

verdünnter Salpetersäure ihrer Hülle beraubt. Bei beiden sieht man die Spiralfasern und geraden Fasern, sowie die Fortsätze des Kernkörperchens.

Die Fig. 20 zeigt einen Ganglienkörper, bei dem die Befreiung aus der Hülle in frischem Zustande gelang.

Die Fig. 21 stellt die Zusammensetzung der Hülle der Ganglienkörper aus homogenen Blättchen dar.

Bei dem in Fig. 22 gezeichneten Ganglienkörper, der in einem Zustand der hochgradigen Maceration durch die Einwirkung verdünnter Salpetersäure sich befindet, sieht man die Spiralfaser, gerade Faser und die Fortsätze des Kernkörperchens.

X.

Ueber venöse Stauung.

Von Dr. J. Cohnheim,

Assistenten am pathologischen Institut in Berlin.

Nachdem ich an dem blossgelegten, der Luft ausgesetzten Mesenterium des Frosches die Vorgänge kennen gelernt hatte, welche an den erweiterten und hyperämischen Gefässen sich allmählich entwickeln und die ich in einem der früheren Hefte dieses Archivs*) im Detail zu beschreiben versucht habe, musste sich von selber bald die Vergleichung mit Zuständen der passiven Stauungshyperämie aufdrängen, welche als Folge einer Behinderung des venösen Kreislaufes sich einstellt. In der That, wenn meine Deduction richtig war, wenn wirklich einerseits die Dilatation der Gefässe und die derselben folgende Herabsetzung der Geschwindigkeit des Blutstroms in ihnen, andererseits die Zunahme des Blutdruckes in den Capillaren die bestimmenden Factoren sind, unter deren Einfluss die Auswanderung der farblosen Blutkörperchen aus Venen und Capillaren und der Austritt rother aus letzteren geschieht, sollte man, scheint es, diese Phänomene nicht erst recht da anzutreffen erwarten, wo, bei einer Unterbrechung des venösen Abflusses die Erweiterung der vor der betreffenden Stelle liegenden Gefässe sich schon makroskopisch so evident darzustellen pflegt, wo ferner die Verlangsamung des Blutstroms allmählich den höchsten

*) Bd. XL. S. 1.

Grad erreicht, selbst bis zum vollständigen Stillstand sich steigern kann und wo endlich selbstverständlich der Druck eine ganz enorme Steigerung erfährt? Und doch sehen wir bei diesen Prozessen zwar eine reichliche Transsudation von plasmatischer Flüssigkeit, aber die Zahl der darin auftretenden lymphatischen Elemente oder Eiterkörperchen ist regelmässig nur eine sehr unbedeutende, es entwickelt sich Oedem oder Hydrops, aber keine Phlegmone; und das Einzige, was der klaren Flüssigkeit häufig genug beigemischt ist, ist eine kleinere oder grössere Menge rother Blutkörperchen, die sich im Gewebe gewöhnlich als punktförmige Hämorrhagien markiren, während sie den hydropischen Ansammlungen den bekannten, mehr oder weniger ausgesprochenen, röthlichen Farbenton ertheilen. Mit Rücksicht auf diesen anscheinenden Widerspruch habe ich allerdings schon am Schlusse des oben erwähnten Aufsatzes darauf hingewiesen, dass a priori gewisse Verschiedenheiten anzunehmen seien in dem Verhalten eines zwar mit verminderter Geschwindigkeit, aber doch continuirlich und gleichmässig fliessenden Blutstroms, wie er in den erweiterten Gefässen des blossliegenden Mesenterium statt hat, gegenüber dem mit stetig zunehmender Langsamkeit fliessenden in gestauten Venen. Dazu kommt, dass den hierhergehörigen, am menschlichen Körper ablaufenden Prozessen eine Eigenschaft gänzlich zu fehlen pflegt, welche für den ganzen Entzündungsvorgang maassgebend ist, d. i. die Raschheit, die Acuität des Verlaufes. Während in einem entzündeten Gewebe es kurz vorher noch ganz normale, in jeder Weise unveränderte Gefässe sind, die im Laufe weniger Stunden eine so beträchtliche Dilatation erleiden, geschieht bekanntlich die Thrombose der Venen langsam und ganz allmählich, es vergeht meist eine geraume Zeit, ehe durch eine Geschwulst das Lumen einer grösseren Vene ganz comprimirt wird und es kann Monate und Jahre dauern, ehe bei der interstitiellen Hepatitis die Aeste der Pfortader in namhafter Ausdehnung verlegt werden; es liegt aber auf der Hand, dass, auch ganz abgesehen von der etwaigen Entwicklung eines Collateralkreislaufes, der selbstverständlich den Effect des Hindernisses im venösen Blutstrom annulliren muss, schon unter dem Einflusse dieser chronischen Prozesse möglicher Weise die Gefässwandungen anatomische oder dgl. Veränderungen erfahren können, die jeden Vergleich mit den Vorgängen bei der

Entzündung ausschliessen. Indessen, was im natürlichen, wenn auch pathologischen Ablauf der Dinge am menschlichen Körper nur äusserst selten zu Stande kommt, eine acut eintretende und dabei einige Zeit anhaltende Unterbrechung des venösen Kreislaufes, das können wir in der bequemsten und vollkommensten Weise auf dem Wege des Experimentes erreichen und wir werden daher mit Hülfe dieses lieber die Antwort auf die oben aufgeworfene Frage suchen, als mittelst aprioristischer und mehr weniger speculativer Betrachtungen.

