

Ueber

Venenpuls im Auge.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

in der

Medicin, Chirurgie und Geburtshilfe

unter dem Präsidium

von

Dr. A. Nagel,

o. ö. Professor der Augenheilkunde u. Vorstand der ophthalmiatriischen Klinik zu Tübingen

vorgelegt

der medicinischen Facultät der Universität Tübingen

von

Friedrich Eppler

aus Derendingen.



Tübingen, 1883.

Druck von Heinrich Laupp.

Ueber das Zustandekommen und die Bedeutung des Venenpulses in der Retina gehen die Ansichten noch vielfach auseinander. Obgleich schon vor längerer Zeit durch die gründlichen Arbeiten von Donders *) die Frage erledigt schien, haben sich immer wieder Zweifel erhoben und noch in neuester Zeit sind völlig entgegengesetzte Ansichten laut geworden. Auch über das Thatsächliche besteht keineswegs volle Uebereinstimmung. Bei der Wichtigkeit, welche Allem beizulegen ist, was zum genauen Verständniss der physiologischen Circulationsverhältnisse im Innern des Auges beiträgt, habe ich es unternommen, die Frage der physiologischen Netzhaut-Venenpulsation von Neuem zu prüfen und habe mich dabei des Rathes und der Hülfe meines verehrten Lehrers, Herrn Prof. Nagel, erfreut, dessen Ansichten über den Gegenstand ich aus seinen Vorträgen kennen gelernt hatte, so dass ich denselben im Nachfolgenden vielfach Ausdruck zu geben hatte.

Unter Venenpuls der Retina versteht man eine gewisse ophthalmoscopisch sichtbare Veränderung des Calibers oder der Färbung — Verengerung und Erweiterung, Heller- und Dunklerwerden — welche man in den Endstücken der Venen in rhythmischem mit dem Herzschlage synchronischem Wechsel auftreten sieht. Bekanntlich ist der Stamm der das sämmtliche Blut

*) Donders, Ueber die sichtbaren Erscheinungen der Blutbewegung im Auge. Archiv f. Ophth. I, 2 S. 75. Ueber die Stützung der Augen bei Blutandrang durch Ansathmungsdruck. Arch. f. Ophth. XVII, 1 S. 80.

der Retina sammelnden Venen, die Vena centralis retinae, meistens nicht ophthalmoskopisch sichtbar, da die Stelle, wo dieselbe sich aus den Hauptästen bildet, innerhalb des undurchsichtigen Sehnervenstammes zu liegen pflegt. Die erste Verzweigungsstelle der Centralarterie, und selbst ein Stück vom Stamme derselben, ist viel häufiger sichtbar, da erstere oberflächlicher zu liegen pflegt. Die Verzweigungen sind bei den Arterien wie bei den Venen ziemlich analog. Je ein Hauptast geht nach oben und einer nach unten und jeder von ihnen theilt sich in zwei Zweige, von denen der eine für die temporale, der andere für die nasale Hälfte der Retina bestimmt ist. Die Vereinigung zu diesen Hauptästen ist nicht immer sichtbar; die in die Nervenmasse eindringenden Venen scheinen oft verjüngt oder zugespitzt zu endigen oder hören allmählich auf in Contour und Farbe deutlich zu sein, indem sie bei schrägem Eindringen in die Tiefe von verschieden dicken Schichten halb durchsichtigen Gewebes bedeckt sind. Diese Endstücke der Venenäste sind es, an denen die pulsatorischen Veränderungen wahrnehmbar werden. Auch kleinere Venenzweige zeigen sie oft, deren Mündungsstelle innerhalb des Sehnerven verborgen liegt und die daher an der Oberfläche abgeschnitten erscheinen.

An den Arterienästen sucht man unter normalen Verhältnissen vergeblich nach Zeichen von Pulsation, höchstens spurweise können herzsystolische Erweiterungen bei genauestem Aufmerken entdeckt werden. An den Venenästen nimmt man die Pulsation sehr häufig war, um so häufiger, je sorgfältiger man danach sucht und einer je stärkeren ophthalmoskopischen Vergrößerung man sich bedient. Bei Untersuchung im aufrechten Bilde wird man, wenn man recht aufmerksam alle Venenäste durchmustert, nicht oft Spuren von Pulsation vermissen. Aber auch um leicht und deutlich sichtbare Pulsation zu finden, braucht man nicht lange zu suchen. Unter 10 beliebig gewählten Individuen wird man wohl immer Beispiele der verschiedenen Formen von Pulsation vorfinden. Bei jugendlichen Individuen findet man sie leichter und nach körperlicher Anstrengung deutlicher ausgeprägt.

Das Bild, welches die Pulsation der Netzhautvenen ge-

währt, kann sehr verschieden sein. Man kann mehrere Formen der Pulsation unterscheiden. An einem oder mehreren Endstücken der Venenäste, meist hart vor dem Eintritt in den Sehnerven, zeigen sich Zeichen von plötzlicher kurz dauernder rhythmisch wiederkehrender Aenderung in der Blutfüllung und zwar kann es sowohl Verminderung als Vermehrung, Collaps sowohl als Stauung sein, ja beides kann neben einander an derselben Papille, ja an denselben Gefässen vorkommen. Das ist es, was bisher meistens nicht genügend beachtet worden zu sein scheint.

Die plötzliche Verminderung der Blutfüllung des Venenendstückes giebt sich kund durch Verengung oder durch Blässerwerden, oder durch beides zugleich. Mit der Systole des Herzens, also gleichzeitig mit der Diastole der Radialarterie oder genauer um ein wenig früher als die letztere -- was sich dadurch erklärt, dass die Augen dem Herzen näher liegen als die Hand und dass die Veränderung an den Netzhautvenen schon sehr bald nach dem ersten Beginne gesehen wird, während an der Radialis erst die Höhe der Elevation gefühlt wird -- sieht man das Venenendstück sich rasch verengen, sehr kurze Zeit eng bleiben, dann weniger rasch auf das normale Volumen sich erweitern und eine Weile in dem letzteren verharren. Meistens erfolgt die Verschmälerung nicht auf beiden Seiten des Gefässrohres gleichmässig, sondern nur die eine Seitenwand zeigt Bewegung, während die andere Wand unverändert bleibt. Dann pflegt die bewegliche Wand die zu sein, welche der freien Oberfläche in einer vertieften oder erhöhten Stelle des Sehnerven zunächst liegt. Oft auch erfolgt die Verengung in schräger Richtung, namentlich wenn auch im Ruhezustande das Ende der Vene schräg zugespitzt erscheint, und dann ist mit der Verschmälerung zugleich eine Verkürzung verbunden. Auch in anderer, weniger regelmässiger Weise kann die Formveränderung vor sich gehen, z. B. bei einem bogenförmig gekrümmten Stücke kann auf der concaven Seite eine stärkere Verschmälerung entstehen.

Die bewegliche Wand des Gefässes wird zuweilen undeutlich, als wenn eine dickere Schicht halbdurchscheinender Substanz sich darüber legte.

Die Verschmälnerung trifft zumeist nur eine kurze Strecke, lässt sich kaum je über das Gebiet der Papille hinaus verfolgen. Auch der Grad der Verschmälnerung variiert in weiten Grenzen; am häufigsten sind geringe Grade, die nur der aufmerksame Untersucher als ein leichtes rhythmisches Zucken und Unduliren wahrnimmt.

Mit der Verschmälnerung der Venen ist zuweilen ein Hellerwerden, ein Abnehmen der Intensität des Roth verbunden. Es kommt aber auch das Hellerwerden ohne Verschmälnerung vor, ein Erblassen des Gefässes in seiner ganzen Breite bis zu solchem Grade, dass es von Blut ganz entleert zu sein scheint. Nur das letzte Ende des Venenastes, eine ganz kurze Strecke pflegt davon betroffen zu werden. Leitet man das beleuchtende Flammenbild so, dass die betreffende Vene von dem wenigstens hellen Rande desselben beleuchtet wird, so kommt wegen der schwachen Beleuchtung der etwas trüben Gefässwand die Blutfarbe wieder zum Vorschein, ein Zeichen, dass es sich nicht um völlige Entleerung der Venenstrecke, sondern nur um Einschränkung des Strombettes handelt.

Es ist klar, dass es sich in den beschriebenen Fällen um eine Verdünnung des Blutcyinders, eine Verminderung des Gefässlumens zur Zeit der Herzsystole handelt, aber auch das Gegentheil kommt zur Beobachtung, Verdickung des Blutcyinders, Vergrößerung des Gefässlumens zur Zeit der Herzsystole.

Gleichzeitig mit dem Radialpulse bezw. noch etwas vor der fühlbaren Diastole desselben, sieht man die Mündungsstelle der Vene breiter werden und sich dunkler färben, während der centrale Reflexstreif an dieser Stelle verschwindet. Die stärkere Blutfüllung dauert nur kurz und geht rasch in die gewöhnliche Füllung über, welche länger anhält. Nicht immer liegt die knotenartige Anschwellung am letzten Ende des Gefässes, sie kann um eine Strecke von diesem Ende entfernt liegen und das letzte Endstück kann dann entweder unverändert bleiben, oder häufiger erblasst es stark bis zu völligem Verschwinden. Wenn der Herzschlag langsam und kräftig ist, kann man leicht erkennen, dass die Blutüberfüllung durch Rückstauung des Blutes entsteht. Oft sieht man die knotenartige Anschwellung

mit dem Arterienpulse synchronisch sich rasch schnellend gegen die Peripherie hin und dann langsamer in entgegengesetzter Richtung zurückbewegen, als oscillirte eine Blutkugel im Gefässe auf und nieder, bei der rascheren Hinbewegung grösser, bei der langsameren Zurückbewegung kleiner werdend. In der Ruhepause, die besonders bei langsamem Pulsschlage deutlich wahrnehmbar wird, hat das Gefäss eine Weile seine normale Breite.

Offenbar ist eine rhythmisch sich wiederholende Zurückstauung des Blutes die Ursache der Erscheinung.

Die Entstehung der Stauung, die Stromaufwärtsbewegung des Knotens coincidirt, wie gesagt, mit der Herzsystole, der Arteriendiastole. Hier noch leichter als im obigen Falle kann man die Phasen der Pulsation mit den Phasen des Radialpulses vergleichen und sich gewissermassen eine sphygmographische Pulscurve nach dem Anblick schätzungsweise construiren: rasch aufsteigender anakroter Schenkel, schmale Kuppe, langsam abfallender katakroter Schenkel, dann Pause — alles genau wie beim Radialpuls, selbst ein gewisser Dikrotismus lässt sich zuweilen wahrnehmen.

Zuweilen sieht man die Ursache der Behinderung des Blutlaufs deutlich, z. B. wenn die Vene über einen stärkeren Arterienast oder einen prominirenden Theil der Sehnervenoberfläche hinüberzieht. Die Vene erscheint an einer solchen Stelle plattgedrückt, das Lumen verengt und man sieht eine dunklere breitere Stelle synchronisch mit dem Herzschlage ein wenig hin und her oscilliren. Unterhalb der comprimirten Stelle ist die Vene dann nicht erblasst, zeigt keine merklich abweichende Färbung. Dasselbe Gefäss, welches diese beschriebene Stauungserscheinung in seinem Verlaufe zeigt, kann zugleich an der Austrittsstelle rhythmische Stauung zeigen, ebenso aber auch die vorhin geschilderte rhythmische Verengung.

