian, L'appareil vasomoteur. Paris 1878. Tome I, page 87.

contraktilen Arterienelemente auf verschiedenartige Reize hin einer genauen Prüfung zu unterziehen und gefunden, dass Volumenveränderungen der Arterien nicht bloss in Folge mechanischer, chemischer, thermischer oder anderer Reize stattfinden, sondern dass sie auch ohne sichtbare Ursache vorkommen können, dass gewisse Gefässe ohne jeden experimentellen Eingriff und unabhängig von der Herzthätigkeit in ihrem Kaliber regelmässige Veränderungen erleiden und mehr oder weniger rhythmische Bewegungen aufweisen, dass sie also, einigermassen analog der Herzthätigkeit, unter nervösem Einfluss sich ausdehnen und wieder zusammenziehen. Doch sind nach Vulpian diese Art Gefässbewegungen sehr unregelmässig, inconstant, und hängen, so wenig er das nachweisen kann, vom Herzen ab, indem sie, als undeutlich gewordene Fortsetzung der durch die Herzbewegung entstandenen Blutwelle zu betrachten seien. „Ces reserrements sont en effet“, führt er weiter aus, „des reactions provoquées par la distension que produit dans toutes les artères l'entrée des ondées cardiaques dans l'aorte. C'est un ressort elastique qui agit dans les grosses artères; c'est un ressort musculaire, dans les artères plus petites mais le résultat est le même.“ Seine Ansicht ist widerlegt und kann, schon weil sie sich auf obigen Schluss stützt, nicht richtig sein, denn ein elastisches Rohr reagirt anders auf andringende Gewalt, als ein Muskelrohr, auch wenn in letzterem der Elasticität noch ein gewisser Antheil zukommt. Ein elastisches Rohr wird durch eine andringende Welle gedehnt und kann sich kraft seiner Elasticität wieder auf sein ursprüngliches Volumen kontrahiren, aber nicht weiter, während ein Muskelrohr nicht nur über das gewöhnliche Volumen sich erweitern, sondern auch darüber hinaus sich verengern kann. Auch ist nicht abzusehen, wie die durch

den Herzstoss erzeugte Arterienbewegung in jene Undulationen übergehen sollte, und schliesslich ist der Hauptgrund dagegen der Umstand, dass die vasculäre Welle neben der noch deutlichen Herzwelle vorkommt und durch Aenderungen des Herzschlages nicht unmittelbar beeinflusst wird. Uebrigens haben in neuerer Zeit eine Menge von Autoren diese Wellenbewegung als eine vom Herzen unabhängige an Thieren und Menschen gesehen und beschrieben.

So theilen Legros und Onimus*) den Arterien das Vermögen zu, auf zwei Arten sich zu verengern: die spastische, wobei eine Unterdrückung des Blutlaufes stattfindet, indem das Kaliber des Rohrs in seiner ganzen Länge verengert wird und die peristaltische, die nach und nach einzelne Theile kontrahirt und dadurch den Blutlauf befördert. (Contraction péristaltique autonome favorisant le cours du sang et le réglant suivant les fonctions à remplir et suivant l'activité propre de chaque organe.) Die peristaltische Bewegung äussert sich in Hebungen und Senkungen, welche in ihrer Anzahl variiren, mit dem Herzstoss nicht isochron sind, aber theilweise noch seiner Einwirkung zugeschrieben werden, während analoge Bewegungen ganz unabhängig vom Herzen rein auf nervösem Wege ausgelöst, ebenfalls vorkommen.

Bestimmtere Angaben über diese Eigenthätigkeit der Gefässe finden wir in deutschen Autoren. Naunyn und Schreiber**) konnten Folgendes beobachten: Wird am curarisirten Thier der energisch wirksame Druck auf das Gehirn in dem Moment unterbrochen, in dem 2—3 Herzactionen den Beginn der erregenden Vaguswirkung auf

---

*) Legros, Les nerfs vasomoteurs. Paris 1873.

**) Naunyn und Schreiber, Ueber Gehirndruck. Leipzig 1881.

das Herz andeuten, dann geht der durch die primäre Erhebung geänderte Blutdruck im Verlaufe der nächsten 100—120 Sekunden allmählich zur Norm zurück; allein ausser der durch Hebung und Senkung des Blutdrucks bedingten Schwankung der gewöhnlichen Curvenlinie zeigt sich noch ein Wellensystem, welches beginnt, während der Puls noch verlangsamt ist und aus etwa 6—12 Sekunden langen, zunächst aber noch sehr flachen Bögen besteht. Diese kurz dauernden regelmässigen Wellen, welche zugleich die Tendenz der rhythmischen Wiederkehr erkennen lassen, scheinen zeitweise, namentlich wenn sie schwach sind, von den Schwankungen der primären Curve ganz verdeckt werden zu können.

Hering (Ueber Athembewegung des Gefässsystems, Wiener Sitzungsberichte Bd. 60, 1869) sah, dass sie mit Vorliebe auftreten, wenn das Blut eine venöse Beschaffenheit angenommen. Schiff beobachtete ähnliche Erscheinungen am Kaninchenohr.

Zu derselben Traube'schen oder vasculären Welle gehören offenbar auch die Schwankungen der Pulscurve des Frosches, die Rokitansky*) bei Gelegenheit der Untersuchung des Blutdrucks während häufiger Lufteinblasungen beobachtet hat; dieselben entsprechen weder dem Rhythmus der Einblasungen noch demjenigen der Herzthätigkeit, wesswegen er vermuthet, dass es nervös ausgelöste Schwankungen in der Weite der kleinen Arterien seien.