Selbstverständlich aber konnte ich, im Hinblick auf die unter dem Einfluss der Luft am blossgelegten Mesenterium an sich schon eintretenden Veränderungen, das letztere nicht zum Beobachtungsfelde für die in Rede stehenden Versuche machen. Ich wählte vielmehr denjenigen Körpertheil, der seit lange schon als das eigentlich classische Object für Kreislaufstudien anerkannt ist, nämlich die Schwimmhaut der Zehen des Frosches. Wiederum wurden die Thiere mit sehr kleinen Dosen Curare vergiftet. Man kann dessen freilich entrathen, indess glaube ich doch bei allen derartigen Versuchen die Anwendung dieses, wenn ich so sagen darf, motorischen Narcoticum nicht lebhaft genug empfehlen zu können; alle oft beschwerlichen und doch meist unzulänglichen Befestigungsmittel können ganz entbehrt werden, der Frosch ist wie eine leblose Masse und doch geht, wie bekannt, die Blutcirculation und alle von ihr abhängigen Prozesse in ungestörter Regelmässigkeit und Energie vorwärts; zum Ueberfluss habe ich übrigens die nachstehend geschilderten Experimente auch an nicht curarisirten Individuen ausgeführt und, wie zu erwarten, die völlige Uebereinstimmung der Vorgänge unter beiden Verhältnissen constatirt. Gelagert wurde der Frosch in analoger Weise, wie es bei den Beobachtungen am Mesenterium geschehen, auf einem grossen Objectträger, auf dem mittelst Canadabalsam eine kleinere, rechteckige Glasplatte nebst einem sie umgebenden Korkringe aufge kittet war; in dem letzteren wurden die auseinander gespreitzten Zehen befestigt und nichts war jetzt bequemer und einfacher, als die mikroskopische Beobachtung, mit so schwachen oder so starken Linsen man immer wollte. An dem so vorbereiteten Thiere kann man denn die Unterbrechung der venösen Circulation auf zweierlei Weise bewirken. Für einmal durch eine Massenligatur, die man

an irgend einer Stelle der Extremität, am besten wohl dicht über oder unter dem Knie anlegt, wobei freilich der Faden nur so weit angezogen werden darf, dass nicht auch zugleich der arterielle Zufluss dadurch abgeschnitten wird. Sicherer und eleganter aber ist es jedenfalls, die Unterbindung auf die abführende Schenkelvene allein zu beschränken. Mir selbst hat dafür als die zweckmässigste Stelle die oberste Region des Oberschenkels, dicht unterhalb des Beckens erschienen; die V. femoralis verläuft daselbst ganz am äusseren Umfange, von der Arterie und dem Nerven ziemlich weit entfernt und durch beträchtliche Muskeln von ihnen getrennt. Ein kleiner Hautschnitt und einfaches Auseinanderziehen einiger Muskeln genügt daselbst, um sogleich die Vene blosszulegen und wenn man jetzt in die Ligatur zugleich ein kleines Paket Muskeln mit einschliesst, so hat man damit auch sofort die Möglichkeit, nach Belieben den Faden zu lockern oder anzuziehen, ohne befürchten zu müssen, dass die Venenwand selber bei diesen kleinen Handthierungen verletzt wird. Oder man kann auch einfach einen Faden herumschlingen, an dessen Enden kleine Gewichte befestigt sind: sobald die Gewichte frei hängen, ist die Vene geschlossen, sobald sie gestützt sind, wegsam. Man sieht, die ganzen Vorrichtungen sind so trivialer und selbstverständlicher Art, dass eine noch detaillirtere Schilderung derselben vielleicht als Beleidigung für den Leser erscheinen könnte.

Indem ich jetzt einerseits die anatomische Vertheilung der Blutgefässe in der Froschschwimmhaut als bekannt voraussetzen darf, andererseits in Betreff des mikroskopischen Verhaltens des normalen Kreislaufes nur wiederholen könnte, was ich darüber in dem mehrerwähnten früheren Aufsätze beigebracht, mag es mir sogleich gestattet sein auf die Schilderung dessens einzugehen, was in den Schwimmhautgefässen nach dem Verschluss der Schenkelvene zur Beobachtung kommt. Sogleich, nachdem die Schlinge zugezogen, tritt oft ein momentaner Stillstand in den Venen und Capillaren der Schwimmhaut ein, bisweilen auch nur eine plötzliche Verlangsamung des Blutstroms, andere Male eine ungleiche, schaukelnde Bewegung, ein wenig vorwärts, dann rückwärts und wieder vorwärts. Doch alle diese Unregelmässigkeiten währen nur ausserordentlich kurze Zeit; sehr bald, meist schon nach wenigen Sekunden, beginnt ein charakteristisches Verhalten der ganzen

Blutbewegung im Gesichtsfelde sich zu entwickeln, sie wird überall pulsirend, rhytmisch. Während zuvor nur in der Arterie die Systole sich kundgab, in den Capillaren und Venen dagegen der Strom ein ganz continuirlicher, gleichmässiger war, setzt sich jetzt der Pulsstoss fort durch die Capillaren bis in die Venen hinein. Es wird das um so auffallender, als gleichzeitig, worauf wir sogleich noch zurückkommen werden, die Geschwindigkeit eine immer geringere wird und sehr bald hat man den Eindruck, als habe man eine ruhende Masse vor sich, die nur durch die Puls- welle immer von Neuem vorwärtsgeschoben wird. In der That, so fremdartig das ganze Phänomen Anfangs erscheint, so einfach erklärt es sich; durch den plötzlichen Verschluss der Schenkelvene ist der Widerstand in den Venen und Capillaren so gross geworden, dass derselbe nur durch die Systole überwunden wird. Diess markirt sich ganz besonders bei etwas weniger lebenskräftigen Individuen, bei denen die Frequenz der Herzcontractionen eine geringere und vielleicht nicht ganz regelmässige, besonders die Energie derselben eine schwächere ist; hier sieht man nicht selten, wie fünf, sechs Pulsstösse hintereinander die Blutmasse vorwärtstreiben, bis plötzlich einmal, wenn vielleicht gerade eine Systole ausgeblieben, das ganze Blut von den Venen her einen Rückschlag erfährt, der sich durch alle Capillaren, bis ziemlich weit hinauf in die Arterien hinein geltend und damit die ganze vorhergehende Kraftentfaltung zu einer fruchtlosen macht.

