

## IX.

**Die Entstehung des Collateralkreislaufs.****Theil I. Der arterielle Collateralkreislauf.**

(Aus der Königlichen chirurgischen Klinik zu Kiel.)

Von Prof. Dr. August Bier,

I. Assistenzärzte der Klinik.

(Hierzu 1 Abbildung im Text.)

Wenn Stefani<sup>1)</sup> darüber klagt, dass den Ursachen des sogen. Collateralkreislaufes nur wenig Interesse entgegengebracht wird, so stimmt dies insofern, als man nur sehr selten in den Jahresberichten Jemanden aufgeführt findet, welcher diesen Gegenstand besonders bearbeitet hätte. Denn während jene auch über die allergelegentlichsten Dinge kleiner und grosser Specialgebiete ausführliche Berichte bringen, schweigen sich ihre Inhaltsverzeichnisse über „Collateralkreislauf“ Jahre und Jahrzehnte lang vollkommen aus. Man sollte versucht sein, daraus zu schliessen, dass entweder die Ursachen des Collateralkreislaufes so erforscht seien, dass etwas Neues hier nicht mehr vorzubringen sei, oder dass die Sache so unwichtig sei, dass es sich nicht lohne, darüber zu arbeiten. Beides ist nicht der Fall. Ueber die Ursachen des Collateralkreislaufes herrschen so verschiedene und einander widersprechende Ansichten, dass man sagen kann: dieselben sind im Wesentlichen noch unbekannt, und die Entscheidung der Frage, wie es der Körper anfängt, nach schweren mechanischen Kreislaufstörungen die bedrohten Körpergebiete trotzdem vor dem Tode zu retten, hat nach vielen Richtungen hin eine grundlegende Bedeutung für die Gesamtmedizin. Vor Allem aber hat die Chirurgie an der Erforschung dieses Vorganges ein hervorragendes wissenschaftliches und auch

<sup>1)</sup> Della influenza del sistema nervoso sulla circolazione collaterale. Comunicazione letta all' academia di Ferrara nel 7. Luglio 1887.

praktisches Interesse; denn ohne die wunderbare Fähigkeit des Körpers, erlittene Kreislaufstörungen schnell und sicher auszugleichen, würde ein sehr grosser Theil ihrer Kunst zu nichte. Umsomehr ist es verwunderlich, dass gerade die Chirurgen sich nur mit der Anatomie des fertigen Collateralkreislaufes eingehender beschäftigt, die Entstehung desselben aber sehr vernachlässigt haben.

Forscht man indessen, abgesehen von den wenigen Specialarbeiten, in den Lehrbüchern und Abhandlungen der Physiologie und pathologischen Anatomie nach, welche sich mit diesem Gegenstande verwandten Dingen beschäftigen, so findet man doch hin und wieder Versuche oder Theorien angeführt, welche für die Ursachen des Collateralkreislaufes eine Erklärung geben sollen, oder welche man für die Erklärung desselben mit verwerthen könnte, wenn auch der betreffende Forscher sie zu anderen Zwecken ausgeführt oder aufgestellt hat. Hier werden wir besonders die Theorien über die Ernährung und die Regelung des Blutgehaltes der Gewebe mit zu berücksichtigen haben. Denn im Grunde genommen ist doch der frisch entstehende Collateralkreislauf nur eine Ernährung unter erschwerenden Umständen. Und gerade in der Erklärung des unmittelbar nach einer Kreislaufstörung entstehenden Collateralkreislaufes, — welchen ich einmal den vorläufigen nennen will — liegt die ganze Schwierigkeit, während die Entstehung des fertigen, oder — wie ich ihn nennen will — endgültigen Collateralkreislaufes sich verhältnissmässig leicht aus allgemeinen biologischen Gesetzen erklären lässt. Meine Versuche werden sich deshalb auch im Wesentlichen mit der Erforschung des vorläufigen Collateralkreislaufes beschäftigen. Aber bevor ich dieselben schildere, muss ich über die verschiedenen Theorien, welche über diesen Gegenstand aufgestellt sind, übersichtlich berichten.