Genauere Aufschlüsse über diese eigenthümlichen Blutdruckschwankungen erhalten wir erst durch S. Mayer in den Wiener Sitzungsberichten von 1877. Er sah dieselben am ruhig athmenden, absolut keiner Operation

*) Rokitansky, Wiener Sitzungsberichte. 24 Bde. III. Abtheilung. 1876.

unterzogenen Thier (Kaninchen), aber nur so lange wie das cerebrale vasomotorische Centrum funktionsfähig und in unversehrtem Zusammenhang mit den nach der Peripherie leitenden Bahnen war und bestreitet deswegen die Cyonsche Behauptung, dass sie durch rhythmische Vorgänge von den irritablen Stellen der peripheren Gefässwand aus entstehen könnten. Er glaubt vielmehr, dass vom Athmungscentrum rhythmische Impulse nach dem Centrum für die Gefässinnervation abströmen, welche durch ihre Ansammlung rhythmisch eine Verstärkung des Tonus dieses Centrum hervorbringen, schliesst aber eine direkte Erregung der Gefässnerven vom Athmungscentrum her mit Bestimmtheit aus.

Verhältnissmässig selten ist die vasculäre Welle am Menschen beobachtet und beschrieben worden, wahrscheinlich weil man wenig daraufhin untersucht und ohne Grundlinie gezeichnet hat, so dass die Niveauunterschiede der Curvenreihe weniger hervortraten. Mosso hat sie beim Registriren von Hirnbewegungen gesehen, und, da ihm keine sichere Ursache ihrer Entstehung bekannt war, sie als spontane Bewegungen der Gefässe bezeichnet. Da, wie wir wissen, dieselben durch die Arterienmuskulatur vermittelt werden und als Folge der abwechselnden Contraktion und Dilatation derselben auftreten, so sind wir berechtigt, auch am Menschen sie überall da zu erwarten, wo das muskuläre Element eine besonders wirkungsfähige Entwickelung zeigt, wie namentlich an der Carotis.

Fig. 7, Tafel I bildet die Curvenreihe der linken Carotis eines gesunden mittelkräftigen Mannes ab. Die Aufnahme, (Abends 8 Uhr begonnen), dauerte 20 Minuten und wurde nur einmal unterbrochen, um die Kapsel, welche wie die Curve anzeigt, der Carotis lose auflag, besser zu befestigen, was zur Folge hatte, dass der Charakter der einzelnen Curven-

theile viel mehr hervortrat (*n*). Kleine Lücken von circa 3 Sek. Zeitdauer blieben am Ende jeder Curvenreihe, weil dort aus technischen Rücksichten das Papier nicht geschwärzt worden war; doch hat das nichts zu sagen, da, was wir suchen, die vasculäre Welle, sonst deutlich ausgeprägt ist, und deren Hoch- und Tiefstand selten gerade in jene Lücke fällt.

Die Pulsfrequenz bleibt, wahrscheinlich in Folge der mit der Aufnahme oft verbundenen psychischen Erregung, hoch: 80 C. per Minute und darüber; dem entsprechend fällt auf die einzelnen vasculären Wellen eine bedeutende Anzahl einzelner Pulsbilder. Die erste Senkung findet bei *a* statt, die Welle steigt darauf bis *b*, um bei *c* wieder ihren Tiefstand zu erreichen; so lässt sich die Schwankung durch die ganze Aufnahme hin verfolgen; die tiefste Stelle ist jeweilen mit einem + bezeichnet. Es ist übrigens zuweilen nicht leicht, die Wellen genau abzugrenzen, da zwischen hinein kleinere Schwankungen vorkommen, eine starke Exspiration vielleicht eine einzelne Pulscurve herabziehen, eine entsprechende Inspiration sie erhöhen kann, so dass die ganze Welle zu steigen oder zu fallen scheint, auch wenn die betreffende Schwankung bei genauem Nachsehen sich bloss auf ein Pulsbild beschränkt. Im ersten Theil sind die vasculären Wellen viel leichter zu erkennen, die Niveauunterschiede bedeutender, ihre Längen durchschnittlich geringer als im zweiten Theil; hier fallen 40 bis 60 Pulsschläge auf eine Welle, während es oben 25 bis 40 sind, was wahrscheinlich von der anfangs vorhandenen psychischen Erregung und den damit vom Gehirn ausgehenden Reizen abhängt, dabei sind die plötzlichen rapiden Curvenerhöhungen (α, β etc.) auffällig, die mehr oder weniger rasch wieder in's alte Niveau übergehen. Dass hier, respective überall wo der Hochstand der vas-

culären Welle sich vorfindet, das Blutgefäss erweitert, erschlafft ist, beweist der Umstand, dass die einzelne Curve grösser, höher, nach dem Tiefstand der Welle hin kleiner, niedriger wird: eine Aenderung der Form, die darauf hinweist, dass nicht Aenderung der Blutzufuhr, des Herzschlages, sondern Alteration des Arterientonus sie bedinge. Bei 1, 2, 3, 4, 5 haben wir den Effekt von Schluckbewegungen; zweifelsohne bewirkte die am Hals fixirte Aufnahmekapsel dort einen Reiz, der auf reflektorischem Wege die Schluckbewegungen auslöste: ein Vorgang, der bei weniger empfindlichen Individuen seltener vorkam, als hier, oder bei irritablen häufiger wiederkehrte und zuweilen das Pulsbild verunstaltete oder in Folge jedesmaliger Kapselverschiebung die Aufnahme der Curven hochgradig erschwerte. Interessanter Weise trat diese Reflexbewegung jeweilen am Ende der Arteriendilatation oder im Anfang der Contraktion ein, so dass es den Anschein hat, als ob diese gleichzeitigen Reizwirkungen auf Schlingorgane und Gefässwand nicht ganz unabhängig von einander wären: eine Erscheinung, welche auch Kronecker und Meltzer bei ihren Versuchen beobachtet haben.