Wie bereits angedeutet, trägt nicht wenig dazu bei, das Pulsphänomen so prägnant zu machen, die Herabsetzung der Stromgeschwindigkeit in den Schwimmhautgefässen, die, wie ohne Weiteres einleuchtet, der Unterbrechung der venösen Circulation auf dem Fusse folgen und mit der längeren Dauer derselben immer bedeutender werden muss. In sämmtlichen Gefässen, schon den kleinen Arterien, noch mehr aber in Capillaren und Venen, wird der Effect jeder Systole in Bezug auf die Vorwärtsbewegung der Blutmasse allmählich immer geringer und während vor dem Venenverschluss die einzelnen Blutkörperchen selbst in den Capillaren häufig so rasch vorwärts getrieben wurden, dass man Mühe hatte, sie mit dem Auge zu begleiten, werden jetzt die Etappen, in denen dieselben durch die resp. Pulsstösse fortbewegt werden, successive so gering, dass Minuten vergehen können, ehe ein bestimmtes

rothes Blutkörperchen selbst nur das Gesichtsfeld eines Hartnack S. 7 passirt hat. In so langsamer Weise, in so kleinen, rhythmischen Vorstössen, die eben glücklicher Weise nur bei decrepiden Individuen und auch da nicht zu oft von Rückschlägen unterbrochen werden, wird das Blut in der Richtung gegen die Venen hin vorgeschoben, um sich in diesen und den Capillaren weiterhin anzuhäufen.

Denn das wird bald diejenige Erscheinung, die vor Allem in die Augen fällt, die dichte Füllung sämtlicher Gefässe mit Blutkörperchen. In den Arterien und Venen verschwindet der Charakter des Axenstromes, die Blutkörperchen reichen bis unmittelbar an den inneren Contour der Gefässwand, rothe und farblose durcheinander, ohne eine Andeutung einer regelmässigen Vertheilung gefärbter und ungefärbter Schichten, die doch im normalen Zustande so augenfällig ist und bei den Dilatationsvorgängen an den Gefässen des blossgelegten Mesenterium es nicht weniger bleibt. Ganz besonders hervorstechend wird diese Anhäufung der Blutkörperchen in den Capillaren. Während bei normalem Verhalten bekanntlich die Blutkörperchen das Capillarlumen nur zum geringsten Theile füllen, vielmehr es ja nicht selten vorkommt, dass in kleinen Capillarstrecken Blutkörperchen auf eine Weile ganz vermisst werden, indem lediglich Plasma darin fliesst, wird nach dem Verschluss der Schenkelvene die Menge der Körperchen in ihnen mit jeder Systole grösser und grösser. Anfangs strömen die rothen Blutkörperchen noch in der gewöhnlichen Weise, mit ihrer Längsaxe in der Richtung des Stromes; bald aber hört es auf mit dieser Raumverschwendung, die Körperchen stellen sich so, dass nicht die Kante, sondern die Fläche vom Strome getroffen wird und jetzt wird ein Körperchen gegen das andere herangeschoben, dichter und immer dichter, bis sie wie ununterbrochene Geldrollen die gesammten Capillargefässe anfüllen. Freilich würde sicherlich diese Anhäufung der Blutkörperchen in den Gefässen nicht so vollständig und so rasch zu Stande kommen, wenn die letzteren zu gleicher Zeit eine erheblichere Ausdehnung erführen. Aber das ist keinesweges der Fall. Weder die Arterien, noch die Venen erweitern sich nach der Unterbindung der Schenkelvene in nennenswerther Weise; ich habe Venen von 0,06 Mm. Weite auf 0,07, von 0,08 auf 0,095, von 0,15 auf 0,165 Mm. sich dilatiren gesehen,

langsam und ganz allmählich, im Laufe mehrerer Stunden nach dem Verschluss, niemals aber habe ich in dieser Zeit, ja selbst im Zeitraum eines ganzen Tages die Ausdehnung stärkere Grade erreichen sehen, Grade, die auch nur annähernd verglichen werden konnten mit denen, die ganz regelmässig an den Gefässen des blossgelegten Mesenterium sich entwickeln. Die Erweiterung der Capillaren bleibt gleichfalls immer nur unerheblich, gewöhnlich beträgt sie nicht mehr als ein Sechstel oder ein Fünftel des ursprünglichen Lumen und nur selten sieht man sie auf ein Viertel steigen; die Maasse stimmen danach ziemlich genau mit denen, welche an den Capillaren des blossgelegten Mesenterium constatirt werden. Bei dieser Sachlage aber begreift es sich ohne Weiteres, wie bei dem gehinderten Abfluss sehr bald eine so gewaltige Blutanhäufung in den Venen und Capillaren entsteht. Allerdings nimmt man durch die directe Beobachtung nur die dichte Anhäufung der Blutkörperchen wahr und will man ganz correct sich ausdrücken, so darf man auch nur von letzteren reden. Indess man braucht nicht weit zu suchen, wo das Plasma bleibt; denn sehr früh schon beginnt nach der Unterbindung eine ödematöse Durchtränkung des Schwimmhautgewebes, die im Laufe von 10—12 Stunden so stark zu werden pflegt, dass die beiden Blätter der Schwimmhaut um Millimeterweite und darüber von einander entfernt sind.

Mit gutem Grunde aber wies ich so eben auf die Schnelligkeit hin, mit der die Anhäufung der Blutkörperchen zu Stande kommt; denn bereits nach zehn Minuten ist gewöhnlich dieser Zustand in den meisten Capillaren auf's Vollständigste ausgebildet. Weiterhin aber steigert derselbe sich noch fortdauernd. Während bisher die geldrollenförmig aufgehäuften Blutkörperchen doch wenigstens an ihren äusseren Rändern noch getrennt waren, so dass hier etwas Plasma noch Platz hatte, werden sie allmählich derartig zusammengedrängt, dass das ganze Lumen des Capillarrohres vollkommen von ihnen erfüllt wird; das Plasma findet keinerlei Raum mehr, und lediglich die kuglichen, farblosen Blutkörperchen unterbrechen in ganz unregelmässiger Vertheilung die Säulen der rothen Körperchen. Und jetzt beginnen die Contouren der rothen Blutkörperchen zu verschwimmen, sie scheinen allmählich zusammenzufließen und wenige Minuten später erscheint das Capillargefäss als ein, abgesehen von den farblosen darin befindlichen Zellen ganz homogener, rother

Cylinder, in dem es selbst mit den stärksten und best penetrirenden Linsen nicht gelingt, noch die Contouren der einzelnen Körperchen aufzufinden. Die so entstandenen Capillarycylinder verändern dann sehr bald ihre Farbe; Anfangs von dem hellen, gelben oder richtiger grünlichen Roth, wie es das arterielle Blut des Frosches zeigt, nehmen sie in kurzer Frist einen Stich in's Bläuliche an, die Farbe des venösen Blutes. Selbstverständlich übrigens bemerkt man in diesen rothen Cylindern keine Spur einer Bewegung mehr, sie stellen sich als vollkommen ruhige, solide Massen dar.