Da es für die Beurtheilung der Erscheinung besonders wichtig ist, dass die verschiedenen Formen der Pulsation, die herzsystolische Verengung und die herzsystolische Erweiterung, an demselben Individuum, ja in demselben Auge und sogar an demselben Gefässe vorkommen, so theile ich aus der Zahl meiner Beobachtungen einige, welche als Beispiele für die ver-

schiedenen Formen dienen können, hier mit. Die Fälle sind grösstentheils in Gemeinschaft mit Herrn Prof. Nagel und Herrn Privatdocent Dr. Schleich untersucht worden *).

1) Rosine Haigis, 44 Jahre alt. Klinische Diagnose: Lues secundaria.

Ophthalmoskopische Untersuchung: Auf der Papille des linken Auges zeigen alle 3 dickeren Venenäste deutliche Pulsation; dieselben werden von ihrem Ursprung an etwas blässer und verkürzt. Auch rechts deutliche Venenpulsation in derselben Weise wie links.

2) Boger, 10 Jahre alt. Klinische Diagnose: Eczema universale.

Ophthalmoskopische Untersuchung links: das Endstück der untern Vene wird abwechselnd blässer und dunkler, ohne Verengerung und Verkürzung; es ist nur eine Andeutung von Rückstauung vorhanden. Der obere Venenast zeigt eine Zuspitzung.

Auf dem rechten Auge ist an einem Venenaste pulsatorische Rückstauung des Blutes bemerkbar.

3) Dippold, 18 Jahre alt. Klinische Diagnose: Eczema universale.

Ophthalmoskopische Untersuchung: Auf der Papille des rechten Auges zeigt die Vene eine minimale Pulsation an der Stelle, wo sie sich über die Arterie in einem Bogen hinüberschlägt. Es ist eine Trübung der Adventitia vorhanden, so dass man an einzelnen Stellen deutlich die Bindegewebszüge sieht. Deutliche pulsatorische Verengerung der nach abwärts verlaufenden Vene.

4) Fempel, 11 Jahre alt. Klinische Diagnose; Lues.

Ophthalmoskopisches Bild: Der untere Venenast zeigt deutliche einseitige Verengerung, die der centralen Excavation der Papille zugekehrte Wand bewegt sich, während die andere Wand ruhig bleibt; am obern Venenast findet sich rhythmische Stauung.

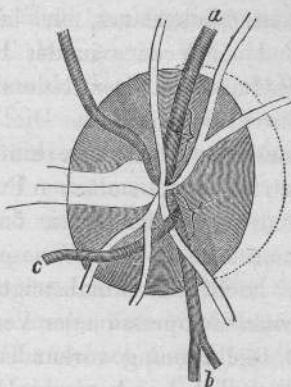
*) Aus einer grösseren Zahl von Beobachtungen, welche in dem Manuscript der vorliegenden Dissertation mitgetheilt und durch Zeichnungen illustriert wurden, sind hier nur einige wenige zum Abdruck aufgenommen worden.

5) Salzner, 26 Jahre alt. Myopie 4.

Ophthalmoskopische Untersuchung: Auf dem rechten Auge ist nach aussen an der Papille eine Sichel vorhanden. Im unteren Venenaste bewegt sich eine dunkler rothe Blutmasse hin und her.

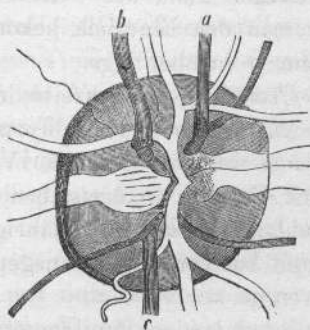
Auf dem linken Auge ist nach aussen von der Papille ebenfalls eine Sichel vorhanden. Die Venen a und b verengern sich deutlich. Die äussere Wand bewegt sich in der durch Klammern bezeichneten Länge gegen die Axe des Gefässes.

Die Vene c zeigt bei der dunkler gezeichneten Stelle ein hin und her gehendes dunkleres Stück (Stauung).



6) Helener, 11 Jahre alt. Klinische Diagnose: Bronchitis capillaris, Phthisis incipiens (?).

Ophthalmoskopische Untersuchung des rechten Auges. Die Zeichnung stellt die Sehnervpapille mit ihrer Umgebung im aufrechten Bilde dar*). Auf dem Gebiete des ganzen Endstücks zeigt die Vene a Undulation, die sich besonders an 2 Stellen deutlicher zeigt, an der Austrittsstelle der Vene und etwas unterhalb der Stelle, wo die Vene über die Arterie hinübergeht. An ersterer Stelle



bemerkt man, dass die Vene um ein klein wenig schmaler wird, also pulsatorische Verengung zeigt; an letzterer Stelle beobachtet man deutlich Rückstauung, man sieht eine dunklere

*) In beiden obigen Holzschnitten ist durch den theilweisen Mangel der Schraffirung das Aussehen der Papillen unrichtig dargestellt; es sollen nur geringe Unterschiede in der Schattirung stattfinden.

Blutwelle rückwärtsgen und starke pulsatorische Verschiebung der Vene bewirken. Zwischen diesen beiden Stellen ist eine leichte Einkerbung, hier bewegt sich der der Arterie zugekehrte Rand der Vene a in der Richtung des Pfeils, zeigt also ebenfalls Pulsation. Der Reflexstreifen der Vene a fehlt an den beiden pulsirenden Stellen. Die Vene b zeigt an der Stelle, wo die Vene über die Arterie hinübergeht, eine röthere Stelle, die undulirt und sich mit dem Puls ein klein wenig nach oben schiebt; an der centralen Partie der Vene b ist pulsatorisches Erblassen zu bemerken. Die Vene c spitzt sich plötzlich zu, indem sie in die Excavation hinabsteigt. (Auf dem rechten Auge ist also sowohl Compression der Vene mit Beschleunigung des Blutstroms als Rückstauung vorhanden.)

Ophthalmoskopische Untersuchung des linken Auges. Hier zeigt der obere Venenast an seinem Endstück leichte Verdickungen. An der Mündungsstelle dieser Vene verschwindet der Reflexstreifen; hier ist eine periodische Verengerung der Vene bemerkbar, die nicht alle Theile gleich betrifft; die Verengerung geschieht von der temporalen Seite her, dabei wird der betreffende Rand des Gefäßes erheblich weniger deutlich, so dass man den Eindruck bekommt, als ob eine dickere Sehnervenmasse darüber läge.

Prof. Nagel beschreibt in seiner Schrift »Die Behandlung der Amaurosen und Amblyopien mit Strychnin« pag. 80 einen Fall, in welchem deutliche Venenpulsation in beiden verschiedenen Formen an demselben Auge beobachtet wurde. Die Beobachtung betraf die 32jährige Marie Bihler (Progressive Amblyopie bei der Augen, ausgeprägte weisse Verfärbung des Sehnerven.)

»Auf beiden Papillen ist Venenpulsation sichtbar. In den Papillen beider Augen befindet sich die Gefäßinsertion ziemlich genau in der Mitte der Sehnervenscheibe. Die Vereinigungsstelle der von oben und unten kommenden Venenäste ist, da sie ziemlich genau unter, resp. hinter den Arterienästen liegen, gleichfalls nicht sichtbar, höchstens bei stärkster durch die weite Pupille ermöglichter parallaxtischer Verschiebung kommt sie auf der Aussenseite der Arterien zum Theil zum Vorschein, allein

einen gemeinsamen Venenstamm sieht man nicht. Die von oben und unten kommenden Venenäste dringen schon in ziemlichem Abstände vom Centrum in die Tiefe der Sehnervensubstanz und werden dann undeutlich. Diejenigen von ihnen, welche sich unter den oberflächlich nebenherlaufenden Arterien verbergen, erscheinen hier verschmälert und in spitze Fäden zulaufend, verbreitern sich aber bei entsprechender parallaktischer Verschiebung. Diese anscheinend verschmälerten Venenäste in beiden Augen, ein von oben und ein von unten kommender und zwar die nach aussen hin liegenden, waren es, welche Pulsation zeigten auf der ganzen Strecke bis in die Nähe des Randes der Papille. Der von oben kommende äussere Ast pulsierte in beiden Augen am stärksten. Im rechten Auge, wo der betreffende Ast am meisten der Beobachtung frei lag, konnte die Erscheinung am schönsten beobachtet werden.

Die Venenpulsation erfolgt synchronisch mit dem Radialpulse und so deutlich, dass wenigstens am rechten Auge die Pulse bequem gezählt werden können. Entleerung und völlige Entfärbung des Venenendstücks findet nicht statt, sondern nur ein rhythmischer Wechsel in der Breite der Vene, kaum bemerkbar in der Intensität der Färbung. Die Verschmälерung, welche wohl den Eindruck des Erbllassens macht, fällt mit dem Radialpulse zusammen. Die auffallendste Veränderung findet in dem äussern obern Aste der rechten Papille in der Nähe des Randes statt, da wo dieser Ast sich zu verschmälern und in die Nervensubstanz unterzutauchen beginnt. Hier zeigt die Vene eine dunkler roth gefärbte, des centralen Reflexstreifens, welcher im übrigen das Venenrohr begleitet, entbehrende Stelle, welche sich unablässig rhythmisch mit dem Pulse auf und nieder bewegt, zugleich mit einer leichten Verbreiterung der Blutsäule. Offenbar handelt es sich um eine rhythmische Schwellung des Venenendstücks, bewirkt durch Stauung und Rückwärtsströmung der Blutsäule. Die Rückwärtsströmung (nach oben, d. h. nach der Peripherie der Vene) erfolgt in schneller Weise synchronisch mit dem Radialpulse, die Vorwärtsströmung ruhiger und langsamer in den Zwischenzeiten.«

Die Besonderheit der Circulation im Innern des Auges besteht darin, dass der Augapfel eine allseitig geschlossene, sehr wenig elastische Kapsel darstellt, welche mit incompressibler Flüssigkeit prall angefüllt ist. Stellen wir uns das Auge vor im Zustande unmittelbar vor der Systole des Herzens. Flösse der Blutstrom continuirlich mit gleichmässiger unveränderlicher Geschwindigkeit durch die Arterien ins Auge ein, so würde, wenn die Füllung des Auges nicht alsbald geändert werden sollte, ein ebenso continuirlicher Blutstrom mit genau derselben Geschwindigkeit durch die Venen das Auge verlassen. Nun aber wird durch die Contractionen des linken Ventrikels die Stromgeschwindigkeit in den zuführenden Arterien vermehrt und in regelmässigen Zwischenräumen eine grössere Blutmenge ins Auge geworfen. Wäre die das Auge umhüllende Kapsel absolut starr und unnachgiebig, so müsste, falls Volumveränderungen im Innern des Auges ausgeschlossen sind, in jedem Augenblick ebensoviel Blut durch die Venen das Auge verlassen, als durch die Arterien in dasselbe eintritt, und, falls das Gesammtlumen aller ausführenden Venenmündungen nicht bedeutend das Gesammtlumen aller zuführenden Arterien an Grösse übertrifft, müsste die gleiche rhythmische Beschleunigung wie beim Eintritt des Blutes ins Auge auch beim Austritt des Blutes aus dem Auge stattfinden.