Die Aufnahme der Pulse von der rechten Carotis desselben Individuum bot einige Schwierigkeiten; um einen Ausschlag des zeichnenden Hebels zu erhalten, musste ich die Kapsel bei etwas zurückgebogenem Kopf ganz am Unterkieferrand und ziemlich tief eindrücken, erhielt aber dafür eine sehr schöne, nie unterbrochene Curvenlinie mit namentlich gegen das Ende hin sehr deutlicher vasculärer Welle, im Gegensatz zu verschiedenen anderen Fällen, wo bei gelungener Aufnahme der linken Carotis die rechte ihren Dienst versagte und wegen zu tiefer Lagerung absolut kein deutliches Sphygmogramm gab.

Fig. 8, Tafel I wurde an einem mittelgrossen gesunden

Mann von 28 Jahren Abends um 5 Uhr genommen. Hinderlich war dabei eine ziemlich entwickelte Struma, welche beide Carotiden nach der Tiefe drückte und namentlich an der rechten eine gute Aufnahme unmöglich machte; links gelangte man erst nach starkem Druck in die Tiefe dazu, deutliche Curven zu erhalten; allein jedenfalls ist hier das Sphygmogramm nicht der reine Ausdruck normaler Herz- und Gefässthätigkeit, dazu sind die Druckschwankungen zu lebhaft und die vasculären Wellen (+) von einer Deutlichkeit und Kürze, wie sie bei keiner anderen Curvenreihe vorkommen. Offenbar hat der starke Druck auf's Gefäss auf reflektorischem Wege stark erregend gewirkt, so dass dasselbe sich energisch zusammen gezogen und nachher bei eintretender Ermüdung ebenso ausgiebig sich erweitert hat, eine Erscheinung, die besonders im zweiten Theil der Curvenlinie auffällig wird, nachdem der Reiz eine Zeit lang gewirkt hatte und dort vasculäre Wellen von nur 10—30 Pulsationen hervorbringt, während andere Aufnahmen deren von 40—60 Pulsationen enthalten.

Andererseits kommt dabei wahrscheinlich auch dem Kropf eine gewisse Bedeutung zu. Mit seinem Reichthum an Blutgefässen bildet er gewissermassen einen Schwamm, dessen einzelne Röhren an der allgemeinen Gefässbewegung Theil nehmen, der also auf- und abschwillt. Trifft nun dessen Füllung oder Diastole, mit derjenigen der ihm angelehnten Carotis zusammen, so wird letztere um so mehr der Aufnahmekapsel entgegengedrängt den Zeichenhebel heben, somit die Curve erhöhen, während bei gleichzeitigem Zusammensinken von Struma und Arterie auch das Curvenniveau mitsinkt. Letzterer Umstand trägt zweifellos viel bei zum Auftreten der ungewöhnlich grossen Unterschiede im Curvenniveau. Bei 1, 2 und 3 sind Schluckbewegungen.

Während die früheren Aufnahmen bei erwachsenen Personen vorgenommen waren, stammt Fig. 9, Tafel I von einem in der Mutation begriffenen kräftig entwickelten 16jährigen Knaben, doch bietet sie keine wesentlichen Aenderungen. Die vasculäre Welle ist, wie zu erwarten, sehr gut ausgeprägt und kürzer als gewöhnlich, 2, 3—5 auf die Minute. Wie schon andere Male, so sank auch hier nach einiger Zeit das ganze Curvenniveau, ohne dass manuell an der Aufnahmskapsel etwas verändert worden war. Offenbar lagen dem verschiedene Ursachen zu Grunde. Einmal wurde durch die horizontale Lage die Blutvertheilung eine andere, die Blutfülle des Halses verminderte sich zugleich mit der Energie des Pulsschlages, ausserdem sank die Arterie in Folge der beim Liegen eintretenden Erschlaffung der Halsmuskulatur, vorab des Sterno-cleido-mastoideus nach rückwärts: alles Gründe, die ein allmähliches Weggleiten der Carotis von der Kapsel zur Folge hatte, und so nach einer gewissen Zeit eine neue Einstellung des Apparates erforderten, oder es participirten dabei möglicher Weise auch die während des Experimentes erschlafften elastischen Membranen des Inscripteur und des Récepteur. Der vasculären Welle geschieht dadurch kein Eintrag, indem ihr Auftreten gleicherweise erkannt wird, sei das Curvenniveau etwas höher oder tiefer; auch hier tritt sie in Form rhythmischer Schwankungen auf, die aber in Bezug auf Länge, Höhe und Häufigkeit kein festes Gesetz erkennen lassen. Der Höhenunterschied zwischen Wellenberg und Wellenthal beträgt selten mehr als $^1/_2$—1 mm, zuweilen nicht einmal so viel; ebenso variabel ist die Pulszahl im auf- und absteigenden Schenkel der Welle; durchschnittlich ist der absteigende Schenkel deutlich kürzer als der aufsteigende, d. h. die Welle fällt, nachdem sie ihren Gipfelpunkt er-

reicht hat rapider als sie gestiegen ist; vielfach ist der letztere schwer zu bestimmen, da mehrere Pulswellengipfel dasselbe Niveau haben und zwischen denselben unter dem Einfluss der respiratorischen Wellen sich wieder niedrigere befinden. Ausserdem vermindert die respiratorische Welle die Klarheit der vasculären, lässt deren Verlauf, deren Hoch- und Tiefstand nicht so genau erkennen, da sie selbst eher in die Augen fällt, wie z. B. in Figur 5.