An einzelnen Capillaren habe ich diese anscheinende Verschmelzung schon 18—20 Minuten, nachdem die V. femoralis unterbunden worden, constatiren können, und in kurzer Zeit gerathen nun die bei Weitem meisten Capillaren der Schwimmhaut in denselben Zustand. Auch auf etliche der kleineren Venen pflanzt derselbe sich fort. In einigen der letzteren allerdings bleibt in der Regel eine pulsirende Bewegung fortdauernd erhalten; es sind das diejenigen, in welche das Blut durch nur ganz kurze und grade verlaufende Capillaren ziemlich direct von den Arterien her einströmt, wie denn auch in diesen Capillaren selbst der Blutstrom nicht unterbrochen wird. Ebenso erhält sich die Strömung wohl immer in den grösseren Venen, welche von den eigentlichen Schwimmhautblättern auf die Zehen und die Fusswurzel hinüber-treten und die alle eine oder die andere kleinere Vene mit fortgehender Bewegung in sich aufnehmen. Wenn man aber ein Capillargefäss fixirt, dessen Blutkörperchen in der beschriebenen Weise zu einer homogenen Masse verschmolzen scheinen, so bleibt einige Zeit hindurch, eine viertel-, eine halbe Stunde sein Aussehen ganz unverändert; man sieht immer denselben stabilen, bläulich rothen Cylinder, dessen Breite weder ab- noch zunimmt, da bereits vorher das oben bezeichnete Maximum der Dilatation erreicht ist. Mit einem Male aber — der früheste Termin, wo ich diess beobachtet, war 45 Minuten nach Verschluss der Schenkelvene — tritt auf einem Punkte des äusseren Centrums der Capillare ein kleiner, rundlicher Buckel hervor von derselben Färbung, die der Inhalt des Capillarrohres zeigt; allmählich schwillt derselbe an, er erreicht die Grösse eines viertel, eines halben rothen Blutkörperchens, dann treibt derselbe seitliche, gleichfalls rundliche Auswüchse, so dass er einer kleinen Maulbeere ähnlich wird.

Während aber so der erste Buckel von Minute zu Minute anwächst, erheben sich gleichzeitig andere, ganz gleiche an anderen Stellen der Capillarwand, Anfangs ihrer nur wenige und vereinzelt, bald aber in grosser Zahl, so dass nach Ablauf einer Stunde oder etwas mehr in dem ganzen Gebiete der Stauung kaum ein einziger Capillarzweig sich findet, dessen Contouren nicht mit derartigen Auswüchsen besetzt sind. Inzwischen ändert das Innere des Capillargefässes sein Ansehen in keiner merklichen Weise; die äusseren Buckel aber wachsen und wachsen fortdauernd und allmählich werden sie zu grossen, unregelmässig rundlichen, höckrigen Klumpen. Dann aber beginnen dieselben hier und da sich aufzulösen, auseinander zu fallen; von der bisher compacten, anscheinend homogenen Masse lösen sich elliptische Körper ab, über deren Identität mit rothen Blutkörperchen die Gestalt und Farbe keinen Zweifel gestattet und zwar um so weniger, als in der Regel in ihnen der Kern als ein hellerer, mehr oder weniger deutlicher Fleck sich markirt.

Wenn schon dieser Vorgang, zusammen mit der charakteristischen Farbe der buckligen Auswüchse überhaupt, ganz unverkennbar darauf hinweist, dass diese durchweg aus rothen Blutkörperchen bestehen, so wird das unwiderleglich bewiesen, wenn der venöse Abfluss wieder eröffnet wird. Sobald nämlich die Ligatur der Schenkelyene gelöst wird, so stellen sich, mag nun die Unterbrechung nur kurze Zeit oder 8, 10 Stunden, selbst noch länger gedauert haben, die ursprünglichen, normalen Verhältnisse in kurzer Zeit wieder her. Zuerst, wie natürlich, in den Venen, in denen in wenigen Sekunden selbst die alte Stromgeschwindigkeit sich wieder einzustellen pflegt, dann in den den Venen zunächst belegenden Capillaren, bald aber auch weiter, in der gesamten Capillarverzweigung überhaupt. Immer in der Richtung von den Venen her, löst sich, zum Theil mit grosser Geschwindigkeit, besonders wenn die Ligatur nicht überlange gelegen hat, aus den scheinbar so homogenen, rothen Cylindern ein scheibenförmiges, rothes Blutkörperchen nach dem anderen ab, und wenige Minuten reichen oft hin, um in den noch eben so solid scheinenden Röhren das gewöhnliche Schauspiel hurtiger Circulation zu beobachten; nichts deutet mehr auf eine stattgehabte Verschmelzung, man merkt überhaupt den Blutkörperchen in keiner Weise

irgend einen Unterschied an von denen, die unter ganz normalen Verhältnissen in den Gefässen des Frosches kreisen. Denn auch die venöse Färbung macht sehr bald der helleren Platz, der man sonst immer in den Capillaren begegnet. Die farblosen Körperchen endlich, aus der Gefangenschaft erlöst, in der sie eingezwängt waren, werden jetzt gleichfalls in gewöhnlicher Weise fortgetrieben, und sehr bald sieht man sie auch in den Venen wieder in der plasmatischen Randzone, die währendess sich ebenfalls wiederhergestellt hat. Somit würde Alles jetzt wieder in dem Zustande sein, wie er vor der Anlegung der Ligatur stattgehabt, wenn nicht die kleineren und grösseren rothen Buckel, die aussen den Capillaren anliegen, beredte Zeugen wären von den Vorgängen, die inzwischen sich zugetragen.