#### Uebersicht der Theorien über die Entstehung des Collateralkreislaufes.

Die meisten Anhänger zählt die mechanische Theorie der „collateralen Wallung“. Sie ist sehr einfach gedacht. Schliesst man in einem verzweigten Röhrensysteme, durch welches eine Flüssigkeit strömt, einen Zweig des Systems, so tritt in den

übrigen Röhren eine Erhöhung des Druckes auf, und zwar am meisten in den benachbarten höher gelegenen Röhren. Diese Verhältnisse übertrug man auf die Adern des lebendigen Körpers. Der erhöhte Druck, welcher nach Verschluss eines Arterienstammes in den oberhalb der Sperrung gelegenen Aesten entsteht, sollte nach einfachen physikalischen Gesetzen das Blut in die anämisch gewordenen Körpertheile hineinpresse.

Diese Theorie wurde von A. W. Volkmann und Liebermeister aufgestellt und besonders durch O. Weber<sup>1)</sup> ausgebildet. Marey vertritt dieselbe Anschauung und neuerdings hat sich Talma<sup>2)</sup> auf Grund von Thierversuchen für dieselbe erklärt.

Ein neuer Gesichtspunkt wurde durch v. Recklinghausen<sup>3)</sup> in diese mechanische Theorie gebracht. Er machte darauf aufmerksam, dass nach Unterbindung einer Arterie eine Veränderung des Stromgefälles eintritt, und demzufolge das Blut durch die noch zu Gebote stehenden Collateralbahnen mit vermehrter Geschwindigkeit in das verhältnissmässig zu weite Gefässgebiet des anämischen Theiles einströmen muss. Diese Erklärung für das Entstehen des Collateralkreislaufes hat Nothnagel<sup>4)</sup> angenommen und mit grosser Entschiedenheit vertreten.

Ich glaube nicht, dass die mechanische Theorie das Entstehen des Collateralkreislaufes zu erklären vermag. Ihr Hauptvertreter O. Weber giebt als Beispiel von der Steigerung des Druckes nach Unterbindung einer Hauptarterie folgenden Versuch an:

Blutdruck in der Arteria cruralis eines grossen Hundes:  
 bei freier Circulation . . . . . 62—75 mm,  
 nach der Unterbindung im centralen Ende 72—85 mm,  
 also eine Steigerung um 10 mm, d. h. um ungefähr  $\frac{1}{4}$ . Nun wissen wir aber aus den Versuchen von Worm-Müller<sup>5)</sup> und

<sup>1)</sup> Pitha-Billroth's Handbuch. I. Bd. Erlangen 1865.

<sup>2)</sup> Pflüger's Archiv. Bd. 23. 1880.

<sup>3)</sup> Handbuch der allgem. Pathologie des Kreislaufs, in: Deutsche Chirurgie. Stuttgart 1883.

<sup>4)</sup> Ueber Anpassungen und Ausgleichungen in pathologischen Zuständen. Zeitschr. für klin. Med. Bd. XV. H. 1 und 2.

<sup>5)</sup> Verhandl. der Leipziger Akademie. Bd. 25.

Lesser, welch' ungeheure Blutdruckschwankungen der Körper überraschend schnell ausgleicht. Sowohl nach grossen Aderlässen, als nach Transfusionen sahen ihn diese Forscher schnell auf seinen früheren Werth zurückkehren. Da nun keineswegs der endgültige Kreislauf sich sehr schnell ausbildet, sondern nicht selten Tage lang der anämische Körpertheil nur mit geringen Blutmengen versorgt wird, so müsste dieser Druck ebenso lange anhalten, was höchst unwahrscheinlich ist.

Nun sieht der Chirurg häufig Fälle, wo diese auf den Verschluss grösserer Arterienstämme besonders zugeschnittene Theorie vollständig versagt. Man erkläre mir, um ein Beispiel unter vielen ausführlicher zu schildern, einmal im folgenden Falle die Entstehung des Collateralkreislaufes durch die mechanische Theorie der collateralen Wallung:

Ich umschnitt eine hochgradig abnorm vergrösserte Brustdrüse einer Frau durch einen Bogenschnitt, der die obere Hälfte der Brust umkreiste und durch Haut und Unterhautzellgewebe bis auf den *Musculus pectoralis major* drang. Ich trennte die Brustdrüse ganz von ihrer Unterlage los und klappte sie in Verbindung mit der Haut vollständig nach unten um. Nachdem ich meinen Zweck erreicht, setzte ich die Drüse wieder an ihren Ort und schloss die Wunde durch die Naht. Nun wird die Brustdrüse ernährt von Aesten der *Arteriae thoracicae*, *intercostales* und von den *Rami perforantes* der *Arteria mammaria interna*. Diese Verbindungen wurden sämmtlich getrennt. Der mechanischen Theorie und dem Versuche an todten Röhren nach, soll die Druckerhöhung in den Nachbarästen besonders stattfinden. Diese gehen aber sämmtlich, besonders da die Haut nach oben hin in grossem Umfange durchtrennt ist, zu den Muskeln der Brust. Die „collaterale Wallung“ würde also allen Theilen der Umgebung, nur nicht dem nothleidenden Körpertheile selbst zu gute kommen. Nichtsdestoweniger starb die umgeklappte Brustdrüse keineswegs ab, und doch muss jeder zugeben, dass ich in diesem Falle eine ganz aussergewöhnlich starke Kreislaufstörung hervorgebracht habe.

Die Arterien der Gliedmaassen laufen im Wesentlichen in der Längsrichtung von oben nach unten. Nun denke man sich grosse Lappenwunden dieser Körpertheile, welche ihre Basis nach unten hin haben. Auch hier muss nothwendigerweise nach jener mechanischen Denkweise das Blut nach den Seiten hin ausweichen, wo gar keine Verbindung mit dem geschädigten Lappen besteht. Man müsste deshalb annehmen, dass Lappenwunden der Gliedmaassen mit unterer Basis leichter zum

Brande führten, als die mit oberer, was die Erfahrung nicht bestätigt.

Ausserdem weise ich noch auf gewisse plastische Operationen hin, bei denen ähnliche Verhältnisse vorliegen, und der Stiel der Lappen und mit ihm die ernährenden Gefässe noch ausserdem gedreht werden und trotz all' dieser Umstände der Körpertheil, dessen Blutkreislauf gestört wird, am Leben bleibt.

Man sieht also, dass jene Theorie wirklich „theoretisch“ im schlimmen Sinne des Wortes ist. Sie passt auf gewisse künstlich geschaffene Fälle, die Praxis des Lebens widerlegt sie, und es ist ein Leichtes, mit demselben Rechte durch andere herausgegriffene Fälle theoretisch zu beweisen, dass die „collaterale Wallung“ ein höchst unzweckmässiger Vorgang sei, da sie in alle möglichen Nachbartheile das Blut treiben müsse, nur nicht in den Körpertheil, der es bedarf.

Und nicht am wenigsten spricht für mich gegen diese Theorie der collateralen Wallung, welche den Collateralkreislauf hervorbringen soll, ein allgemeiner Grund. Viele Naturbeobachter halten es für wissenschaftlich, Vorgänge im Körper möglichst einfach und möglichst grob chemisch und physikalisch zu erklären. Ich halte das für unnatürlich, denn immer lehrt die Erfahrung, dass man sich die Sache wieder viel zu leicht und einfach vorgestellt hatte. Ein lebendiger Körper arbeitet nimmermehr wie eine Wasserleitung oder auch wie ein elastisches Röhrensystem, zumal wir aus unzähligen Beobachtungen wissen, wie sehr die Vertheilung des Blutes Lebensinflüssen gehorcht. Es ist ja möglich und vielleicht wahrscheinlich, dass wir viele derselben noch einmal mechanisch erklären lernen, einstweilen aber sind wir noch himmelweit davon entfernt. (Ich wende mich durchaus nicht gegen mechanische, sondern gegen allzu grob und roh mechanische Auffassungen. Ich habe auch nichts dagegen, wenn man den Ausdruck „Lebensinflüsse“, welchen ich häufig gebrauche, übersetzt mit: vollständig unverstandene mechanische Vorgänge.) Keinem ernsthaften Menschen wird es einfallen, die plötzlich in das Gesicht schiessende Scham- oder Zornröthe, oder das Erblassen nach Schreck u. s. w. mechanisch erklären zu wollen, und die Erklärungen, die man für solche Vorgänge gegeben hat, sind meist viel wunderbarer als