Absolut starr, wie etwa die das Gehirn und seine Häute umhüllende knöcherne Schädelwand, ist die Wand des Augapfels allerdings nicht, aber alle Erfahrungen und Versuche, welche man darüber gemacht hat, lehren, dass die Elasticität der Sclera äusserst gering ist und den durch den normalen Blutstrom einwirkenden Kräften gegenüber nahezu gleich Null geschätzt werden darf. Unter anderem zeigt dies der Collaps des Auges bei Punctionen der vorderen Kammer. Da also eine irgend in Betracht kommende Raumvergrösserung im Bulbus bei gewöhnlichen Druckverhältnissen durch die Diastole der Arterien nicht bewirkt wird, muss nothwendig der Abfluss des Venenblutes ein rhythmisch beschleunigter sein in gleichem Maasse, wie der Eintritt des Blutes rhythmisch beschleunigt ist. Da die durch das Capillarsystem fortgepflanzte Kraft der Pulswelle

durch die in letzterem entgegenstehenden Widerstände eine Abschwächung erleidet, der Strom in den Venen also verlangsamt wird, muss es eine andere Kraft sein, welche die Stromgeschwindigkeit in den Venen wiederum erhöht. Das ist der durch die Ausdehnung der Arterien auf den Inhalt des Bulbus, insbesondere den Glaskörper übertragene Druck, der sich nach allen Richtungen hin gleichmässig fortpflanzt. Die Spannung des Glaskörpers ist es, welche, durch die Arteriendiastole rhythmisch erhöht, das Bett des Venenblutstroms einengt, den Blutstrom mehr als in anderen Venen beschleunigt und dafür sorgt, dass die das Auge verlassende Blutmenge der eintretenden genau gleich ist und bleibt. Der systolische Herzstoss ist es, welcher für beide Kräfte, sowohl für die durch das Kapillarsystem hindurch wirkende, als auch für die auf den Glaskörper fortgepflanzte, die Quelle bildet. Die feste unnachgiebige Wand des Augapfels endlich ist es, welche die bezügliche Regulirung bewirkt und zur Nothwendigkeit macht.

Für die Retina wird, da sie ein selbstständiges Gefässsystem hat, und da eine einzige Vene von ungefähr dem gleichen Lumen, wie die zuführende Arterie, alles Blut abführt, die rhythmische Beschleunigung des Blutstroms in der Vene und Arterie auch quantitativ ungefähr die gleiche sein müssen.

Es wäre wünschenswerth, diese Resultate der Deduction durch directe Beobachtung bestätigen zu können. Da dem jedoch zahlreiche Hindernisse entgegenstehen, ist es erwünscht, an einem anderen zugänglicheren, analoge Verhältnisse bietenden Organe die Verhältnisse prüfen zu können. Ein solches Organ ist das allerseits von der starren Schädelkapsel umschlossene Gehirn mit seinen Häuten.

Es wird zweckmässig sein, hier der Resultate zu gedenken, welche in neuester Zeit von Mosso*) bezüglich der Circulationsverhältnisse in der Schädelhöhle und im Gehirn gewonnen wurden. Dieselben liefern für die Ophthalmologen zwar kaum neue Gesichtspunkte, vielmehr haben von den letzteren

*) A. Mosso, Ueber den Kreislauf des Blutes im menschlichen Gehirn. Leipzig 1881. S. 43, 208.

Mehrere die Verhältnisse schon längst richtig verstanden und die Experimente Mosso's sind zum Theil nur Wiederholungen und nähere Ausführungen der von Berthold *) ausgeführten Versuche. Allein immerhin ist die Bestätigung durch die analogen Verhältnisse im Schädel von grossem Interesse und förderlich. Von Interesse wird es sein, sich zu erinnern, dass Berthold **) durch seine Auffassung der Circulationsverhältnisse im Auge zur Entdeckung des Pulses der Vena jugularis interna geführt wurde und dass daher die Bestätigung der gehegten Erwartung wohl für die Richtigkeit seiner Auffassung ins Gewicht fällt.

Mosso zeigte durch seine sinnreichen Versuche mittelst des Plethysmographen, dass beliebige Glieder des Körpers die gleichen pulsatorischen und respiratorischen Schwankungen ihres Volumens aufweisen, wie das durch eine Trepanationsöffnung frei gelegte Gehirn. Nur in quantitativer Hinsicht finden Unterschiede statt. Jener Apparat ersetzte für den Vorderarm die starre Kapsel, welche der Schädel für das Gehirn und seine Häute bildet; die feste Schädelwand regulirt die Blutfüllung und Stromgeschwindigkeit im Gehirn. Dass bei gleichbleibender Blutfüllung die Vertheilung des Bluts im Körper zwischen Arterien, Capillaren und Venen wechseln kann, zeigen die interessanten Versuche über den Einfluss der geistigen Thätigkeit. Liess nämlich Mosso sein Versuchsindividuum Bertino eine Rechnung vornehmen, so blieb der Hirnpuls während der Dauer der arithmetischen Operation höher und das Hirn zeigte eine Zunahme seines Volumens, während am Vorderarm eine starke Zusammenziehung der Gefässe eintrat. Bei Anstrengung der geistigen Thätigkeit wurde der trikuspidale Hirnpuls katakrot, der absteigende Schenkel der Pulswellencurve wies sekundäre Schwankungen auf.

*) H. Berthold, Zur Bluteirkulation in geschlossenen Höhlen. Nr. 43. Centralblatt für die mediz. Wissensch. 1869 pag. 673.

**) H. Berthold, Zur Erklärung des an der Vena centralis Retinae bemerkbaren Pulsphänomens. Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde. VIII. Jahrgang. Ausserordentliches Beilageheft. Erlangen 1870. Jahresbericht f. Ophth. Bd. I. S. 179.

Auch der absolute Blutgehalt des Gehirns kann wechseln und zwar, wie man schon seit Kussmaul und Tenner's Versuchen weiss, sehr rasch, unter Ergänzung durch Transsudation von Lymphe und Liquor cerebrospinalis.

Die feste Schädelwand bewirkt, dass der venöse Blutlauf innerhalb der Schädelhöhle unter höherem Drucke stattfindet, als in anderen Körpertheilen und dass er rhythmische Pulsationen mit der Herzkontraktion, wie auch einen mit den Respirationsphasen im Zusammenhang stehenden Wechselzeit. Mosso bestätigte nicht nur die von Berthold entdeckte Pulsation der Vena jugularis interna, sondern fand die gleiche Pulsation auch an den venösen Hirnsinus wieder und konnte die sphygmographische Curve des Pulses des Sinus longitudinalis bei Hunden zeichnen. Die in den Schädel eindringende Blutwelle bewirkt eine Diastole sämmtlicher Hirnarterien, und diese mit der Kraft der Herzsystole erfolgende Erweiterung des arteriellen Gefässbaumes übt vermittelt der Hirnmasse einen Druck auf die Hirnvenen aus, so dass bei jeder Pulsation das venöse Blut einen Stoss erleidet, der es in die venösen Blutleiter des Schädels unter höherem Drucke hineintreibt, als wie es bei der *vis a tergo* allein der Fall wäre. Wahrscheinlich hat das Fehlen von Klappen in den Venen der Schädelhöhle zur Folge, dass es die Schwankungen des Blutkreislaufs im Gehirn fördert, indem der Raum, den die Arterien bei ihrer Contraction übrig lassen, leicht durch die Rückstauung des venösen Bluts eingenommen wird, welche bei Vorhandensein von Klappen nicht möglich wäre.

Wie man sieht, lassen sich alle diese Sätze fast ohne weiteres auf die intraoculäre Circulation übertragen, für welche die Corneoscleralwand die gleiche Rolle spielt, wie die Schädelwand für das Gehirn und seine Häute. Auch die Pulsationen des Gehirns in der Trepanationsöffnung des Schädels finden ihre Analogie in Pulsbewegungen, welche der Humor aqueus in einem in die vordere Augenkammer eingeführten gläsernen Röhrchen, beziehungsweise Manometer zeigte (Donders im Archiv für Ophthalmologie XVII, 1. pag. 89). In beiden Fällen, Schädelhöhle und Auge, besteht die Nothwendigkeit, dass die Arterienwelle

durch ihren Stoss die Bahn in den Venen frei macht und das venöse Blut durch Vermittlung des Höhleninhalts verdrängt.

Schreiten wir auf dieser Grundlage zur Erklärung der Erscheinungen des retinalen Venenpulses, so werden wir uns durch den scheinbaren Widerspruch, dass zuweilen deutliche Stauungserscheinungen in der Nähe der Mündungsstelle der Centralvene vorkommen, in der Beurtheilung nicht irre machen lassen, vielmehr zu ermitteln suchen, wie sich diese Stauungserscheinungen mit der als Nothwendigkeit erscheinenden rhythmisch beschleunigten Abfuhr des Venenbluts in Einklang bringen lassen.

Zunächst ist zu berücksichtigen, dass Beschleunigung des Blutstroms und Stauung nicht unvereinbare Gegensätze sind. Ein Vergleich und ein einfacher Versuch können dies erläutern. Bei plötzlicher starker Verengung eines Flussbetts sehen wir eine Stromschnelle eintreten, da eine bestimmte Quantität Wasser hier in gleicher Zeit ein engeres Lumen passiren muss. Kurz oberhalb der verengten Stelle sehen wir in der Nähe der Ufer Stauung eintreten, nicht nur langsamere Strömung, sondern unter Umständen sogar rückläufige Strömung.

Wenn wir eine elastische Röhre, durch welche ein continuirlicher Flüssigkeitsstrom hindurchgeht, an einer Stelle in mässigem Grade comprimiren, so dass eine nicht zu bedeutende Verengung entsteht, so wird der Strom in dem oberhalb gelegenen Theile des Rohres wegen des vermehrten Widerstandes etwas verlangsamt, demzufolge auch wegen des verminderten Zuflusses in dem unterhalb gelegenen Theile des Rohres; an der verengten Stelle aber wird nothwendig eine Beschleunigung der Strömung eintreten müssen, da ein bestimmtes Quantum Flüssigkeit den engeren Querschnitt in der gleichen Zeit passiren muss, wie ein eben so grosses Quantum einen weiteren Querschnitt oberhalb und unterhalb. Dicht oberhalb der comprimirten Stelle sehen wir eine Anschwellung des elastischen Rohres eintreten. Der Analogie zufolge wird man hier verlangsamte Strömung in den peripherischen Theilen des Strombetts annehmen dürfen bei Beschleunigung in der Axe.