Denn die extracapillären rothen Massen bleiben natürlich von den innerhalb geschehenden Restaurationsvorgängen ganz unberührt. In den grösseren derselben werden allmählich am äusseren Umfange immer mehr distincte Blutkörperchen deutlich; in der inneren, dem Capillarrohr unmittelbar aufsitzenden Schicht des Klumpens aber — und die kleineren Buckel verhalten sich lediglich ganz wie die innersten Lagen der grösseren — überzeugt man sich jetzt mit der grössten Leichtigkeit, dass auch sie ganz aus Theilen rother Blutkörperchen besteht, und zwar von solchen, die halb innerhalb und halb ausserhalb des Gefässes gelegen sind. Dabei gibt es alle möglichen Verschiedenheiten. Die einen Körperchen sind gerade in ihrer Mitte in der Gefässwand eingezwängt, so dass die äussere Hälfte der inneren an Grösse ziemlich gleichkommt; bei anderen liegt schon der grösste Theil aussen, und von noch anderen ist im Gegensatz die Hauptmasse noch innen; bei diesen letzteren sieht man dann oft den innerhalb belegenen Theil wie eine Mantelkrause gegen die Capillarwand gefaltet. An den so gelagerten Körperchen kommen alsdann alle dieselben Phänomene zur Beobachtung, die ich von den Capillaren des blossliegenden Mesenteriums geschildert habe. Der innerhalb der Capillarröhre befindliche Theil des Blutkörperchens wird unaufhörlich von den vorbeierollenden anderen Körperchen getroffen und gepeitscht und so in stete schaukelnde und pendelnde Bewegung versetzt, die auf's Lebhafteste contrastirt mit der ungestörten Ruhe, welche der ausserhalb gelegene Theil bewahrt. Nicht selten auch

wird der intracapilläre Theil zur Seite gegen die Innenfläche der Wand geschoben und dieser entlang stark gedehnt; unwillkürlich ergreift dann den Beobachter die Furcht, jener Theil möchte ganz abgerissen werden, bis dann doch gewöhnlich nach einiger Zeit derselbe wieder zurückschnellt und die pendelnde Bewegung von Neuem beginnt. So kann dieses Schauspiel über mehrere Stunden sich ausdehnen, immer in gleicher Weise; allmählich aber wird doch die Zahl der eingeklemmten Blutkörperchen kleiner und kleiner, weil endlich doch an einem Körperchen nach dem anderen die Trennung vor sich geht; mag eines auch noch so lange sich sträuben, schliesslich sieht man doch, meist ganz plötzlich, den innern Theil vom äusseren abreißen, so dass hinfort im Blutstrome das amputirte Element kreist, während aussen neben der Capillare das andere Bruchstück liegen bleibt. Und wenn man 12, 16 Stunden nach der Lösung der Ligatur und der Wiederherstellung der Circulation die Schwimmhaut durchmustert, so wird man kaum noch ein einziges eingeklemmtes Blutkörperchen finden, während doch zahlreiche aussen den Capillaren aufsitzende rothe Partikel die Stellen bezeichnen, wo zuvor es deren gegeben hatte. Was man aber bei diesen Versuchen an den Capillaren so überaus reichlich und weit verbreitet beobachtet, davon findet sich, wie zu erwarten, in den Arterien und auch in den meisten Venen keine Spur; nur aus denjenigen kleinen Venen, in denen auch die Stauung der Blutkörperchen den höchsten Grad erreicht, gelangen rothe Blutkörperchen in analoger Weise durch die Gefässwand hindurch, jedoch niemals in so reichlicher Menge, als aus den Capillaren. Ausdrücklich endlich möchte ich noch betonen, dass ich innerhalb der Haufen ausgetretener rother Blutkörperchen farblose nur sehr selten und jedenfalls nur so sparsam angetroffen habe, dass ich mir kein Urtheil darüber getraue, ob es nicht schon vorher im Schwimmhautgewebe befindliche Elemente, die eben zufällig in den Haufen der rothen hineingerathen, waren.

Diess sind im Wesentlichen die Erscheinungen, welche man nach der plötzlichen Unterbrechung der venösen Circulation, resp. nach deren Wiederherstellung zu Gesichte bekommt; fragen wir uns jetzt, wie das Beobachtete zu deuten, und was für Schlüsse sich daraus ergeben im Allgemeinen, und im Besonderen mit Rücksicht auf die Frage, welche wir im Eingange dieses kleinen Aufsatzes

aufgeworfen haben! Wenn wir den Ablauf der Vorgänge kurz resumiren, so haben wir gesehen, wie sehr rasch nach der Unterbindung der Schenkelvene in den gesammten Gefässen der Schwimmbhaut eine pulsirende, rhythmische Bewegung auftritt, wie alsdann die Stromgeschwindigkeit successive abnimmt, ferner eine starke Transsudation in das Schwimmbhautgewebe sich einstellt, während gleichzeitig, indem die Venen und Capillaren nur sehr unerheblich sich erweitern, eine starke Anhäufung von Blutkörperchen in diesen geschieht; wir haben weiterhin diese Anschoppung der Art zunehmen sehen, dass das ganze Gefässlumen von Blutkörperchen völlig erfüllt wurde, dann schienen letztere unter einander zu homogenen Cylindern zu verschmelzen, und endlich beobachteten wir, wie die rothen Blutkörperchen durch die Gefässwand hindurch nach aussen gelangten und in immer grösseren Mengen im Gewebe sich anhäuften, bis durch die Lösung der Ligatur die freie Circulation sich wiederherstellte, und nun noch eine Zeit lang an den in der Wand eingeklemmten Blutkörperchen die curiosen Erscheinungen sich darboten, die soeben eingehender geschildert wurden. Von diesen Vorgängen sind einige so einfacher Natur und die Bedingungen ihres Zustandekommens liegen so auf der Hand, dass von der Erörterung derselben ganz Abstand genommen werden kann, so z. B. die Verlangsamung des Blutstromes, ferner die Steigerung der Transsudation, und auch für das Auftreten der rhythmischen Bewegung in Venen und Capillaren hat sich ja bereits eine sehr natürliche Erklärung dargeboten. Sonach bleiben nur noch wenige Punkte, die einer weiteren Besprechung bedürfen.