die Thatsache selbst. Ist es nun natürlich gedacht, wenn man dem Körper, bei einigen für ihn verhältnissmässig gleichgültigen Vorgängen, die Fähigkeit einräumen muss, durch offenbare Lebens- einflüsse sein Blut zu lenken, und ihm dann diese Fähigkeit abspricht, wenn es gilt, mit dem Tode bedrohte Theile seines Ganzen zu retten? Ich glaube, etwas mehr teleologisches Denken im guten Sinne des Wortes könnte hier, unbeschadet aller Wissenschaftlichkeit, nur nützen. Indessen möchte ich hier nicht falsch verstanden werden; selbstverständlich halte ich es für durchaus bewiesen, dass die Blutbewegung als Ganzes völlig klaren und sichergestellten physikalischen Gesetzen gehorcht. Aber die Blutvertheilung in den einzelnen Körpertheilen und Geweben hängt ganz vorzugsweise ab von den Widerständen, die das Blut in ihnen findet, und dass einfache Blutdrucksteigerungen noch lange keine Hyperämien machen, beweisen eine grosse Anzahl von Beobachtungen. Diese Widerstandsregulirung aber müssen wir heute noch als vollständig unerklärten Lebensvorgang auffassen.

Diesen mechanischen Anschauungen gegenüber stehen Theorien, welche Lebensinflüssen das Hauptgewicht für das Zustandekommen des Collateralkreislaufes beimessen. Latschenberger und Deahna<sup>1)</sup> machten folgenden Versuch: Sie durchschnitten einem Versuchsthiere auf der einen Seite die Nervi cruralis und ischiadicus und klemmten gleichzeitig die Arteria cruralis derselben Seite unmittelbar unter dem Ligamentum Poupartii ab. Die Arteria cruralis der anderen Seite wurde freigelegt. Auf ein Zeichen wurde gleichzeitig die Arterie der benervten Seite geschlossen und die der gelähmten geöffnet. In einer grösseren Reihe von Versuchen blieb dieser Vorgang ohne Einfluss auf den Blutdruck, weil, nach der Verfasser Ansicht, das Blut durch genügende Collateralen abfloss. In günstigen Fällen dagegen steigt regelmässig bei Schluss der Arterie des benervten und gleichzeitiger Oeffnung der Arterie des gelähmten Beines der Blutdruck, und fällt, wenn das Umgekehrte geschieht. Diesen Thatbestand drücken die Verfasser mit anderen Worten folgendermaassen aus: „In einem Gefässgebiete hat, so lange die Nerven

<sup>1)</sup> Beiträge zur Lehre von der reflectorischen Erregung der Gefässmuskeln. Pflüger's Archiv. Bd. 12. S. 177.

desselben mit den Centren zusammenhängen, Anämie desselben Steigerung des Gesamtblutdruckes, plötzliches Weichen dieser Anämie Senkung des Gesamtblutdruckes zur Folge.“ Mit Recht erklären Latschenberger und Deahna, dass diese Erscheinung keinen mechanischen Grund haben kann. Sie geben vielmehr folgende Erklärung derselben: Gefässverengernde und gefässerweiternde Nerven sollen unter normalen Umständen während den Blutdruck reflectorisch regeln, sinkt nun der Druck in einer Körperprovinz, so soll dieser Vorgang reflectorisch die Verengerungsnerven reizen und umgekehrt. Dass auf diese Weise eine Unterstützung des Collateralkreislaufes in anämischen Bezirken zu Stande käme, liegt auf der Hand.

Gegen diese Erklärung wendet sich Zuntz<sup>1)</sup> auf Grund eines Versuches, der mir nicht beweisend scheint. Immerhin aber ist die Erklärung, welche dieser Forscher für die Versuche von Latschenberger und Deahna giebt, sehr ansprechend. Er nimmt an, dass nicht das Sinken des Druckes in einer bestimmten Körpergegend, sondern die Dyspnoe der mit mangelhafter Blutzufuhr ausgestatteten Theile reflectorisch eine Blutdrucksteigerung hervorbringt. Gleichzeitig weist er darauf hin, dass der Erfolg einer blossen allgemeinen Drucksteigerung für den Blutzufluss in einem anämischen Körpertheil nur gering sein würde, wenn dort nicht gleichzeitig eine Gefässerweiterung stattfände. Zuntz lässt diese Erweiterung reflectorisch durch Nervenreiz in Folge der Dyspnoe der anämischen Gewebe zu Stande kommen und ist der Ansicht, dass wahrscheinlich dieselben Nervenbahnen den Reiz zum Centralorgan leiten, welche bei dem Versuche von Latschenberger und Deahna mitwirken.