Wird die Compression der Röhre rhythmisch wiederholt,

so wird unmittelbar oberhalb der Compressionsstelle eine rhythmische Stauung mit zum Theil rückläufiger Bewegung und Ausdehnung der elastischen Wand eintreten. Aber diese wiederholte Stauung schliesst nicht aus, dass in der comprimierten Stelle selbst beschleunigter Abfluss, an Strecken unterhalb derselben wieder Abfluss mit annähernd der früheren Geschwindigkeit stattfindet.

Wenden wir nunmehr diese Grundsätze auf die Erklärung des retinalen Venenpulses an.

Die bei weitem häufigste Form des Venenpulses ist die Verengung des centralen Venenendstücks zur Zeit der Arterien-diastole resp. Systole des Herzens. Niemand wird heute noch, wie früher Föllin, daran denken, diese Venensystole, wenn man sie so nennen will, für eine aktive, durch Contraction der Venen bedingte zu halten. Sie ist eine passive, bedingt durch den von der Arterien-diastole übertragenen allseitigen Druck des Glaskörpers auf die Retina. Gerade wie im Gehirn, so werden auch im Auge sämtliche Venen der Retina rhythmisch comprimirt und der Blutstrom dadurch rhythmisch beschleunigt. Dass diese rhythmische Verengung der Venen bei der ophthalmoskopischen Vergrösserung im allgemeinen nicht wahrnehmbar ist, ist begreiflich, da ja auch der Caliberwechsel der Arterien der Retina sich in der Regel unserer Wahrnehmung entzieht. Der Druck in den Venen nimmt centralwärts nach dem Herzen hin ab, ist also in den Retinalvenen an der Austrittsstelle aus dem Auge am geringsten. Deshalb werden die Endstücke der Retinalvenen auf der Papille, in welchen der geringste Druck herrscht, am ehesten dem Glaskörperdruck nachgeben und da sie zudem die stärksten sind, so wird sich an ihnen auch am leichtesten ein Caliberwechsel bemerklich machen. Von Jäger und Donders wird angegeben, dass die Verengung der Venen gegen die Peripherie hin fortschreite. Ich habe das bei der Pulsation in dieser Form nicht bestätigen können, vielmehr sah ich die Verengung auf der Strecke, auf welcher sie sichtbar war, gleichzeitig eintreten. Wo eine rückschreitende Bewegung sichtbar war, war diese durch complicirte Stauung, das Auftreten einer rückwärts schreitenden Stauungswelle, bedingt, von

welcher sogleich die Rede sein wird. Donders spricht von der leichten Wahrnehmbarkeit des Pulses an den zugespitzten, von der oft sehr schwierigen an den cylinderförmigen Venen. Bei den ersteren entsteht in der That der Anschein eines Rückwärtsschreitens der Verengerung, auch wenn die schräge Endlinie sich nur gerade seitwärts bewegt; das ist aber eben nur der Schein.

Deutliche Zeichen dafür, dass die Verengerung der pulsirenden Venen durch Compression von Seiten des Glaskörpers geschieht, kann man in zahlreichen Fällen wahrnehmen. Dahin gehört die oben beschriebene Erscheinung, dass die Verengerung eine ungleichmässige ist, dass sie entweder in seitlicher Richtung oder der Dicke nach erfolgt, dass bei seitlicher Verschmälerung bald beide Wände, bald nur eine Wand sich zu bewegen scheint, manchmal in schräger Richtung, so dass das Endstück schräg zugespitzt erscheint etc. Der Glaskörper drückt vermittelt einer mehr oder weniger dicken Schicht von Nervensubstanz auf die Venenäste; dieser Druck macht sich hauptsächlich geltend an den Venen, in welchen der Blutdruck am geringsten ist; da das nun die grössten Venen sind, wo sie in die Papille eintreten oder in die Excavation des Sehnerven hinabsteigen, so werden sie hauptsächlich an dieser Stelle comprimirt. Da die Venenäste nach ihrem Uebertritt auf die Papille und bis zu ihrer Vereinigung zum gemeinschaftlichen Stamme der Centralvene der Netzhaut ihre Richtung gänzlich verändern müssen und dabei, je nachdem die Richtungsveränderung früher oder später, plötzlich oder allmählich erfolgt, je nachdem eine grosse oder kleine, tiefe oder flache Excavation der Papille besteht, in verschiedener Weise zu der Oberfläche der Papille gelagert sind, so haben die die Venen bedeckenden Sehnervenschichten die verschiedenste Gestalt und demzufolge zeigen auch die Druckerscheinungen mannigfache Unterschiede. Steigt beispielsweise ein Venenendstück in der Wand einer Excavation schräg seitwärts in die Tiefe hinab, so wird sie mit einer Seitenwand fast frei daliegen und hier nur von einer sehr dünnen Sehnervensubstanzschicht bedeckt sein, auf der andern dagegen von einer dicken Schicht bedeckt sein.

Auf der ersten wird sie der Druckwirkung sehr leicht nachgeben, auf der andern aber nicht; und daher wird sich die Wand nur auf einer Seite bewegen, während die andere Seite ruhig stehen bleiben wird. Ist die Vene schräg gegen die Excavationswand oder gegen die Lamina cribrosa gerichtet, so kann sie an denselben schräg abgeschnitten erscheinen und wenn hier eine Compression erfolgt, so kann durch Oscillation der schrägen Schnittlinie das Gefäss jedesmal eine scheinbare Verkürzung in der Phase der Verengung zeigen.

Die Bedingung für erschwerten Abfluss des Blutes, für partielle Stauung wird dann gegeben sein, wenn die Lage eines Venenastes der Art ist, dass der ihn treffende Druck eine lokal beschränkte unregelmässige Verengung des Lumens bewirkt, so dass nicht alles Blut gleichmässig fortgetrieben wird. Jede Richtungsveränderung vermehrt ja schon die Widerstände gegen die Strömung. Biegt die Vene rasch unter nahezu rechtem Winkel um oder tritt sie über einen hart darunter gelegenen Arterienast oder über den scharfen Rand einer Excavation, so wird ein geringer Druck an einer beschränkten Stelle eine verhältnissmässig starke und unregelmässige Verengung des Venenrohrs bewirken. An einer solchen Stelle ist die Vene meistens schon in gewöhnlichem Zustande ohne vermehrte Compression in Form und Grösse ihres Querschnitts verändert, nämlich plattgedrückt.

Bei vermehrtem Druck wird das Lumen an der exponirten Stelle noch stärker reducirt werden müssen. Mit der lokalen Impression nun ist die Ausbuchtung, Behinderung der Strömung eines Theils des Bluts und Stauung in den peripheren Theilen des Gefässrohrs oberhalb der verengten Stelle verbunden, ohne dass die Fortdauer eines beschleunigten Stromes in dem verengten Lumen ausgeschlossen zu sein braucht. In der That ist die Fortdauer des Blutstroms für viele Fälle, in denen eine Anschwellung pulsatorisch deutlich rückwärts geschnellt wird, augenscheinlich, da das Endstück der Venen zwar blässer oder verschmälert aber unverkürzt erscheint. In Fällen, wo das Endstück periodisch vollkommen erblasste, so dass man es für entleert halten könnte, kann man, wie oben bereits erwähnt wor-

den ist, durch indirekte Beleuchtung im durchfallenden Lichte bisweilen nachweisen, dass der Blutstrom dennoch fort dauert. Die Blutschichte ist zu dünn, um sich durch die etwas trübe Gefässwand hindurch, welche bei heller Beleuchtung viel Licht reflectirt, bemerklich zu machen, während sie bei abgeschwächter Beleuchtung der Gefässwand noch gut wahrnehmbar ist. Man wird keinen Zweifel hegen können, dass der Strom in der *Axe* des Gefässes alsdann mit beschleunigter Geschwindigkeit fort dauert. Freilich ist nicht ausgeschlossen, dass ausnahmsweise ein Mal bei besonders ungünstiger Lage des *Locus minoris resistentiae* und bei besonders starkem intraoculärem Druck, vielleicht auch bei sehr schwachem energielosem Blutstrom ein vollständiger Collaps eines Venenastes zur Zeit der Arterien-diastole erfolgt. Als Regel darf das keineswegs betrachtet werden. In solchen Ausnahmefällen würden, wenn in einem einzelnen Venenaste der Blutstrom in der That periodisch während der Arterien-diastole ganz unterbrochen werden sollte, die übrigen Venenäste um so mehr Blut mit beschleunigter Geschwindigkeit abführen müssen.

Wie weit die Stauungswelle sich in dem Gefässrohre rückwärts erstreckt und sichtbar fortpflanzt, hängt von der Lage und Configuration des Gefässstücks und seiner Umgebung ab. Wo eine kurze Gefässstrecke die Bedingungen leichteren Collapses bietet, wird nur in der nächsten Nähe desselben Stauung sichtbar werden, wo aber eine längere Strecke so beschaffen ist, wird man den dilatirten dunkler roth gefärbten Theil der Blutsäule in weitem Umfange hin und her oscilliren sehen.

Eine Beobachtung von *Cuignet* *) könnte der Beschleunigung des Venenstroms zur Zeit der Arterien-diastole zu widersprechen scheinen. Derselbe konnte bei dem Versuche, im menschlichen Auge durch allmählich wachsenden Druck die Arterienpulsation hervorzurufen, in einigen Fällen im Venenendstücke auf der Papille die circulirenden Blutkörperchen erkennen und sah sie bei verstärktem Fingerdruck ihren Lauf verlangsamen, schliesslich die Strömung ganz aufhören. Aus

*) *Nagel's Jahresbericht f. Opthl.* 1872 S. 146.

diesen Beobachtungen kann aber keineswegs auf Verlangsamung der Strömung beim spontanen Venenpuls geschlossen werden; denn es handelte sich hier um Druckversuche und es wurde der Druck, welcher bereits Arterienpuls hervorgerufen hatte, noch weiter gesteigert; dann erst kam das Circulationsphänomen in den Venen zum Vorschein. Es war also die Stagnation, welche der völligen Unterdrückung des Blutlaufs nahe vorherging. Einen Schluss daraus auf das Verhalten des Blutstroms bei spontanem Venenpuls zu ziehen, wäre also gänzlich unstatthaft.

Fassen wir das über den Venenpuls der Netzhaut bisher besprochene noch ein Mal kurz zusammen, so lässt es sich in folgenden Worten ausdrücken:

Es sind 2 Hauptformen des Venenpulses zu unterscheiden:

1) pulsatorische Verengung, die auf eine grössere oder kleinere Strecke des Venenrohrs beschränkt ist, entweder beiderseits gleichmässig oder einseitig oder schräg, was dann eine Verkürzung zur Folge hat. Als Nebenform ist zu unterscheiden blosses Erblassen der Venen ohne Verengung, manchmal mit Andeutung von Rückwärtsstauung.

2) pulsatorische Erweiterung, so dass ein Stück der Vene breiter und dunkler wird, wobei der centrale Reflexstreifen verschwindet. Dabei ist deutliche Rückstauung an der dunklen, verbreiterten Stelle vorhanden.