Zunächst wird der Umstand etwas befremdend erscheinen, dass bei diesen Vorgängen die Venen und Capillaren nur eine so geringe Erweiterung erfahren. Nun, selbstverständlich läugne ich nicht, dass bei anhaltendem Verschluss der Hauptvene schliesslich eine erhebliche Dilatation sich ausbildet, die zweifelsohne von der Ligaturstelle her allmählich gegen die Venenwurzeln fortschreiten wird: indessen, in der nächsten Zeit, den ersten Stunden nach der Unterbindung, bleibt, wie wir gesehen und durch Messungen festgestellt haben, die Erweiterung eine wirklich minimale, der Durchmesser des Gefässes wächst kaum um ein Hundertstel eines Millimeter selbst im Laufe eines Tages. Wenn man nun erwägt, dass es doch recht dilatationsfähige Gefässe sind, die wir hier vor

uns haben — es handelt sich nicht bloss um Uebergangsgefässe, sondern auch um Venen recht ansehnlichen Kalibers — wenn man ganz direkt mit diesen Zahlen diejenigen vergleicht, welche an den Venen des blossgelegten Mesenteriums gewonnen werden, so kann man sich kaum dem Eindrücke entziehen, dass hier active Vorgänge Seitens der contractilen Elemente der Gefässwand im Spiele sind; gerade durch den immens gesteigerten Druck scheinen die muskulösen Theile der Venenwand zur Contraction gereizt zu werden, die freilich früher oder später einmal der Erschlaffung Platz machen muss, aber doch möglicher Weise erst dann, wenn inzwischen schon andere Zustände sich ausgebildet haben, welche die Bedeutung dieser späten, secundären Dilatation in den Hintergrund drängen. Auch dass das Lumen der Capillaren so wenig sich ändert, wird sicher auffällig erscheinen, zumal, wenn man die bekannten Erfahrungen an den Drüsen heranzieht, die ja mit Nothwendigkeit dazu zwingen, für die Capillaren derselben eine beträchtliche Dilatationsfähigkeit zu statuiren. Nichtsdestoweniger kann jene Thatsache an sich nicht angezweifelt werden. Die Messungen erweisen auf das Unzweideutigste, dass die Erweiterung des Capillarlumen immer nur ein Sechstel oder ein Fünftel des ursprünglichen beträgt, und wenn irgend wo, so zeigt sich hier, dass der Anschein einer Verbreiterung der Capillaren lediglich durch die starke Füllung derselben mit Blutkörperchen erzeugt wird. Allerdings wird man einerseits hier auf hypothetische active Vorgänge in der Capillarwand nicht wohl recurriren können, da ja auch die bekannten, von Stricker beigebrachten Thatsachen selbst für den, der sie rückhaltlos anerkennen wollte, einstweilen noch zu vereinzelte dastehen, um in dieser Richtung eine sichere Handhabe zu bieten; andererseits aber ist, meiner Meinung nach, auch die vollständige Uebereinstimmung des histologischen Baues der Capillaren in allen Regionen des Körpers noch keineswegs durchaus sicher gestellt, und die Möglichkeit ist zur Zeit nicht direkt von der Hand zu weisen, dass es gerade an den Drüsen-capillaren gewisse erweiternde oder verengernde Vorrichtungen gibt, welche in anderen Körperbezirken fehlen. Mag es sich damit aber verhalten, wie auch immer, jedenfalls wird man die Bedeutung der hier discutirten Thatsache für die uns beschäftigenden Vorgänge überhaupt nicht unterschätzen dürfen.

Denn, wie bereits oben angedeutet, erklärt sich daraus vor Allem die Rapidität, mit der die Anhäufung der Blutkörperchen in den Gefässen zu Stande kommt, die dann in kurzer Frist zu einer scheinbaren, completten Verschmelzung derselben mit einander sich steigert. Freilich, der erste Blick in's Mikroskop, nach der Lösung der Venenligatur, lehrt sofort, dass diese Verschmelzung nur eine scheinbare ist; wie oben geschildert, lösen sich die homogenen Cylinder mit grösster Geschwindigkeit und Leichtigkeit wieder in rothe Blutkörperchen auf, die in keiner Weise von den normalen sich unterscheiden. Diese ganze, scheinbare Verschmelzung ist eben nur der Effect des gewaltigen Druckes und der Zusammenpressung, welche die Blutkörperchen erleiden, innerhalb der Capillaren, aber auch ausserhalb, nachdem sie durch die Gefässwand hindurch gelangt sind; denn sie finden ja im umgebenden Gewebe keine weiten Höhlen, die eine bequemere und lockere Ansammlung jener gestatten, sondern die Gewebsmaschen müssen ja erst durch sie auseinandergedrängt werden, und es kann daher nicht Wunder nehmen, dass auch aussen so lange die Wirkung gegenseitiger Pressung sich geltend macht, bis durch die verstärkte Transsudation allmählich eine grössere Dehnung des Gewebes und damit ein ausreichender Raum hergestellt ist. Es ist übrigens ja eine Erfahrung, die man auch an anderen Elementen des Organismus nicht eben selten macht, dass unter starkem, gegenseitigem Drucke die Grenzen zweier gleichartiger Bildungen sich verwischen, und nur deshalb lohnt es vielleicht der Mühe, diesen hier so auffälligen Vorgang etwas stärker zu betonen, weil in ihm eine sehr bemerkenswerthe Mahnung zur Vorsicht in der Deutung solcher Bilder liegt, wo man einen Anfangs scheinbar vollkommen einfachen Körper sich durch Furchung oder dergleichen in mehrere spalten sieht. Für unsere Betrachtung liegt aber die besondere Wichtigkeit dieses scheinbaren Verschmelzungsvorganges eben darin, dass derselbe das klarste Zeugniss ablegt für die Grösse des Druckes und der Compression, welche die Körperchen gegen einander ausüben. Denn gerade dieser Compression ist es ganz wesentlich zuzuschreiben, wesshalb, trotz der bedeutenden Verlangsamung der Stromgeschwindigkeit, doch nichts von den Emigrationsvorgängen farbloser Blutkörperchen zu Stande kommt, welche im blossgelegten Mesenterium und bei entzündlichen Prozessen