Dieser Theorie schloss sich Stefani<sup>2)</sup> an und suchte den Einfluss des Centralnervensystems auf den Collateralkreislauf durch zahlreiche Versuche zu beweisen: Er unterband bei Salamandern und Fröschen in einer Versuchsreihe die Achselarterie gleichzeitig mit Durchschneidung von Nervenstämmen. Die so operirten Gliedmaassen gingen durch Brand zu Grunde. Zerstörte er dagegen nur die Arterie, oder durchschnitt die Nerven allein,

<sup>1)</sup> Beiträge zur Kenntniss der Einwirkungen der Athmung auf den Kreislauf. Pflüger's Archiv. 1878. Bd. 17. S. 404.

<sup>2)</sup> a. a. O.

so blieb das Glied lebendig. Daraus schloss Stefani, dass bei diesen Thieren das Centralnervensystem zum Zustandekommen des Collateralkreislaufes nothwendig sei. Versuche an Taubenflügeln hatten im Allgemeinen denselben Erfolg, aber bei Kaninchen stellte sich der Collateralkreislauf nach Unterbindung der Achselarterie wieder her, gleichgültig, ob Nerven durchschnitten wurden, oder nicht. Bei diesen Thieren konnte also der Einfluss des Centralnervensystems auf den Collateralkreislauf nicht festgestellt werden.

Mir scheint kein einziger dieser vielen Versuche etwas Anderes zu beweisen, als wir aus früheren Erfahrungen bereits wissen, nemlich: dass sensible Lähmungen im höchsten Grade zerstörend auf die betreffenden Gewebstheile wirken können. Dass dies um so mehr der Fall sein muss, je schlechter die zugehörigen Gewebstheile von Blut durchflossen werden, liegt auf der Hand. Aus den geschilderten Versuchen schliessen zu wollen, dass das Centralnervensystem einen wesentlichen Einfluss auf den Collateralkreislauf hat, ist eben so unstatthaft, als der bekannte Schluss, dass der Nervus trigeminus trophische Fasern enthalten müsse, weil nach Durchschneidung oder Ausrottung dieses Nerven Brand der Hornhaut und des Augapfels auftritt. Dass jedenfalls bei höheren Thieren die ausgiebigste Entnervung von Körpertheilen keinen Einfluss auf den Collateralkreislauf hat, sofern man die Thiere nur vor äusserlichen Schädlichkeiten bewahrt, zeigen folgende Versuche:

Versuch 1. Bei einer jungen Ziege schneide ich in Aethernarkose das Lendenmark<sup>1)</sup> aus, und auf beiden Seiten tiefer unten den Nervus ischiadicus ausserdem noch durch. Darauf unterbinde ich links Arteria und Vena femoralis, rechts nur die Arteria femoralis dicht unterhalb des Ligamentum Poupartii. Das Thier wurde sorgfältig auf Stroh gelagert. Am ersten Tage waren die vorher rasirten Hinterbeine kühl und blass. Am folgenden Tage hatten sie bereits normale Farbe und Wärme. Es trat keine Spur von Brand an den Gliedern auf. Die Ziege wurde 7 Tage nach der Operation getödtet.

Versuch 2. Einem Kaninchen schnitt ich in Aethernarkose das Lendenmark aus, und beide Grenzstränge des Sympathicus im Bauche durch. Ferner unterband ich auf der einen Seite die Arteria femoralis. Auch dieses Thier wurde sorgfältig auf Stroh gebettet. Nach 4 Tagen starb das Thier

<sup>1)</sup> Die Zerstörung des Rückenmarks ist von Wichtigkeit, weil die Thiere dadurch verhindert werden, den Gliedern schädliche Bewegungen auszuführen.



an eitriger Meningitis. Am Bein, dessen Arterie unterbunden war, zeigt sich keinerlei Brand.