Das erweiterte Stück kann das letzte sichtbare Stück der Vene sein, es kann aber auch diesem äussersten Ende benachbart sein, so dass das Endstück selbst rhythmisch erblasst. Zuweilen sieht man unter Erblassen des Endstückes die erweiterte Stelle rhythmisch sich bewegen, rasch peripheriowärts, langsam centralwärts.

Die Kombination beider Formen, pulsatorische Verengung und Erweiterung kommt an einer und derselben Vene vor.

Die Venenpulsation erleidet Veränderungen durch gewisse Einflüsse, welche die Circulation des Auges treffen. Zunächst ist der Druck aufs Auge zu erwähnen. Wenn kein spontaner Venenpuls vorhanden ist, kann derselbe häufig durch an-

haltenden leichten Fingerdruck hervorgerufen werden. Wird der Druck verstärkt, so collabiren die Venenenden mehr und mehr, erblässen zuletzt völlig und man sieht meist keine deutliche Venenpulsation mehr, dagegen tritt jetzt Arterienpuls auf. Wird der Druck noch mehr gesteigert, so werden alle Gefäße stark verengt und die Arteriendiastole wird immer kürzer; zuletzt werden die Arterien dauernd blutleer und nur in den kleineren Venen befinden sich noch geringe Mengen Bluts. Die Contraktion des Herzmuskels ist nicht mehr im Stande, den intraoculären Druck zu überwinden, die Circulation im Auge zu unterhalten. Damit ist eine allmähliche Verdüsterung des Sehfelds verbunden, zuletzt entsteht vollständige Verdunkelung. Lässt man mit dem Druck nach, so schwindet die Sehstörung nach einigen Secunden.

Bei stossweisem Druck verengern sich die Venen der Sehnervenpapille in gleichem Rhythmus, weil der auf den Glaskörper momentan ausgeübte Druck die Venen für kurze Zeit komprimirt. Bei mässigem Druck aufs Auge tritt also zuerst Venenpuls, bei verstärktem Druck erst Arterienpuls auf.

Der Einfluss der Accommodation auf die intraoculare Circulation ist wegen der damit verbundenen Verengung der Pupille schwer festzustellen; ich habe so wenig wie Donders einen Einfluss wahrgenommen. Coccius dagegen sah bei starker Accommodationsanspannung die Netzhautvenen sich verengen und bei vielen Personen sah er Venenpuls auftreten, der sonst nicht zu sehen war. (Mechanismus der Accommodation pag. 74, 107). Diese Wirkung wäre also der Steigerung des intraocularen Druckes durch die Action des Ciliarmuskels zuzuschreiben, die ja aus anderen Gründen für wahrscheinlich gehalten wird.

Die Respiration übt einen merkbaren Einfluss auf die Netzhautcirculation. So bewirkt nach van Trigt und Donders verstärkter Expirationsdruck nach vorhergehendem tiefem Einathmen eine starke Ausdehnung der Venen auf der Sehnervenpapille, besonders derjenigen, in denen sonst Venenpuls besteht. Während der Dauer des Expirationsdruckes wird die Pulsation geringer oder hört gänzlich auf. Bei darauffolgender tiefer Inspiration fällt die Vene plötzlich zusammen

und zeigt dann noch in verengtem Zustande bald wieder Pulsation. Die Erweiterung der Netzhautvenen bei Exspirationsdruck kann nicht von gleichzeitiger Contraktion der Augenmuskeln herrühren, weil dadurch im Gegentheil die Gefäße enger werden müssten. Bei verstärktem Exspirationsdruck erfährt die Herzthätigkeit eine Beeinträchtigung, ebenso wie bei verstärktem Inspirationsdruck. Donders erklärt daraus die Beobachtung, dass man beim Husten und Niesen Neigung hat, die Augen zu schliessen. Bei heftiger Expiration werden die Venen im Auge und seiner Umgebung, oder überhaupt alle Venen, stärker gefüllt und dadurch das Gefühl vermehrter Spannung und das Hervortreten der Augen hervorgerufen, welchem man unwillkürlich durch Stützung der Augen mittelst der Lider oder selbst mit der vorgehaltenen Hand zu begegnen sucht.

Coccius dagegen gibt an, dass er an Menschen, die sonst keinen Venenpuls in der Netzhaut hatten, denselben bei gesteigerter Respiration eintreten und wo er vorhanden ist, ihn gesteigert werden sah. Am Ende der Inspiration werden die Centralvenen enger und spitzer, mit der Expiration schwellen sie an und die Pulsation tritt ein, resp. wird stärker. Ich sah bei gesteigerter Respiration die Retinalvenen sich stärker ausdehnen, wobei die Pulsation in den Venen etwas undeutlicher zu werden schien.

Bei Compression der Jugularvenen zeigt sich nach Wadsworth und Putnam (Nagel's Jahresbericht für Ophthalmologie p. 1878 pag. 137) kein deutlicher Einfluss auf die intraoculäre Circulation, höchstens bisweilen vielleicht eine stärkere Füllung der Centralvene der Retina an der Pulsationsstelle (ophth. Beobachtung bei aufrechtem Bilde); die Pulsation des auf der Papille verlaufenden venösen Hauptgefäßstammes bleibt dagegen wie zuvor bestehen. Helfreich behauptet (in einer Arbeit vom Jahr 1881 pag. 8) das Gegentheil; dort sagt er: Hemmt man bei einem Menschen mit regelmässigem und deutlichem Netzhautvenenpuls den Abfluss des Blutes aus den Venae jugulares, indem man die Seitengegend des Halses rechts sowohl wie links mit den flach aufgelegten Händen eines

Gehilfen comprimiren lässt, so wird alsbald eine venöse Hyperämie auf der Papille und Netzhaut sichtbar; die Venen schwellen deutlich an und der Puls verschwindet während der Dauer der Compression. Beim Wegnehmen der Hände kollabiren die Venen augenblicklich und das Spiel des Pulses auf der Papille kehrt sofort in lebhafter Weise wieder. Das Gleiche beobachtete Schön in seinem unten zu erwähnenden Falle. Die Pulsation verschwand bei Compression der Halsvenen, die Netzhautvenen schwellen dabei noch stärker an als im Moment der Pulsation. Nach meinen Untersuchungen kommt bei Compression der Jugularvenen noch ein centraler gelegenes Stück der Vene zum Vorschein, die Vene wird gegen das Centrum hin dunkler gefärbt und die Pulsation an dieser Stelle deutlicher.

Erwähnen will ich hier einen Fall, wo bei einem Kaninchen spontaner Venenpuls vorhanden war, welcher auch bei leichtem Druck aufs Auge deutlich wahrzunehmen war. Leber gibt dagegen an, dass er bei Fingerdruck beim Kaninchen nur Verengerung der Arterien und Venen, aber keine Pulsation beobachten konnte. Becker gibt an, dass er bei starkem Druck Pulsation der hinteren Ciliararterien beobachtet habe. Auch nach Durchschneidung des N. sympathicus beim Kaninchen sah ich keine Veränderung in der intracularen Blutcirculation auftreten (es wurde ein etwa 1 cm. langes Stück aus den Nerven herausgeschnitten), nur die Pupille der betreffenden Seite war enger als auf der andern und das Ohr, auf der entsprechenden Seite auch stärker injicirt, fühlte sich heisser an.

Nach Paracentese der vordern Kammer, die ich an den Augen von 2 Kaninchen vornahm, konnte ich keine Venenpulsation beobachten. Die Paracentese der vordern Kammer soll das Analogon der Trepanation des Schädels sein und deshalb die Venenpulsation dabei deutlich sichtbar sein. Doch glaube ich, dass diese Meinung erst dann berechtigt wäre, wenn man ein Stück aus der Cornea herauschnitt oder wenn man einen Fremdkörper z. B. einen Faden in die Wunde einlegte, da sich ja bekanntlich nach vorgenommener Paracentese der vordern Kammer das abgelaufene Kammerwasser sehr rasch wieder ersetzt. Durch Ausschneiden eines Stückes aus der Cornea wäre dies unmöglich gemacht.

Bei den Untersuchungen am Auge des Frosches liegt die Schwierigkeit darin, dass das Auge beim leichtesten Druck sofort in die Orbita zurücksinkt und dass sich die Nickhaut über das Auge herschiebt. Jacobi gibt an (Jahresbericht für 1876 pag. 162), dass im Froschauge bei leichter Compression Verlangsamung des Blutstroms unter verminderter Füllung der Hyaloideagefässe geschehen werde.

Ich gehe nunmehr dazu über, einen kurzen Ueberblick zu geben über die Theorien, welche bisher zur Erklärung des Retinal-Venenpulses aufgestellt worden sind.

Helmholtz, der Erfinder des Augenspiegels, suchte vergeblich nach Pulsation der Netzhautgefäße. In der Beschreibung des Augenspiegels *) sagt er (S. 34) »Pulsationen habe ich nicht mit Sicherheit erkennen können«.

Coccinus, der Entdecker der Venenpulsation, hat bereits in seiner ersten Publication 1853 **) eine im Wesentlichen richtige, wenn auch nicht erschöpfende Beschreibung der Erscheinung und eine Erklärung gegeben, die noch heute als der Hauptsache nach zutreffend anerkannt werden muss. Er beschreibt die pulsatorische Verengung der Vene als mit der Diastole der Arterien zusammenfallend, mit darauf folgender Erweiterung auf die normale Weite. Zwar erwähnt er auch beiläufig, dass man bisweilen den Anblick habe, als ob in einer schräg in den Nerven eintretenden Vene »ein rother Flüssigkeitskegel« auf- und abwärts steige, ohne aber dies eine partielle Stauung bezeichnende Bild näher zu würdigen. Coccinus' Erklärung lautet (pag. 9) »die Retina befindet sich innerhalb einer geschlossenen elastischen Kapsel. Wenn nun durch die Systole des Herzens und mithin bei der Diastole aller in den Augapfel eintretenden Arterien ein Druck auf die Augenkapsel ausgeübt wird, so muss sich diese Drucksumme vorzüglich an den Stellen zeigen, welche dem Drucke am ehesten weichen. Da diese nun die das Blut ausführenden Gefäße, die Venen, sind, so muss auch auf diese ein stärkerer Druck bei der Diastole sämtlicher in den Augapfel eintretender Arterien erzeugt und mithin dieselben verengert und rascher Blut entführend gemacht werden.« Auch den Vergleich mit der Schädelhöhle stellt Coccinus an; die zum Unterschiede gegen letztere der Bulbuskapsel zugeschriebene Elasticität hat wenigstens seiner Erklärung nicht geschadet. Wäre die Sclera wirklich in höherem Grade elastisch, so würde die Circulation im Auge sich weniger

*) H. Helmholtz. Beschreibung eines Augenspiegels. Berlin 1851

**) A. Coccinus. Ueber die Anwendung des Augenspiegels nebst Angabe eines neuen Instruments. Leipzig 1853.

von der Circulation in anderen aus Weichtheilen bestehenden Organen unterscheiden.