In Fig. 10, Tafel II betrachten wir noch die Curven eines circa 52jährigen italienischen Arbeiters. Derselbe verunglückte im September 1883, indem ihm während der Arbeit ein Ziegel auf den Kopf fiel und an der Vereinigungsstelle der Coronar- mit der Sagittalnaht ein dreieckiges Loch schlug; letzteres war zu klein, um, wie zuerst beabsichtigt war, Hirnbewegungen aufnehmen zu lassen; daher beschränkte man sich auf die Carotis. An der Sinistra des etwas decrepiden, magern, mit geringer Struma versehenen Individuums liess sich der Apparat nicht zu einer gelungenen Anfnahme einstellen; um so leichter geschah dieses an der Dextra. Landois lässt, wie schon oben erwähnt, den Anakrotismus in der Pulscurve dann auftreten, wenn die Zeit, innerhalb welcher das elastische Rohr den höchsten Grad seiner Ausdehnung erfährt, länger ist als die Schwingungsdauer der gespannten Röhrenwand d. h. also, wenn das Gefässrohr sich langsam ausdehnt. Alle Momente, welche die Ausdehnungszeit verlängern, werden demnach den Anakrotismus begünstigen; dazu gehört vor Allem Atherom der Arterien. Der hier auftretende ausgesprochen anakrotisch tarde Puls ist genügsam begründet, wenn wir erwägen, dass das Untersuchungsobjekt ein Mann von 52 Jahren ist, der in Folge schwerer Arbeit und überstandener Krankheit alt und

schwach aussieht, dass an der Carotis Atherom verhältnissmässig frühe auftritt, und schliesslich der Greisenpuls ein Pulsus tardus ist. Die atheromatöse Arterienwand ist zu steif, um der andringenden Blutwelle gleich nachzugeben, vielmehr braucht ihre Ausdehnung eine gewisse Zeit zur Ueberwindung des Widerstandes, dessgleichen die Contraktion, daher die gebrochene Ascension und der runde Gipfel. Die Curvenreihe ist auch desswegen sehr lehrreich, weil sowohl respiratorische als namentlich die vasculäre Welle leicht kenntlich sich abheben.

Die Minute enthält 68—70 Pulswellen und circa 18 respiratorische; letztere sind von ungleicher Länge, enthalten 3 oder 4 Pulswellen, und zwar so, dass auf eine Welle von drei Pulsen eine solche von vier folgt; ziemlich häufig kommen zwei-, drei-, vierpulsige Wellen nach einander vor; zuweilen ist auch der Rhythmus der, dass auf zwei Wellen mit vier Pulsschlägen eine drei Pulse zählende folgt. Die Länge der vasculären Welle wechselt wieder in so weiten Grenzen, dass auch hier die Annahme richtig erscheint, es sei durch Interferenz das eine oder andere Wellenende verwischt worden. Wenn auch in Folge der central durch allerlei in ihrer Intensität variable Reize bedingten Auslösung die Welle ungleich mächtig und ungleich lang auftreten kann, so ist doch seltsam, dass so ohne sichtbare Ursache Wellen von 10—30 Pulsen abwechselten mit solchen von 60, 80 und mehr. Jedenfalls ist die Welle als solche auf dieser Tafel sehr ausgeprägt, sind die Niveaudifferenzen bedeutend und in Bezug auf die einzelnen Schwankungen betrachtet, vielfach um so grösser, je kürzer die Welle, wie dieses z. B. bei x, der 17 Pulse enthaltenden, gegenüber w mit 62 Pulsen der Fall, doch nehmen auch viele Ausnahmen dem Satz seine allgemeine Geltung.

Die vasculäre Welle ist bei den meisten der bisher untersuchten Curven so deutlich ausgeprägt, dass auch der oberflächliche Beobachter sie leicht erkennt; bei wenigen, wo flache Wellen auftreten, ist dieses schwieriger; doch wird der des Lesens sphygmographischer Aufnahmen Kundige, eventuell mit Hülfe des Lineals und Betrachtung von der Seite her, auch die leichteren Schwankungen mühelos sehen. Müssen dieselben nun demjenigen, welcher das Untersuchungsobjekt, den Apparat, die Entstehung der Welle vor Augen hat, welcher das Experiment leitet, gleich als etwas Neues, Fremdartiges auffallen, so kann doch der damit weniger Vertraute sich fragen, ob nicht andere mehr zufällige Umstände einmal das Curvenniveau heben, das andere Mal es senken können, ob nicht eine tiefe Inspiration, ein Seufzer z. B., eine starke Exspiration oder psychische Ursachen, der Eintritt einer Person in's Laboratorium, Geräusche etc., Ursachen jener Niveauveränderungen sein können; allein derartige Einflüsse wurden jedesmal sorgfältigst zu vermeiden gesucht und wo sie sich dennoch äusserten, geschah das so deutlich, dass sie nicht zu verwechseln waren. Psychische Regungen, Gedankenarbeit, können mitgewirkt haben, das lässt sich ja nicht kontrolliren, aber nicht als Ausschlag gebendes Moment, denn die betreffenden Wellen traten auch während des Schlafes auf und zwar meist schöner und regelmässiger als beim Wachen. Und dass die Respiration direkt mit der vasculären Welle nichts zu thun habe, sondern dass letztere eine periodische Thätigkeitsäusserung des vasomotorischen Centrum ist, das beweisen sämmtliche Beobachtungen, bei denen Carotis- und Respirationsbewegungen zugleich registrirt wurden. Zu letzterem Zwecke verband man einen auf dem Epigastrium liegenden Gummiballon durch Kautschukschläuche mit einer Kapsel, deren elastische Deck-