Versuch 3. Einem Kaninchen schnitt ich in Aethernarkose das Lendenmark aus, unterband die Arteria iliaca communis und die Arteria femoralis derselben Seite, einmal dicht unterhalb des Ligamentum Poupartii und noch zweimal an tiefer gelegenen Stellen, um einen Collateralkreislauf möglichst zu erschweren. Das Thier starb 4 Tage nach der Operation an eitriger Meningitis, ohne dass am operirten Bein etwas von Brand zu bemerken gewesen wäre.

Nun lebten ja alle diese Thiere nur verhältnissmässig kurze Zeit. Aber die Erfahrung der Chirurgen zeigt, dass, wenn überhaupt Brand nach Arterienüberbindung in Folge der Anämie auftritt, dieses sofort nach der Operation stattfindet. Hätte die Ernährung durch den Collateralkreislauf nicht genügt, so hätten sich in den 4—7 Tagen, welche die Thiere noch lebten, längst die Spuren des Brandes gezeigt.

Eben so wenig kann ich die Durchströmungsversuche Stefani's als beweiskräftig anerkennen. Dieselben wurden in folgender Weise vorgenommen: Einem Versuchsthier wurde auf der einen Seite der Nervus ischiadicus durchschnitten. Alsdann wurde die Aorta abdominalis unterbunden und in das periphere Ende eine Röhre eingeführt; beide Venae femorales wurden frei gelegt, durchschnitten und in ihre beiden peripherischen Enden ebenfalls Röhren von gleicher Lichtung eingeführt. Liess Stephani nun in die Aorta physiologische Kochsalzlösung einströmen, so floss in derselben Zeit viel weniger Kochsalzlösung aus der Röhre, welche in die Vene des gelähmten Gliedes eingeführt wurde, beziehungsweise zeigte ein Manometer in der Vene des nicht gelähmten Gliedes einen höheren Druck an. Stefani schloss daraus, dass die Dysynoe der Gewebe auf der nicht gelähmten Seite reflectorisch eine Erweiterung der Gefässe hervorbringe, welche auf der gelähmten Seite fehlen müsse. Gegen diese Erklärung lassen sich sehr gewichtige Gründe anführen. Vor Allem beweist der Versuch 4 und die ihm beigegebene Erklärung, mit welcher Vorsicht man alle solche künstlichen Durchströmungsversuche aufnehmen muss. Wir werden aber überhaupt später sehen, dass aus dieser Arbeit ganz unzweideutig die Haltlosigkeit der Theorie Zuntz's hervorgeht. Dieser Forscher hat sehr richtig erkannt, dass zum Zustandekommen

eines wirksamen Collateralkreislaufes eine Erweiterung der Gefässe, oder sagen wir lieber, was vielleicht richtiger ist, eine grossartige Herabsetzung aller Widerstände für den Blutumlauf in den anämischen Gebieten nothwendig ist, aber mit dem Centralnervensystem hat diese Erweiterung nichts zu thun.

Zum Schluss führe ich in dieser Uebersicht noch eine ältere Theorie an, über welche neuere Untersucher meist, als über unwissenschaftliche Ansichten, mit Geringschätzung hinweggehen, das ist die sogen. Attractionstheorie der Physiologen vom Ende des vorigen und dem Anfang dieses Jahrhunderts, welche für die Blutbewegung und die Ernährung der Gewebe aufgestellt wurde. Ich muss sie etwas genauer entwickeln, weil ich nach vielfachen Versuchen der Ansicht bin, dass diese Theorie doch schliesslich in vieler Beziehung der Wahrheit noch am nächsten gekommen ist. Diese alten Aerzte nahmen an, dass, wie der Name der Theorie sagt, Gewebe die Eigenschaft haben, Blut anzuziehen. Wie und weshalb das geschähe, darüber machte man sich entweder sehr unklare Vorstellungen, oder man verzichtete wie der grosse J. Hunter von vornherein auf eine Erklärung und dachte sich den Vorgang teleologisch: Das Blut geht dahin, wo es nöthig ist. Aehnliche Anschauungen hat in neuerer Zeit Cohnheim vertreten. Ursprünglich kannte die Attractionstheorie nur eine Anziehung des arteriellen Blutes durch die Capillaren, logischerweise aber konnte man dieser allein keinen Einfluss auf die Blutbewegung zuschreiben, und deshalb zog C. W. Stark<sup>1)</sup> die nothwendige Schlussfolgerung, dass die Capillaren des grossen Kreislaufes, in welchen das Blut mit Kohlensäure überladen wird, das arterielle Blut anziehen und das venöse abstossen, die Capillaren des kleinen Kreislaufes dagegen, in welchen das Blut mit Sauerstoff gesättigt wird, sich umgekehrt verhalten.