Coccius benutzt ferner (pag. 196) zur Erklärung den sehr passenden Vergleich mit dem rhythmisch beschleunigten Ausfluss des Blutes beim Aderlass mit kleiner Oeffnung unter fester Einschnürung des Oberarms. Durch Hemmung des Rückflusses des Venenblutes werden die Weichtheile des Armes in stärkere Spannung versetzt, der Druck wird zur Zeit der Diastole der Arterien noch vermehrt, dadurch die Venen verengt, die Ausströmung des Blutes beschleunigt. Auch den Einfluss des Fingerdruckes auf den Bulbus erkannte Coccius. Durch rhythmisch wiederholten Druck konnte er, wenn kein Venenpuls bestand, die entsprechende Erscheinung künstlich erzeugen, ebenso durch länger fortgesetzten sanften Druck die Venen-Pulsation hervorrufen.

Ungefähr gleichzeitig mit Coccius hat van Trigt*) den Venenpuls der Retina aufgefunden. Seine Beschreibung ist kurz und oberflächlich, seine Deutung entschieden irrig. Er nahm die Erscheinung an einem Venenstamme wahr, der an der Stelle, wo er sich in die Tiefe des Nerven verliert, auffallend enger ist. »Unmittelbar nach jedem Pulsschlage wird in diesem engeren Theile eine starke Dilatation wahrgenommen, und jeder Dilatation folgt wieder eine Verengerung«. Das ist die Beschreibung und die Erklärung geht dahin, »dass beim Pulsschlage der vermehrte Blutdruck mit beschleunigter Blutzufuhr sich durch das Haargefässnetz hin der Vene mittheilt, während die verengte Stelle am Eintritt der Vene in die Tiefe des Nerven in dem Momente der beschleunigten Blutzufuhr die Blutmenge nicht ebenso schnell aufnehmen kann«. Ausserdem fand van Trigt die anders beschaffene Venenpulsation an der Sehnervenpapille des Hundes.

E. v. Jäger**) liefert eine sehr genaue, man kann sagen,

*) Van Trigt, Der Augenspiegel, seine Anwendung und Modificationen, aus dem Holländischen übersetzt und mit Zusätzen versehen von C. H. Schauenburg, Lahr, 1854 pag. 49.

**) E. Jäger. Wiener medizinische Wochenschrift 1854. Nr. 3 bis 5 pag. 36 etc.

erschöpfende Beschreibung der Erscheinung in allen Varietäten, allein die Deutung steht nicht auf der Höhe der Beobachtung. Er glaubt in der Erscheinung wie in der Begründung zwei wesentlich verschiedene Zustände unterscheiden zu müssen, den Venenpuls mit blosser Verengung und den mit Stauung, von denen er den letzteren für physiologisch, den ersteren für pathologisch hält. Die als Stauung bezeichnete Erscheinung fasst Jäger auf als eine Beschränkung oder gänzliche Hemmung der Circulation, welche zur Zeit der Arteriediastole durch Compression der ausführenden Vene in dem unnachgiebigen Scleralringe in der Region der Lamina cribrosa bedingt ist. Der in die Sehnerven eindringende Venenstamm erscheint entfärbt, leer; oberhalb bis zur knieförmigen Umbiegung sieht man Anschwellung und dunklere Färbung, das Bild wechselt je nach der Lage der knieförmigen Umbiegung. Abgesehen von dieser lokalen Compression im Scleralringe erleiden die Retinalvenen im Innern der Bulbushöhle keine Compression, da zur Zeit der Arteriediastole die Bulbuskapsel vermöge ihrer Dehnbarkeit nachgiebt. Nur wenn die Dehnbarkeit bereits durch Vermehrung des Bulbusinhalts (z. B. bei congestiven Leiden) nahezu erschöpft ist, weitere Ausdehnung nur noch in geringem Masse möglich ist, wirkt der durch die Arteriediastole hinzutretende Druck auf die Venen. Es erfolgt vermehrte Spannung der Medien, gewaltsame Ausdehnung der Formhäute des Bulbus, dadurch werden die Gefässe verlängert und verschmälert. Die Verschmälerung der Venen ist im Allgemeinen nicht bedeutend genug, um deutlich wahrnehmbar zu werden, aber sie kann auf kleineren Strecken sichtbar werden, welche einem überwiegenden Drucke ausgesetzt sind, wo die in tieferen Schichten verlaufenden Venenstücke gegen die härtere Unterlage des widerstandsfähigeren (?) Sehnerven angedrückt werden. Hier erfolgt leichtere Compression; das Blut, am Abflusse im Scleralringe gehindert, weicht in peripherer Richtung aus und wird zur Ausfüllung des durch die Verlängerung der Venenrohre gewonnenen Raumes verwendet. Die Berechtigung des Gedankenanges erscheint zweifelhaft. Traut man der Augenwand soviel Dehnbarkeit zu, dass dadurch die Gefässe verlängert und

verschmälert werden, dann sollte dies doch eher bei normaler Spannung und Füllung des Bulbus geschehen als bei pathologisch gesteigerter, wo die Elasticität schon grösstentheils erschöpft ist.

A. von Graefe *) macht einen wichtigen Fortschritt durch das genauere Studium des Arterienpulses der Retina, der zwar von E. v. Jäger schon beobachtet war, ohne dass derselbe jedoch seine pathologische Bedeutung erkannt hatte. v. Graefe erkannte die wichtige Beziehung zum Glaukome, für dessen besseres Verständniss dadurch der Weg gebahnt wurde. Bezüglich des Venenpulses berücksichtigt v. Graefe in seiner Schilderung und Erklärung lediglich die mit Stauung verbundene Pulsation, auf welche er alle Varietäten zurückführen zu können glaubte. Den oft zu beobachtenden Collaps des Venenendes mit Zurückdrängung des Blutes hielt er für unvereinbar mit Coccius' Anschauung von der rhythmischen Beschleunigung der Abfuhr des Venenblutes und erklärte die von ihm angenommene Stauung durch Compression der Venen als der nachgiebigsten Theile im Sehnervenkopfe unter dem Einflusse des Scleroticarings. Der durch die vermehrte Blutzufuhr bei der Diastole sämmtlicher Arterien erhöhte intraoculäre Druck ist die Ursache der Compression. Derselben unterliegen nur die innerhalb der Sehnervensubstanz befindlichen Endstücke der Venen: die Variabilität des Venenpulses hängt von dem verschiedenen Verhalten der Gefässe zum Opticus und von der Modalität des Druckes ab. In letzterer Hinsicht stellt der Venenpuls gewissermassen einen Gradmesser für den intraoculären Druck dar.

Donders **) gab ein Jahr später eine ausführlichere Darstellung der Blutbewegung im Auge und der dabei vorkommenden sichtbaren Pulsationserscheinungen. Der Venenpuls ist nach D. eine constante physiologische Erscheinung. Am deut-

*) A. von Graefe. Notitz über die Pulsphänomene auf der Netzhaut. Archiv für Ophthalmologie 1854. Band I, 1 pag. 382.

**) Donders. Ueber die sichtbaren Erscheinungen der Blutbewegung im Auge. Archiv f. Ophth. I, 2 S. 75. Donders. Ueber die Stützung der Augen bei Blutandrang durch Ausathmungsdruck. Arch. f. Ophth. XVII, 1 S. 91.

lichsten ist er sichtbar an den gegen die Austrittsstelle hin spitz zulaufenden Venen, während er an cylindrischen Venen oft nur mit grosser Mühe wahrzunehmen ist. Die Verengung beginnt vor dem Eintreten des Radialpulses. Sie schreitet von der Austrittsstelle gegen die Peripherie hin fort, während die Erweiterung in umgekehrter Richtung gegen das Venenende fortschreitet. »Die Ausdehnung kommt schneller zu Stande als die Zusammenziehung und in das Maximum der Ausdehnung fällt eine kleine Pause«.

Donders' Erklärung unterscheidet sich von der v. Gräfe'schen im Grunde nur wenig. Die Ausdehnung der Arterien steigert rhythmisch den intraoculären Druck; durch Vermittelung des Glaskörpers wird Compression an der Stelle des geringsten Widerstands geübt, die Sehnervenpapille zurückgedrängt, die in derselben verlaufenden Venenendstücke comprimirt, dadurch das Ausfliessen des Bluts beschränkt. Die Venenäste folgen dabei, in umgekehrtem Sinne, isochron allen Phasen der sphygmographischen Curve. Dass die Erweiterung der Centralarterie im Sehnervenstamm die danebenliegende Vene direct comprimirt, hält D. nicht für wahrscheinlich, dazu dürfte die Erweiterung der Arterien zu gering sein, auch käme sie bei dem durch Fingerdruck hervorgerufenen Puls nicht zur Wirkung. An der Netzhautvene summirt sich vielmehr die Wirkung der Ausdehnung sämmtlicher im Augapfel befindlicher Arterien.

Die bei künstlichem Fingerdruck auf den Bulbus auftretenden Pulsationen der Venen und Arterien unterwarf Donders noch genauerem Studium als seine Vorgänger. Obgleich er constatirte, dass bei sanftem anhaltendem Drucke die Venen abgeplattet erscheinen und auch während der Diastole des Herzens nicht ihre gewöhnliche Ausdehnung erreichen (p. 97), und ferner, dass bei Einwirkung sehr starken Druckes gleichzeitig mit der kurz dauernden Arteriendiastole ein stossweiser Ausfluss des Blutes aus den Venen stattfand (p. 100), erkannte er doch nicht an, dass dies für Beschleunigung des Venenblutstroms zur Zeit der Herzsystole spreche. Einen Wechsel in der Geschwindigkeit des Blutstroms in den Venen nimmt Don-

ders zwar an, aber eine Beschleunigung zur Zeit der Herzdiastole, Verlangsamung zur Zeit der Herzsystole (p. 94), also umgekehrt, wie die obige Analyse es gelehrt hat.

Donders hat sodann einerseits die Beziehung zwischen der Circulation in der Retina und Choroidea, anderseits das Verhältniss der Circulation und des intraoculären Druckes zur Transsudation im Innern des Auges näher beleuchtet. Bei steigendem äusserem Drucke nimmt die Transsudation innerhalb des Bulbus unter normalen Verhältnissen rasch ab, bei sinkendem Drucke nimmt sie zu, dadurch wird ein constanter Druck im Innern des Auges und eine constante Spannung der Augenwand unterhalten, der Zufluss des Blutes regulirt sich wieder durch die Spannung, so dass also eine Art von Selbstregulirung zwischen Druck und Circulation stattfindet.

Hierauf baute Memorsky (1865) *) weiter und zeigte durch Versuche mit Unterbindung der zuführenden und abführenden Blutgefässe, dass der intraoculare Blutgehalt in hohem Grade constant und von dem Wechsel in Zufluss und Abfluss in weiten Grenzen unabhängig ist. Freilich geht M. viel zu weit, wenn er eine vollständige Unabhängigkeit behauptet. Den physiologischen Venenpuls hat M. nicht ins Bereich seiner Untersuchungen gezogen, sondern nur den bei Drucksteigerung auftretenden Venenpuls und Arterienpuls zu erklären gesucht. Nur wo die Transsudation im Innern des Auges die Resorption übertrifft, tritt dieser Puls auf. Er ist noch öfter der Ausdruck, nicht der intraoculären Druckschwankungen, sondern der mechanischen Regulirungsthätigkeit im Auge, »denn in eben dem Masse als der Druck während der Diastole im Auge zunehmen musste, wird er andererseits verringert durch den gleichzeitig verstärkten Blutabfluss aus den Venen« (p. 107).