membran vermittelst eines Zeichenhebels der Trommel die Athembewegungen mittheilte. Hochstand der Curve (Fig. 11, Tafel II) fällt auf Inspiration, Tiefstand auf Exspiration; der die Respiration zeichnende Hebel wurde unter dem Pulshebel befestigt, wesshalb die Respirationscurve unter der ihr zugehörigen Pulscurve verläuft, und musste, um den Pulshebel in seinen Bewegungen nicht zu stören, circa $^1/_2$ cm. vor demselben die Trommel berühren, so dass überall die Respirationscurve $^1/_2$ cm vor der ihr entsprechenden Pulscurve verläuft. Der eigentlich richtige Verlauf ist durch die punktirte Curve (α, β, γ) angedeutet; dabei bestätigt sich ad visum (Figur 11) der vorher schon (Seite 33 unten) aufgestellte Satz, dass die Inspiration die zweite Hälfte der Thal- und erste Hälfte der Berg-, die Exspiration die zweite Hälfte der Berg- und erste Hälfte der Thalrespirationswelle umfasst.

Da die Art und Weise der Application der Aufnahmekapsel auf die Carotis sich von entschiedenem Einfluss auf die Deutlichkeit der vasculären Welle gezeigt hatte, so wurde die Kapsel dieses Mal möglichst lose aufgelegt Dem entsprechend erhielt ich sehr übersichtliche vasculäre Wellen. Ihr Tiefstand, mit einem + bezeichnet, tritt ein, ohne dass an der begleitenden Respirationscurve irgend welche Veränderungen sich zeigen, die in ursächlichen Zusammenhang damit gebracht werden konnten, selten fällt derselbe, was ja leicht möglich wäre, mit einer besonders tiefen Inspiration zusammen. Wo die Respiration unregelmässig, markirt sich dies in der Pulswelle anders; so markirt letztere einen Seufzer mit plötzlichem Fall und nachherigem Steigen. Gegen das Ende der Tafel sinkt, wahrscheinlich ebenfalls in Folge von Erschlaffung der Kapselmembran und der unter dem Ballon befindlichen Musculatur die Respirationscurve allmählich,

hingegen zeigt sich an ihr von Anfang an ein eigenthümliches, interessantes Phänomen, indem auch hier ein Auf- und Niedergehen stattfindet, und die Respirationscurve der vasculären Welle ähnliche Schwankungen macht. Verfolgen wir die Curve, so fällt in die Augen, dass der der Inspiration entsprechende Hochstand sehr ungleich ist, und in rhythmischer Weise steigt und wieder sinkt (1. 2. 3. . . . bezeichnen eine Reihe von Tiefständen), dass also hier wieder neue Wellen in der Respirationscurve auftreten, deren jede eine Reihe Respirationen einschliesst.

Woher diese Erscheinung rührt, darüber behalten wir uns bei der verhältnissmässig geringen Zahl derartiger Aufnahmen die Entscheidung noch vor; vielleicht hängt sie von der Gefässfüllung des Abdomen ab, vielleicht von centralen Ursachen und ist wohl gar ein Anklang an das Cheyne-Stokes'sche Athmungsphänomen, wie es Mosso *) allerdings ausgesprochner in der Respirationscurve des gesunden schlafenden Menschen beobachtet hat. Jedenfalls steht sie in keinem Zusammenhang mit der vasculären Welle, da, wenn bei beiden auch ungefähr gleich lange Schwankungen (von 15—40 Pulswellen-Arten) vorkommen, doch weder Hoch- noch Tiefstand der Wellen je zusammenfällt, und die gleich langen Wellen einander kaum je entsprechen. Demnach ist neben der Puls- und respiratorischen Welle die vasculäre Welle als eine eigenthümliche regelmässig in dem Sphygmogramm der Carotis vorkommende Erscheinung nachgewiesen.

Mosso nennt diese rythmischen Schwankungen die er ausgesprochen an Thieren, z. B. der Carotis des Hundes, sowie an den Hirngefässen des Menschen beobachtete,

*) Mosso, Ueber die gegenseitigen Beziehungen der Bauch- und Brustathmung. Archiv für Anatomie und Physiologie 1878, pag. 452 u. folg.

spontane Undulationen, weil er keinen sicheren Grund für ihr Entstehen nachweisen konnte; hingegen äussert er die Vermuthung, dass es nicht nur von der Peripherie her angeregte reflectorische Bewegungen seien, sondern ihre Rhythmicität auf gewissen in mehr oder weniger gleichen Intervallen einwirkenden Gehirnreizen beruhe, welch' letztere auf chemische Umsetzungen im Bereich einzelner Hirnabschnitte zurückzuführen seien. Sehr wahrscheinlich führt die chemische Umgestaltung, welcher die stofflichen Bestandtheile des Gehirns bei der Thätigkeit der Hirnzellen unterliegen, zur Entstehung von Producten, deren Gegenwart genügt, das Innervationscentrum der Carotismuscularis zu reizen und rhythmische Bewegungen derselben auszulösen.