Diese Theorien hatten einen sehr schwachen Punkt insofern, als sie nicht nur die Ernährung der Gewebe von den genannten Eigenschaften der Capillaren abhängig machten, sondern diesen Eigenschaften einen grossen Einfluss auf die Blutbewegung überhaupt zuschrieben, weil man der Ansicht war, dass die Herzkraft und die Elasticität der Arterien allein nicht genügten, um das Blut durch die Capillargefässe zu treiben.

<sup>1)</sup> Allgemeine Pathologie. II. Bd. Leipzig 1845.

Mit der fortschreitenden Erkenntniss von der Blutbewegung im Grossen wurde diese letztere Anschauung widerlegt, und seit der vernichtenden Kritik, welche A. W. Volkmann in seiner Hämodynamik an diesen Ansichten übte, ist wenig mehr von der Attractionstheorie die Rede gewesen. Mit den Schwächen der Theorie vergass man auch den guten Kern, welcher darin steckte, nemlich die, wie ich zu beweisen gedenke, richtige Ansicht, dass die Gewebe selbst durch ihnen eigenthümliche Lebensvorgänge im Stande sind, ihren Blutzufluss nach Bedarf zu regeln. Erst in neuerer Zeit ist diese Theorie in einer unseren heutigen Anschauungen besser angepassten Form durch Severini wieder aufgenommen worden.

Ehe ich aber auf die Arbeiten dieses Arztes eingehe, muss ich Versuche Mosso's<sup>1)</sup> erwähnen, welche derselbe an der ausgeschnittenen Niere anstellte. Zwar hat Mosso selbst die Schlussfolgerungen für die Ernährung der Gewebe aus seinen Versuchen nicht gezogen, aber sie liessen sich —, vorausgesetzt, dass diese Versuche überhaupt auf den lebenden Körper übertragbar wären — leicht daraus ziehen.

Mosso leitete mit Hülfe eines Druckgefässes durch ausgeschnittene Nieren in der Richtung des normalen Blutstroms verschiedene Arten von defibrinirtem Blut. Durch eine besondere Vorrichtung an seinem Apparate, blieb der Druck, unter dem das Blut in die Niere einströmte, stets gleich. Von den Thatsachen, welche Mosso fand, erwähne ich, als für unsere Arbeit wichtig:

1. Die ausgeschnittene Niere wehrte sich häufig lange gegen den Eintritt des künstlichen arteriellen Blutstroms. Erst nach dem Verfliessen von einigen Minuten bis einer Stunde Zeit setzt sich der Blutstrom in Bewegung. Mosso konnte dies beschleunigen, wenn er die ausgeschnittene Niere in eine 0,5 procentige Kochsalzlösung von 37° C. eintauchte.

2. Nach jeder vorübergehenden Unterbrechung des Blutstroms läuft, wie das frühere Beobachter bereits an anderen Körpertheilen gefunden hatten, bedeutend mehr Blut durch die

<sup>1)</sup> Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig. Neunter Jahrgang. 1874. Leipzig 1875.

Niere, als dem vorher bei dauerndem Durchströmen gefundenen Mittelwerthe entspricht, und zwar fließt der nach einer Unterbrechung wieder eingeleitete Strom ausnahmslos rascher nach einer langen, als nach einer kurzen Dauer derselben. Ferner nimmt die Stromgeschwindigkeit, wie das bereits Quincke<sup>1)</sup> und Pfeiffer für die ausgeschnittene Lunge bewiesen hatten, mit der Zeit ab.

3. Die Stromgeschwindigkeit ist im hohen Maasse abhängig von dem Gasgehalte des durchgeleiteten Blutes. Das Wesentliche aus Mosso's hierher gehörigen Versuchen ist die Thatsache, dass kohlensäurereiches Blut (Erstickungsblut) viel langsamer durch die Niere floss, als arterielles.