Nagel **) gab die genaue Beschreibung eines Falles, in welchem an ein und derselben Sehnervenpapille beide Formen

*) Memorsky. Ueber den Einfluss des intraoculären Druckes auf die Blutbewegung im Auge. Gräfe's Archiv für Ophthalmologie Band XI, 2 pag. 84. 1865.

**) A. Nagel, Behandlung der Amaurosen und Amphyopien mit Strychnin. Tübingen 1871. pag. 80 und 81. s. oben pag. 90.

des Venenpulses, sowohl Verengung als Erweiterung eines Venenstückes zur Zeit der Herzsystole beobachtet wurde. Ein solches Nebeneinandervorkommen scheint von besonderer Bedeutung für die Erklärung des Phänomens.

Eine bedeutungsvolle Erweiterung erfuhr die Frage des Netzhaut-Venenpulses durch H. Berthold *) (1869 und 70), welcher die Analogie der Circulationsverhältnisse innerhalb der Schädelhöhle einerseits, im Auge andererseits, auf die schon Coccius hingewiesen hatte, weiter verfolgte und eine entscheidende Beobachtung in Bezug auf die intracranielle Circulation machte. Er constatirte an Hunden, dass die freigelegte innere Jugularvene synchronisch mit den Herzschlägen pulsirte, und angeschnitten, während der Herzsystole wie eine Arterie spritzte. Wenn die Angapfelwand als nahezu unnachgiebig anzusehen ist, muss in den abführenden Venen des Augeninnern die gleiche pulsatorische Strombeschleunigung zur Zeit der Herzsystole stattfinden, wie in der Jugularvene. Nach diesem Grundsatz entschied sich B. für Coccius' Anschauung und vertheidigte sie insbesondere gegen Donders.

Die theoretischen Ausführungen Berthold's sind incorrect und unklar und haben die Sache nicht gefördert. Sein Standpunkt ist dadurch einseitig, dass er die sichtbaren Stauungserscheinungen, auf welche Jäger hingewiesen hatte, wie es scheint, gar nicht kannte oder doch in seinen Erörterungen unberücksichtigt liess.

Dobrowolsky **) beschäftigte sich vorzugsweise mit der Pulsation der Venen auf der Papille des Hundes und gelangte zu dem Resultate, dass die Venenpulsation beim Hunde

*) H. Berthold. Zur Blutcirculation in geschlossenen Höhlen. Nr. 43 Centralblatt für die mediz. Wissensch. 1869. pag. 673. H. Berthold. Zur Erklärung des an der Vena centralis Retinae bemerkbaren Pulsphänomens. Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde. VIII. Jahrgang. Ausserordentliches Beilageheft. Erlangen 1870. Jahresbericht f. Ophth. Bd. I. S. 179.

**) W. Dobrowolsky. Zur Lehre über die Blutcirculation im Augenhintergrunde des Hundes und Menschen. Centralblatt für die medizinischen Wissenschaften. VIII. pag. 305—308 und 321—325. Jahresbericht für Ophthalmologie f. 1870 pag. 178.

weder mit der Herzcontraction noch mit der Athmung oder Accommodation zusammenhänge, sondern dass sie vielmehr von der Contraction der Augenmuskeln und Augenlidmuskeln abhängig sei, wie auch, dass jede andere stärkere Bewegung und Kraftanstrengung auf dieselbe einen Einfluss ausübe. Durch Einträufeln von Atropin ins Auge werde dieser Venenpuls nicht aufgehoben, dagegen verschwinde derselbe in der Narkose und ebenso, wenn alle Augenmuskeln durchschnitten und die Lidmuskeln ausser Funktion gesetzt werden. Reizung jedes einzelnen Augenmuskels habe Erblassen der Venen zur Folge; jede Compression des Bulbus mache die Venen blutleer. Die normalen Respirationsbewegungen haben keinen bemerkbaren Einfluss auf die Füllung der Venen, dagegen nimmt letztere stark zu während erschwelter oder aufgehobener Athmung. In Bezug auf den mit der Systole des Herzens auftretenden Venenpuls des menschlichen Auges schliesst sich Dobrowolsky der Donders'schen Erklärung an — Compression der Vene an der Stelle des geringsten innern Druckes und Verminderung des Blutstroms durch die Ausdehnung der unter Zuströmen des Bluts sich stärker füllenden Arterien. Das periodische Erblassen der Netzhautvenen auf der Papille des Hundes durch Contraction der Augen- und Lidmuskeln hält Becker nicht für ganz sicher bewiesen, da er die Erscheinung sehr deutlich an einem durch Morphinum narkotisirten, völlig bewegungslosen Hunde mit atroponisirtem Auge beobachten konnte.

Becker *) beschrieb im Jahre 1872 den bei Insufficienz der Aortenklappen vorkommenden Arterienpuls der Netzhaut; dabei macht er auch über den Venenpuls einige Bemerkungen. Derselbe sei nur uneigentlich so zu nennen, da es sich bei ihm weder um ein Fortschreiten der Pulswelle durch die Capillaren hindurch, noch um ein Regurgitiren des Blutes wie bei mangelndem Schluss der Tricuspidalklappe handele. Das rhythmische Anschwellen der Vene hängt von der Pulsation der Arterien und deren Uebertragung durch den Glaskörperdruck ab,

*) O. Becker, Ueber die sichtbaren Erscheinungen der Blutbewegung in der menschlichen Netzhaut. Archiv f. Ophth. Jahresbericht für Ophthalmologie p. 1872 pag. 146.

ist somit für die Arterien gewissermassen ein Sphygmograph. Ein Zurückstauen des Venenbluts ist deutlich sichtbar; ob aber in dem erblassenden Endstück der Vene der Strom verlangsamt resp. aufgehoben oder beschleunigt wird, lässt Becker unentschieden, neigt aber mehr zur letzteren Ansicht.

Cuignet*) gibt an, dass es ihm gelungen sei, in einzelnen besonderen Fällen im menschlichen Auge die Circulation wahrzunehmen. Es geschah dies beim Versuche, durch allmählich wachsenden Druck auf das Auge die Pulsation der Centralarterie hervorzurufen. Mit dem Beginne der Pulsation bemerkte Cuignet in dem untern Aste der Centralvene bis zu ihrer ersten Theilung einen gegen die Austrittsstelle gerichteten äusserst raschen Strom kleinster weisser Körperchen. Anfangs sind nur im Centrum der Vene die Körperchen sichtbar, während die Ränder roth erscheinen; bei stärkerem Fingerdruck werden die rothen Ränder schmaler und heller, die Blutkugeln verlangsamen ihren Lauf und werden auch an den Rändern des Gefässes sichtbar. Bei noch stärkerem Druck erblasst das Gefäss noch mehr, die weissen Körperchen fliessen langsam in Gruppen von 5—10, getrennt durch einen rothen Zwischenraum, und bei einem bestimmten Druck hört die Strömung fast ganz auf; dann ist das Gefäss an der Mündung farblos, die Wandungen sind unsichtbar und die kleinen Gruppen von Körperchen, welche vorher weiss gewesen waren, erscheinen roth. Bei stärkstem Druck endlich verschwindet die Arterie und ein grosser Theil der Vene auf der Papille gänzlich und damit jede Bewegung und die Wahrnehmung der Kugeln. Nur bei 2 Individuen war Cuignet im Stande, die beschriebene Circulationserscheinung wahrzunehmen, bei vielen anderen nicht. Selbstverständlich kann hieraus keineswegs auf Verlangsamung des Blutstroms beim spontanen Venenpuls geschlossen werden, weil Cuignet bei seinen Versuchen einen sehr starken Druck aufs Auge ausübte, der zuerst Arterienpuls und dann erst Venenpuls hervorrief.

*) Cuignet. Perception ophthalmoscopique de la circulation dans l'oeil humain. Journ. d'Ophth. I p. 602. Jahresbericht für Ophthalmologie p. 1872. pag. 146.

Leber *) stellt sich in seiner Bearbeitung der Circulationsverhältnisse im Auge auf Donders' Seite. Da die Compression der Vene an der Austrittsstelle beginnt und von da eine kleine Strecke weit in centrifugaler Richtung weiter schreitet, so ist doch kaum anzunehmen, dass das innerhalb der Retina befindliche Blut nach aussen ausgepresst werde. Im Gegentheil scheint die Rückstauung desselben aus der Anschwellung des peripherisch von der verengten Stelle liegenden Stücks der Vene direct hervorzugehen. Uebrigens ist die Sclera keineswegs absolut unnachgiebig und eine so minimale Ausdehnung, wie sie das Zustandekommen des Venenpulses voraussetzt, ist bei den hier vorkommenden Druckkräften doch wohl annehmbar. Weiter sagt er: es werden wohl leichte pulsatorische Schwankungen des Augendruckes vorkommen, welche zur Erzeugung des Venenpulses, wo er überhaupt auftritt, ausreichen.

Raynaud **) theilt einen Fall mit von eigenthümlicher Sehstörung bei einer Krankheit, welche er lokale Asphyxie der Extremitäten (durch Arterienkrampf) nennt und welche dadurch charakterisirt ist, dass periodisch beide Hände und Füße kalt werden, während die Haut der Finger oder Zehen unter schmerzhaften Empfindungen eine cyanotische Färbung annimmt, stets in ganz symmetrischer Weise an beiden Seiten des Körpers. In diesem Falle zeigten die Venen der Netzhaut äusserst auffallende Pulsationen und zwar, abweichend von der physiologischen durch Druck hervorzurufenden auf die Austrittsstelle beschränkten Pulsation, sieht man sie in ganz ungewohnter Intensität und Ausdehnung »bis zu den letzten Ramificationen an der Vene«. Sie schleppen dem Radialpulse etwas nach. Bei jeder Pulsation sieht man die Centralvene breiter und dunkler werden und sich stark verlängern, «so dass sie eine Art von Aneurysma zu bilden scheint«. Die Pulsation erstreckt sich weit über die Grenzen der Papille hinaus, man kann sie

*) Leber im Handbuch d. ges. Augenheilkunde herausgeg. von Gräfe und Saemisch Band II pag. 347.

**) Raynaud, Nouvelles recherches sur la nature et le traitement de l'asphyxie locale des extrémités. Arch. gén. de méd. 1874. Jahresbericht für Ophthalmologie p. 1874. pag. 406.

an wenigstens 3 Gefässen zugleich constatiren und »an fast allen venösen Capillaren«.