überhaupt eine so bedeutende, man darf wohl sagen, dominirende Rolle spielen. Indem die farblosen Blutkörperchen rings eingezwängt und eingepresst sind zwischen rothen, ist es ihnen absolut unmöglich gemacht, amöboide Bewegungen auszuführen, die doch immer der nothwendige Ausgangspunkt der eigentlichen Auswanderung sein müssen. In den Venen kommt dazu noch, dass während der Stauung sich eine ruhende Randschicht farbloser Körperchen nicht ausbilden kann, ohne deren vorherige Entwicklung gleichfalls eine Emigration nicht geschieht; wir haben ja oben ausdrücklich hervorgehoben, wie sehr bald der Charakter des Axenstromes ganz verloren geht, wie vielmehr die Blutkörperchen bis unmittelbar an den inneren Contour der Venenwand hinanreichen, die rothen nicht anders als die farblosen, ohne jede regelmässige Vertheilung beider gegeneinander. So vereinigt sich hier eine ganze Reihe ungünstiger Momente, die das Zustandekommen amöboider Bewegungen der farblosen Blutkörperchen und damit der Auswanderung verhindern: zuerst die stossweise, rhythmische Bewegung, alsdann das Verschwinden, resp. Ausbleiben der ruhigen Randschicht in den überdiess nur wenig erweiterten Venen, endlich vor Allem die überaus dichte Anhäufung und die damit einhergehende Compression, der in Venen und Capillaren alle Blutkörperchen unterliegen.

Wenn aber bei der durch Venenligatur erzeugten Stauungshyperämie fast keine einzige der Bedingungen gegeben ist, welche den Austritt farbloser Blutkörperchen aus den Gefässen ermöglichen und befördern, so liegt die Sache ganz anders mit den rothen. Mit einiger Genugthuung glaube ich gerade auf dieses Ergebniss der vorliegenden Untersuchung blicken zu dürfen, weil dadurch, wie ich hoffe, die Lehre von der Haemorrhagie per diapedesin, die einstmals ganz allgemein acceptirt war, in neuerer Zeit dagegen als unhaltbar völlig bei Seite geworfen worden, in exacter und zuverlässiger Weise von Neuem begründet ist. Denn wenn wir überhaupt mit diesem Ausdrucke den Austritt von Blutkörperchen — denn um diese kann sich begreiflicher Weise nur die Diskussion drehen — durch die unversehrte Gefässwand hindurch bezeichnen wollen, so haben wir hier eine Diapedesis im ächtesten Sinne vor uns. Niemandem, der einmal gesehen hat, wie ganz langsam und allmählich ein Theil eines Blut-

körperchens nach dem anderen hervorgeschoben wird, und wie vollends, sobald die Circulation wieder frei wird und der auf den Capillaren lastende enorme Druck nachlässt, kein einziges Körperchen mehr den bereits hinausgegangenen nachfolgt, kann auch nur einen Augenblick der Gedanke aufsteigen, dass hier Risse in der Capillarwand stattgehabt, durch welche die Körperchen entweichen: es kann nur die unversehrte Gefässwand sein, an welcher der ganze Vorgang in dieser Weise ablaufen kann. Wie man aber diesen Prozess sich im Einzelnen zu denken habe, dafür kann ich nur wieder auf die Erörterung verweisen, welche ich in dem mehrcitirten Aufsätze an diese Frage geknüpft habe. Denn gerade hier wird man der Auffassung Stricker's, der diess Durchtreten rother Blutkörperchen durch die Capillarwand unzweifelhaft zuerst beobachtet hat*), füglich nicht beitreten können, wonach das Phänomen als der Effect eines activen Insichaufnehmens, Fressens von Blutkörperchen Seitens der protoplasmatischen Capillarwand zu deuten sei, und um so weniger, als ja auch bei kleinen Venen dasselbe beobachtet wird; das Ganze macht vielmehr ganz eminent den Eindruck des Passiven sowohl Seitens der Blutkörperchen, als auch der Gefässwand selber. Meiner Ansicht nach sind es die natürlichen, präformirten Oeffnungen in der Capillarwand, die zwischen den Epithelien befindlichen Stomata, wie sie durch eine Höllesteininjection erkennbar werden, durch die hindurch der Austritt der Körperchen geschieht. Die Kraft aber, welche die Körperchen hindurchtreibt, ist der mächtig gesteigerte Druck, welcher in dem gestörten Gefässbezirke herrscht. Man braucht aber nur die Verhältnisse in dieser Hinsicht sich etwas genauer anzusehen, um sofort zu erkennen, wie günstig gerade Alles für diese Vorgänge liegt. Denn einestheils muss die, freilich nur geringe Erweiterung der Capillaren sicher ganz wesentlich den Stomata zu Gute kommen; andernteils aber wolle man sich dessen erinnern, was ich weiter oben hervorgehoben habe, dass nämlich sehr bald nach dem Verschlusse der V. femoralis die rothen Blutkörperchen sich so zur Axe der Capillaren stellen, dass ihre Kanten der Capillarwand, ihre Flächen dem Strome zugekehrt sind; es braucht jetzt ein Körperchen nur mit einem seiner Pole in eines der dilatirten Stomata

*) Vgl. Wien. akad. Sitzungsber. Math.-naturw. Cl. 2. Abthl. LII. S. 379 ff.

zu gerathen, und die ganze Reihe der Erscheinungen muss mit Nothwendigkeit so ablaufen, wie es oben geschildert worden. Gerade im Gegensatze dazu ist die Kugelform, welche die farblosen Blutkörperchen unter den obwaltenden Umständen immer innehalten müssen, so ungeeignet als möglich für das Durchpressen durch die doch immerhin nur recht kleinen Oeffnungen: wir haben aber auch gesehen, dass in dem extracapillären Haufen der rothen nur sehr selten ein weisses Blutkörperchen angetroffen wird. Diese Annahme, nach der es durchaus plausibel ist, wie sogleich nach dem Nachlass des Druckes auch die Exmission der Blutkörperchen aufhört, scheint mir in der That Alles ohne Schwierigkeit zu erklären, was die directe Beobachtung gelehrt hat. Es würde diess der zweite Modus sein, wie durch eine Steigerung des Blutdruckes nicht bloss eine vermehrte Transsudation von Plasma, sondern auch eine Auspressung von Blutkörperchen aus den Capillaren bewirkt wird. Das eine Mal, im blossgelegten Mesenterium, stieg der Druck in den Capillaren, vermöge der starken Erweiterung der kleinen Arterien, im vorliegenden Falle durch die Behinderung des venösen Abflusses: der Effect ist, wie man sieht, beide Male der gleiche. Wenn ich aber für das blossgelegte Mesenterium ein besonderes Gewicht darauf legen zu müssen glaubte, dass die rothen Körperchen immer erst hinausgedrängt würden, nachdem bereits farblose emigrirt wären und so gewissermaassen den Weg etwas vorbereitet hätten, so bin ich heute, nachdem ich die Vorgänge in der Schwimmbaut kennen gelernt habe, eher bereit, das Zusammenvorkommen dieser beiden Phänomene als ein mehr zufälliges, von einander unabhängiges, vielmehr durch verschiedene Motive zu gleicher Zeit und an gleichem Orte erzeugtes anzusehen; wenngleich man freilich nicht ausser Acht lassen darf, dass die durch Erweiterung der kleinen Arterien bewirkte Steigerung des Blutdruckes in den Capillaren doch niemals, auch nur entfernt die Höhe erreichen kann, bis zu welcher derselbe nach der Unterbindung der Venen ansteigt.