Sicher ist jedenfalls, dass wir in der Gefässthätigkeit einen Schlüssel besitzen, um die Erkenntniss physiologischer und pathologischer Gehirnfunctionen zu eröffnen. Wenn wir erwägen, welch' lebhaften Einfluss Veränderungen in der Zusammensetzung des Blutes, Reize psychischer Natur, pathologische Zustände aller Art, Geisteskrankheiten insbesondere, im Zustand der Gefässe hervorbringen, wie ein Maniacus in einem Augenblick enorme Fluxionen zum Kopf zeigt, bald nachher wieder bleich, blutarm scheint, wie Epileptiker ihre Farbe verändern, Melancholiker raschwechselnde Circulationserscheinungen aufweisen können, nicht zu sprechen von den hochgradigen Störungen der Paralytiker, so bleibt kein Zweifel, dass das Gefässnervencentrum in seinen einzelnen Parthieen (in der Hirnrinde, medulla oblongata und spinalis) auf obige Zustände hin leicht reagirt, und in seinen Aeusserungen gewissermassen ein Spiegelbild derselben vorstellt.

Wo der Reiz, dahin die Blutwallung, wo der Bedarf, da die Zufuhr, oder auch, wo die Störung, da der Spiegel

derselben an den zuführenden Gefässen; wissen wir ja doch, dass verschiedene Gefässgebiete von einander unabhängig innervirt sein und daher ganz verschiedene Füllungszustände haben können. Haben wir also Störungen im Gehirn, so müssen sich diese irgendwie an den zuführenden Gefässen, den Carotiden offenbaren, und dieses geschieht sehr wahrscheinlich in der vasculären Welle. Nachdem deren regelmässiges Vorkommen nun constatirt worden, bleibt es Aufgabe neuer Experimente und neuer Erfahrungen, die Veränderungen derselben ausfindig zu machen, welche sie unter diesen oder jenen pathologischen Verhältnissen eingehen wird.

Wirklich verspricht auch vermehrte Forschung auf diesem Gebiet nicht ganz aussichtslos zu sein, das beweisen die bisher gewonnenen Resultate.

Schon Mendel *) hat in Fällen halbseitiger Erkrankung verschiedene Carotis-Bilder auf beiden Seiten gefunden.

In Nr. 9 des Korrespondenzblattes für Schweizerärzte 1884 ist ein Fall beschrieben, wo Burckhardt in Préfargier aus der Verschiedenheit der linken und rechten Radialiscurve mit Sicherheit auf einen Fremdkörper im Daumenballen der linken Hand schloss, der vorher vermittelst vorgenommener Incisionen umsonst gesucht worden war. Wirklich gelang es daraufhin Prof. Kocher in Bern in einer 3. Operation denselben zu finden und zu extrahiren. Es zeigen nicht nur die beiderseitigen *Radialis*curven der betreffenden Patientin charakteristische Verschiedenheiten sondern es ist dasselbe auch bei den von Burckhardt mir gütigst überlassenen *Carotis*curven der Fall und bezieht sich da namentlich auf die vasculäre Welle. Auf der gesunden

---

*) Mendel, Ueber sphygmographische Untersuchungen der Carotis. Referat in der Zeitschrift für Psychiatrie. 1877.

Seite haben wir eine gleichartige pulsatorische und regelmässig flache vasculäre Welle, links sind letztere viel kürzer, unregelmässiger; plötzlichen Curvensenkungen folgen ebenso plötzliche Erhebungen; erstere bieten ungleiche Zeitfolge und ungleiche Formen.

Derselbe Unterschied zwischen links und rechts liegt in den Carotiscurven eines anämischen Epileptikers mit unregelmässigen täglichen und nächtlichen Anfällen und einer empfindlichen Stelle links am 4. Brustwirbel; ein Hinweis, wie energisch periphere Störungen im gleichseitigen Gefässsystem sich fühlbar machen können.

Eine hübsche Illustration zu diesem Satz bilden auch folgende bei einem Geisteskranken gefundenen Verhältnisse (Fig. 12 *a* und *b* Taf. II): W., cephalopathisch, mit äusserlich sichtbarer Ungleichheit beider Gesichtshälften und Depressionszuständen hypochondrisch-melancholischen Charakters trägt auf der rechten Stirnhälfte eine empfindliche Narbe; dem entsprechend zeichnet sich die rechtsseitige Carotiscurve (vor Exstirpation der Narbe) (Fig. 12 *a*) durch unregelmässigen Gang, stark respiratorische und einzelne ungewöhnlich hervortretende vasculäre Wellen aus, ein Vorkommen, das seltner ist, da sonst beim Hervortreten der respiratorischen Welle (im Schlaf normaler und ganz besonders epileptischer Individuen) die vasculäre Welle flacher wird und zurück tritt. Die linke Carotiscurve (Fig. 12 *b*) desselben Patienten ist dagegen mit weniger ausgeprägten respiratorischen Wellen und durchschnittlich auch mit flacheren vasculären Schwankungen versehen. Die einige Monate nach der Exstirpation der Narbe registrirten Carotisbewegungen (Fig. 13 *a* und *b* Tafel II) zeigen diese Unterschiede nur noch in bedeutend geringerem Grade.