Um die Venenpulsation in seinem Falle zu erklären, stellte Raynaud eine neue Theorie auf, indem er die Donders'sche Theorie für unrichtig hält. Durch die Pulsation der Carotis interna muss dem Blute des von ihr durchsetzten Sinus cavernosus ein Stoss mitgetheilt werden, welcher sich wegen der starren Wandungen des Sinus auf die in ihn einmündenden Venen fortpflanzen muss. Der rhythmische Rückstoss des venösen Blutes gelangt durch die Vena ophthalmica in die Vena centralis retinae und gibt sich in letzterer an der Stelle kund, wo sie sich beim Eintritt in den Bulbus scharf umbiegt. (Damit stimmt aber nicht die geringe Füllung des centralen Venenendes, welches nach dieser Theorie vielmehr ausgedehnt erscheinen müsste.) Mit Hülfe dieser Theorie glaubt Raynaud die abnorme Pulsation in seinem Falle gut erklären zu können. Im Normalzustande treibt nämlich die vis a tergo von den Arterien her den Veneninhalt so stark vorwärts, dass die Rückstauung vom Sinus cavernosus nur in ganz geringem Masse wirken kann. Wenn jedoch in Folge des Arterienkrampfes der arterielle Blutstrom der Retina auf ein Minimum herabgesetzt ist, gelangt die das Blut zurücktreibende Kraft zu voller Wirksamkeit und es entsteht rhythmische Erweiterung der Venen bis in die Capillaren hinein.

Ein näheres Eingehen auf diese Theorie wird hier um deswillen nicht nöthig sein, weil das Phänomen in Raynaud's Falle offenbar ein pathologisches ist, welches mit der physiologischen Pulsation wenig oder nichts zu schaffen hat. Es handelte sich um eine abnorme Gefässinnervation und demzufolge vielleicht um einen durch das Capillargefässsystem fortgesetzten Venenpuls.

Jacobi *) hält die bisherigen Theorien über die Entstehung des Venenpulses der Netzhaut für ungenügend und stellt eine Erklärung auf, die sich jedoch von der Donders'schen eigentlich nur wenig unterscheidet. Die Eintrittsstelle des Seh-

*) J. Jacobi. Studien über die Circulation im Auge. Arch. f. Ophth. XXII, 1. S. 111. Jahresbericht für 1876 pag. 162.

nerven ist nachgiebiger als der übrige Theil der Augenkapsel und gibt der leichtesten Erhöhung des Glaskörperdrucks nach. Bei jeder Diastole der Arterien wird die Oberfläche der Sehnervenpapille ein wenig excavirt; dadurch werden die Venen, welche den geringsten Widerstand leisten, comprimirt und erleiden besonders an der Stelle der Umbiegung in die Axenrichtung des Sehnerven eine starke Verengung ihres Lumens. Von der Knickungsstelle an muss dann das centrale Ende der Vene collabiren. Gleich nach der Diastole der Arterien stellt die Elasticität des Sehnerven den früheren Zustand wieder her.

Gegen Coccius' Annahme einer rhythmischen Beschleunigung des Blutstromes an der Austrittsstelle der Centralvene führt Jacobi an, dass im Froschauge bei leichter Compression Verlangsamung des Blutstroms unter verminderter Füllung der Hyaloideagefäße gesehen wird. Ueberschreitet der Druck eine gewisse Grenze, so sieht man sehr bald Stillstand der Blutbewegung und selbst Rückfluss in der Arterie nach dem Herzen eintreten. Diese Angabe zeigt deutlich genug, wie kräftig die Einwirkung des Druckes auf das kleine Organ des Frosches bei Jacobi's Experiment sein muss. Auf das Verhalten bei spontaner physiologischer Pulsation wird hier so wenig wie aus Cuignet's oben erwähnter Beobachtung ein Schluss zu ziehen sein.

In den letzten Jahren erschienen wiederum zwei Arbeiten (von Helfreich und Schoen), welche wesentlich andere und zwar einander entgegengesetzte Ansichten geltend machten.

Helfreich *) hält alle auf der Annahme von Schwankungen des intraocularen Druckes und Compression der Venen zur Zeit der Arteriendiastole beruhenden Erklärungen für unstatthaft, da jene Druckschwankungen nicht nachgewiesen seien, da Stauungserscheinungen bei der Venenpulsation niemals beobachtet werden (?), da endlich die Verengung der pulsirenden Venen schon vor der Arteriendiastole beginne. Nach seiner

*) F. Helfreich. Ueber den Venenpuls der Netzhaut. Vorläufige Mittheilung 1881. — Ueber Arterienpuls der Netzhaut. In der Festschrift der Würzburger medic. Facultät zur Feier des 300jährigen Bestehens der Julius-Maximilians-Universität. Leipzig 1882.

Ansicht ist der rhythmische Wechsel des Blutdruckes und der Stromgeschwindigkeit in den Hirnsinus (wie sie von *Mosso* nachgewiesen seien) die Ursache der Venenpulsation. Zur Zeit des geringsten Blutdruckes im Sinus cavernosus soll der Ausfluss des Blutes aus den Retinalvenen erleichtert und beschleunigt sein — durch Aspirationswirkung, sagt *H.* — und da der Zustrom des Venenblutes von den Capillaren her wegen der Enge derselben nicht entsprechend beschleunigt wird, erfolge in den auf der Sehnervpapille freiliegenden Venenabschnitten eine Verengung, welche so lange dauert, bis der Druck im Sinus cavernosus durch die Arteriendiastole wieder ansteigt. Demzufolge beginne die Verengung der Venen in dem Intervall zweier Herzcontractionen, der zweiten Contraction näher als der ersten; sie ende mit dem nachfolgenden Herzchoc oder überdauere denselben um ein Geringes.

Es ist augenscheinlich, dass *Helfreich's* Anschauung mit den Thatsachen im Widerspruche steht. Die thatsächlich oft zu beobachtende Stauung kennt *H.* nicht und in seiner Theorie ist kein Platz für dieselbe. Im besten Falle könnte *H.* also nur eine specielle Form des Retinalvenenpulses erklären. Allein auch hier liegen die Widersprüche zu Tage. Nach *Helfreich* ist die Verengerung der Venen schon zu Ende oder fast zu Ende, wenn sie nach der übereinstimmenden Wahrnehmung aller andern Beobachter erst ihren Anfang nimmt oder eben erst begonnen hat. Die erneute und mit Rücksicht auf *Helfreich's* Behauptung vorgenommene Prüfung konnte über die Coincidenz zwischen Verengerung der Retinalvenen und Arteriendiastole in der That keinen Zweifel lassen.

Ferner müsste nach *Helfreich's* Theorie eine andere Vertheilung der Phasen erwartet werden. Die Phase des geringeren Blutdruckes in dem Hirnsinus ist der Herzdiastole entsprechend die längere, die zugehörige Phase des Retinalvenenpulses aber nach *Helfreich* die kürzere.

Kann der Theorie *Helfreich's* nicht zugestimmt werden, so darf man doch an die Möglichkeit denken, dass in anderer als der von diesem Autor angegebenen Weise der rhythmische Wechsel des Blutdruckes in den venösen Hirnblut-

ableitern die Circulation der Netzhaut sichtbar beeinflussen könnte. Bekanntlich ist die intraoculare Circulation Dank dem Druckregulierungsmechanismus des Auges gegenüber Einwirkungen von aussen her sehr selbstständig und man darf annehmen, dass auf dem ziemlich langen Wege vom Sinus cavernosus bis zum Auge die Elasticität der Venen und der Zusammenfluss der Retinalvenen mit anderen Venenverzweigungen aus Theilen von geringerer Dignität das Auge vor störenden Einflüssen bewahren wird. Wenn aber ein Einfluss stattfände, stark genug, um unter günstigen Umständen sichtbar zu werden, so könnte es wohl nur eine Stauungswelle hin, welche sich zur Zeit der Drucksteigerung im Sinus rückwärts zum Auge fortpflanzt. Insbesondere unter pathologischen Bedingungen, z. B. bei intracranieller Drucksteigerung wäre eine solche Möglichkeit im Auge zu behalten.

In einem Falle von ganz ausnahmsweiser Verlangsamung der Herzthätigkeit, welcher von Schön *) beschrieben wurde, konnten die einzelnen Phasen des Venenpulses genau studirt werden, weil die Frequenz nur 16—23 Schläge in der Minute betrug. Der Venenpuls erstreckte sich auf mehrere grössere und kleinere Venenäste auf der Papille. »Einen Moment nach dem Radialpuls tritt eine plötzliche Anschwellung der Venen ein, von der Stelle an, wo sie aus der Lamina cribrosa hervortreten bis zum Excavationsrande. Nach erreichtem Anschwellungsmaximum folgt sogleich ein allmähliches Abschwellen; dann beginnt ein Ruhezustand von der Dauer zweier Secunden, während dessen ein gleichmässiger Blutstrom die Venen durchfließt. Vollständige Entleerung und gänzliches Erblassen ist niemals vorhanden, alle Venen zeigen eine mässige gleichbleibende Blutfüllung. Dem nächsten Pulse geht keine weitere Entleerung der Venen, kein plötzliches Erblassen voraus, welches auf Aspiration zu deuten wäre, sondern der gleichmässige Blutstrom wird erst wieder von der plötzlichen Blutüberfüllung unmittelbar nach dem nächsten Radialpulse unterbrochen.«

*) W. Schoen. Der Venenpuls der Netzhaut. Klin. Monatsbl. f. Augenheilkunde Bd. 19, 1881. S. 345.

Wesentlich ist hier also die den länger dauernden Ruhezustand unterbrechende Ueberfüllung der Endstücke der Venen unmittelbar nach der Herzsystole, und bei dem langsamen Abflusse der Erscheinung kann man in der That nicht im Zweifel sein, dass es sich hier um einen Stauungsvorgang handelt.

Schoen schliesst nun aus seiner Beobachtung allgemein:
 »1) Der Venenpuls ist eine Stauungserscheinung. 2) Der Abfluss des gewöhnlichen Quantum von Venenblut wird gehemmt durch Compression der Vene. 3) Die Compression übt die durch die Pulswelle verdickte Arterie aus. 4) Der Ort, wo dies geschieht, muss die Sehnervenstrecke bis zur Lamina cribrosa, diese eingeschlossen, sein; denn sichtbar wird eine blutleere Stelle in den Venen nicht.«

Nach dem Vorangegangenen wird es keines weiteren Beweises bedürfen, dass es unrichtig ist, diese Sätze auf den Venenpuls im Allgemeinen anzuwenden. Schoen's Beobachtung ist geeignet, diejenigen, welche das Vorkommen von Stauungspulsation bezweifeln, zu überzeugen dass solche vorkommt, und für seinen Fall mag es richtig sein, dass die Compressionsstelle in oder jenseits der Lamina cribrosa lag. Aber damit sind die Fälle nicht erklärt, in denen Erblassen eines Endstückes der Venen und Stauung in dem daran grenzenden Stücke stattfindet, und ebensowenig diejenigen Fälle, in denen überhaupt keine Stauung zur Beobachtung kommt. Es bedarf wie oben gezeigt wurde der Berücksichtigung der verschiedenen Fälle und Formen, wenn man zu einer allgemein gültigen Erklärung der retinalen Pulsphänomene gelangen will.

10905