Zum Schlusse aber sei es mir erlaubt, noch mit wenigen Worten darauf hinzuweisen, inwiefern die in dieser Arbeit gewonnenen Erfahrungen eine Uebertragung auf die menschliche Pathologie zu gestatten und zu fordern scheinen. Man wird hinfort nicht ohne Weiteres, wenn man irgendwo Blutkörperchen ausser-

halb der Gefässe antrifft, auf eine geschehene Ruptur der letzteren schliessen dürfen. Nichts nämlich würde irrthümlicher sein, als wenn man die Gesamtwirkung der hier erörterten Wirkung ihrer Quantität nach unterschätzen wollte. Man unterbinde nur einem, gleichviel ob curarisirten, ob nicht curarisirten Frosche die Femoralvene und betrachte 10, 12 Stunden hernach die Extremität; der Unterschenkel und der ganze Fuss sind dick angeschwollen, und wenn man jetzt die Zehen auseinanderspreizt und die Schwimmhaut bei guter Beleuchtung besieht, so wird man eine sehr grosse Menge punktförmiger Hämorrhagien in ihrem Gewebe finden, welche z. B. denjenigen im Gehirn bei der rothen Encephalitis oder in der Netzhaut bei der Retinitis Brightii an Grösse in Nichts nachstehen, ja diese oft genug übertreffen; und doch sieht man, sobald die Ligatur gelöst wird, in wenigen Minuten die Circulation wieder in fast allen Capillaren völlig ungestört fortgehen, mag der Haufen ausgetretener Blutkörperchen, durch den sie hindurchgehen, auch noch so gross sein. Demnach wird man fortan bei der Würdigung von Ecchymosen, punktförmigen Hämorrhagien und dergleichen, auch der Möglichkeit einer Diapedesis gedenken müssen, man wird insbesondere die Verhältnisse des Blutdruckes zu erwägen haben, als desjenigen Factors, von dem es mit Sicherheit nachgewiesen ist, dass derselbe auf das Zustandekommen der Diapedesis einen wesentlichen Einfluss ausübt. Fragen wir aber, welche der pathologischen Prozesse hier herangezogen werden dürfen, so sind es vor Allem die durch Behinderung der venösen Circulation erzeugten Stauungshyperämien, ganz ohne Frage die mit grösserer oder geringerer Raschheit sich entwickelnden, aber in mancher Hinsicht auch diejenigen, welche auf Grund chronischer Prozesse zu Stande kommen. Denn nachdem der Versuch uns gelehrt hat, dass der Effect der acuten Unterbrechung des venösen Abflusses im Wesentlichen kein anderer ist, als der der langsam und chronisch sich ausbildenden, nämlich gesteigerte Transsudation und Austritt rother Blutkörperchen aus den Gefässen, so erscheint es wohl nicht zu gewagt, auch für die letzterwähnten Vorgänge wenigstens z. Th. ähnliche Verhältnisse zu statuiren, wie diejenigen, deren Schilderung die Aufgabe dieses Aufsatzes gewesen ist; und wir dürfen demnach, so glaube ich, auf die im Eingange aufgestellte Reservation gewiss theilweise ohne alles Bedenken verzichten. Die zweite

Reihe der hier in Betracht kommenden Vorgänge ist das grosse Gebiet der vorübergehenden Fluxionen und Congestionen, sowohl der sogenannten activen als auch der passiven, für welche alle die neugewonnenen Anschauungen so ohne Weiteres Anwendung finden können, dass auf eine genauere und eingehendere Erörterung verzichtet werden kann*).

Endlich darf ich auch wohl noch hervorheben, wie die vorstehend mitgetheilten Versuche eine bequeme und ausreichende Erklärung bieten für die rundlichen hämoglobinhaltigen, den rothen Blutkörperchen aber an Grösse erheblich nachstehenden Körperchen, denen man in inconstanter Menge im Blute des Menschen und der Säugethiere nicht minder, als in dem des Frosches begegnet.

Berlin, Juli 1867.

*) Nachträgliche Anmerkung. Durch die Freundlichkeit des Herrn Dr. Stricker ist mir inzwischen ein im Wiener akadem. Anzeiger 1867 No. 13 abgedruckter Auszug aus einer Arbeit von Herrn Dr. Prussak zu Gesichte gekommen, welche ersterer der Wiener Akademie vorgelegt hat. Darnach hat Herr Prussak gleichfalls den Austritt rother Blutkörperchen durch die unversehrte Capillarwand hindurch, also eine Haemorrhagia per Diapedesin, bei Fröschen beobachtet, denen er grössere Dosen einer Kochsalzlösung in die Lymphsäcke eingespritzt hatte. Hiermit würde also ein Modus des Zustandekommens einer Diapedesis nachgewiesen sein, der, soviel sich einstweilen absehen lässt, vom Blutdruck unabhängig ist. Im Gegensatze würde vielmehr diese Diapedesis bei der Erwägung von Blutungen ihre Berücksichtigung finden müssen, für welche man seit Alters her auf Veränderungen der Blutmischung, wie z. B. im Scorbut u. Aehn., recurirt hat.

Berlin, im September 1867.