Ebensosehr wie periphere zeichnen sich centrale Nervenreize in der Pulscurve ab; nur dass hier zum Unterschied von jenen die Gefässe beiderseits betheiligt sind und dieselben Modificationen eingehen. Mir liegen noch verschiedene Curven aus dem Burckhardt'schen Laboratorium vor, die von körperlich Kranken (z. B. nicht psychotischen Neurosen), wie von Geisteskranken herrührend, von der normalen Form wesentlich abweichen und namentlich in der vasculären Welle bemerkenswerthe Verschiedenkeiten darbieten. So liefern sämmtliche bis jetzt untersuchte Epileptiker ungewöhnlich lange flache vasculäre Wellen.

Fig. 14 Tafel II stammt von einem an Folie circulaire leidenden Manne im Depressionsstadium. Das Pulsbild ist sehr regelmässig, die Pulswelle niedrig, die vasculäre Welle, fast bis zur Unkenntlichkeit flach, fällt zuweilen mit einer Schluckbewegung zusammen, die respiratorische fehlt ganz.

Fig. 15 Tafel II wurde vom gleichen Patienten R. im Stadium der Aufregung genommen. Derselbe ist vor einer halben Stunde aus dem Bad gestiegen, hat ein rothes Gesicht, Fluxionen zum Gehirn, aber verspricht, ruhig zu sein und schläft während der Aufnahme ein. Augenscheinlich ist gegenüber der ersten Curve hier ein Nachlass des Tonus vorhanden; starke respiratorische und noch stürmischere vasculäre Schwankungen weisen auf einen alternirenden Contractionszustand, auf heftige ungleichmässige Einwirkungen auf das Gefässcentrum hin.

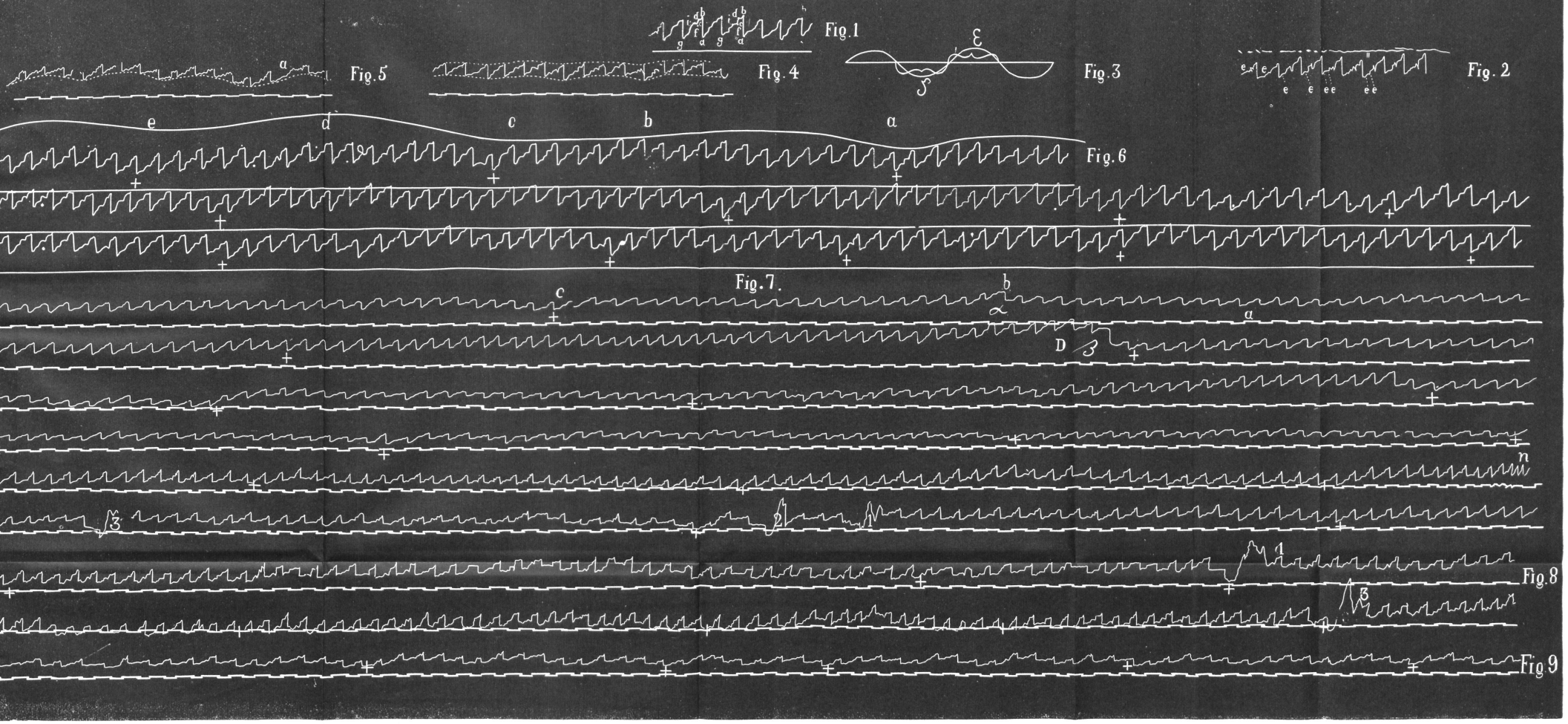
Ebenso interessant ist der Unterschied, den ich in den Curven eines acut primär Verrückten in den verschiedenen Stadien seiner Krankheit bemerke. Patient hallucinirt lebhaft, hat Wahnideen, Impulsionen zu Homicidium, Suicidium, heissen, rothen Kopf, sehr wechselnde Grössen in der Höhe der Pulsation, starke respiratorische

und kurze vasculäre Wellen. Im Stadium der Reconvalescenz treten alle die auffallenden Erscheinungen zurück, und die Carotis nimmt in ihren Wellen wieder einen gleichmässigen, der Norm entsprechenden Gang an.

Solche Eigenthümlichkeiten zeigen sich noch bei vielen anderen Erkrankungen; allein sie sind noch wenig erforscht, und weiteren Beobachtungen bleibt es vorbehalten, deren Aeusserungen im Carotisbilde zu verfolgen, und zu sehen, ob sie sich nicht in der Form der vasculären Welle charakterisiren, bis man am Ende dazu gelangen wird, aus ihrer Gestalt mit Sicherheit auf bestimmte intracranielle Vorgänge schliesen zu dürfen und so eventuell eine Reihe noch ungenügend erklärter Erscheinungen zu erläutern, vielleicht noch die eine oder andere functionelle Erkrankung hinüberzuziehen in's Lager der organischen, wie dieses schon mit vielen anderen, z. B. der progressiven Paralyse gelungen ist. Damit wäre der Psychiatrie jene durchsichtige pathologisch-anatomische Basis zu geben, wie sie durch eifrige Forschung den meisten übrigen Zweigen der medicinischen Wissenschaft zu Theil geworden.

Ist nur erst der Sphygmograph ein unentbehrliches Inventarstück der Spitäler, ein regelmässig zu Rathe gezogenes diagnostisches Hülfsmittel der Irrenanstalten geworden, so wird manch neues Licht aufgehen über bisher noch dunkle Erscheinungen, manch neuer Stein dem aufzurichtenden Forschungsgebäude beigefügt werden können. Erst wenn Hirnphysiologie und -Pathologie vervollkommnet sein werden, wird zu hoffen sein, dass auf exakte Untersuchungsmethoden gestützt die Therapie neue Bahnen einschlage.

TAFEL I.



TAFEL II.

Fig. 10

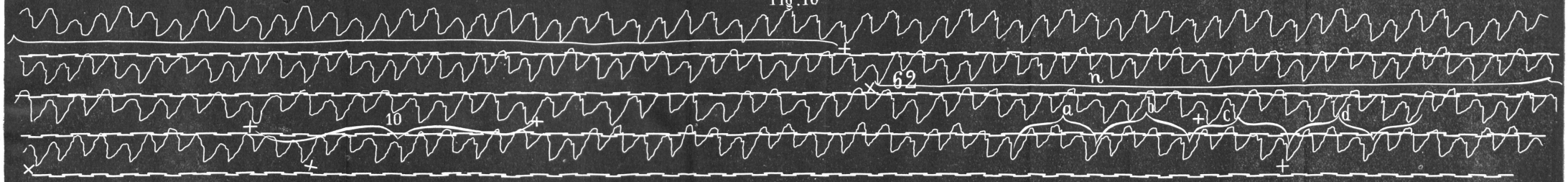


Fig. 11

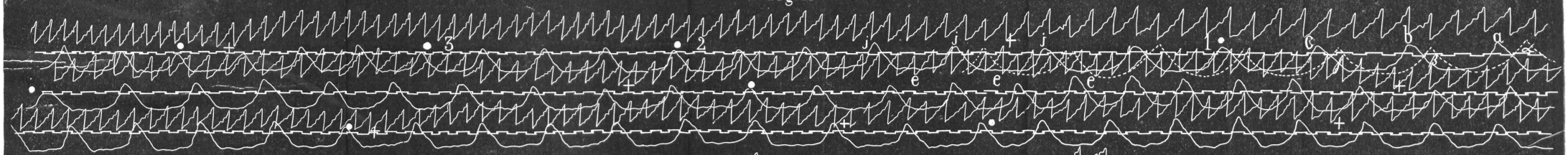
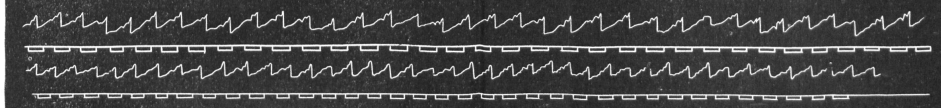


Fig. 13a



b

Fig. 12a

b

Fig. 14

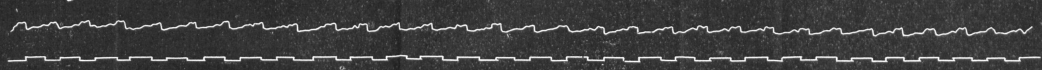
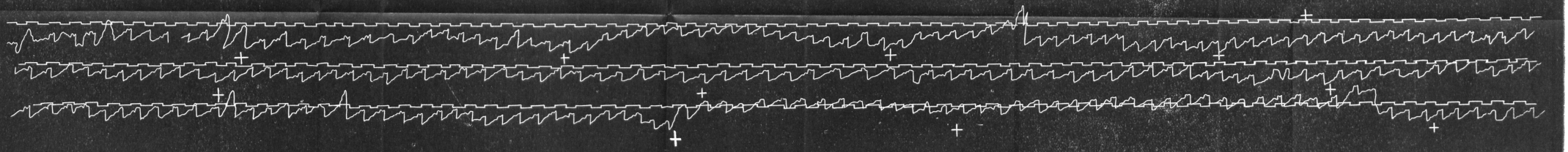



Fig. 15