4. Dem faserstofffreien Blute zugesetzte Gifte hatten einen sehr wesentlichen Einfluss auf die Strömungsgeschwindigkeit, indem sie dieselbe theils stark herabsetzten, theils erhöhten.

Ähnliche Durchströmungsversuche an ausgeschnittenen Körpertheilen machte Severini, nachdem er schon früher beobachtet hatte, dass Capillarbewegungen unter Einfluss des Gaswechsels stehen. Da ich der italienischen Sprache nicht mächtig bin, so war es mir leider nicht möglich, Severini's beide Arbeiten<sup>2)</sup> über diesen Gegenstand im Original zu lesen. Auch sind dieselben zu umfangreich, als dass ich sie hätte mir übersetzen lassen können. Ich bin deshalb auf das Referat angewiesen, welches Hermann in Hofmann und Schwalbe's Jahresberichten über Anatomie und Physiologie darüber giebt. Da es nun misslich ist, über ein Referat nochmals zu referiren, so will ich lieber Hermann's Referat im Original wiedergeben: „Severini hat 1876 angegeben, dass die von Stricker, Golubew, Tarchanoff beobachteten activen Capillarbewegungen in der Nickhaut des Frosches unter dem Einfluss des Gaswechsels stehen; Sauerstoff verenge die Capillaren durch Anschwellung ihrer spindelförmigen Kerne. Kohlensäure erweitere sie. Diese Angabe hält Verf. gegenüber dem Widerspruche von Roy und Brown, auf Grund seiner Versuche aufrecht; nur

<sup>1)</sup> Archiv für Anatomie und Physiologie. 1871.

<sup>2)</sup> Ricerche sulla innervazione dei vasi sanguigni. Perugia 1878. — La contrattilità dei capillari in relazione ai due gas dello scambio materiale. Perugia 1881.

seien oft im gleichen Präparate manche Capillaren abgestorben, während andere die Erscheinungen zeigen. Der Widerspruch jener Thatsache gegen das Resultat der Durchströmungsversuche von Mosso, dass apnoisches Blut die Gefässe der Niere erweitert, dyspnoisches sie verengt, veranlasste den Verf., ebenfalls Durchströmungsversuche anzustellen; um aber dabei die Gase direct einwirken zu lassen, verwendete er Lungen dazu, die in einer den Thorax darstellenden, mit Eis gekühlten Glocke sich befanden, in dieser konnte behufs Aspiration und Erwärmung des Lungengases sowohl negativer als positiver Druck erzeugt werden; meist wurde das Gas in den Luftwegen alle 10 Minuten erneuert. Die Lungen und das Durchströmungsblut waren von Lämmern. Es ergab sich, dass nach Füllung mit Sauerstoff oder Luft die Stromgeschwindigkeit (gemessen an den Ausflussmengen) rasch abnimmt, ein Minimum erreicht, dann langsam wieder ansteigt, aber nicht bis zur ursprünglichen Grösse; dann mit dem Erscheinen von Säuren in den Luftwegen, sinkt sie wieder langsam, bis auf Null. Nach Füllung mit Kohlensäure dagegen fehlt jene rasche Abnahme, die Geschwindigkeit hält sich lange auf der ersten Höhe und sinkt dann langsam; die Kohlensäure wird dabei stark zum Verschwinden gebracht. Verf. sieht in diesen Resultaten (welche auch dann gültig bleiben, wenn das Gasvolumen der Lungen immer gleich erhalten wird) eine Bestätigung seines früheren Fundes. Um dem Einwand zu begegnen, dass die Geschwindigkeitsabnahme beim Sauerstoff nicht auf Capillarverengerung, sondern auf Gewebsschwellung beruhe, wurden die Volumänderungen des Organs in weiteren Versuchen controlirt, zu welchem Behufe der Raum des künstlichen Thorax statt mit Luft mit Olivenöl gefüllt wurde; an der vor und nach dem Versuche zur Füllung nöthigen Oelmenge (am communicirenden Gefäss abzulesen) konnte man constatiren, dass das Lungenvolumen sich während der Abnahme der Stromgeschwindigkeit durch Sauerstoff nicht im mindesten vermehrt. An längst todten Lungen ist die Geschwindigkeit überhaupt geringer, und bei Füllung mit Sauerstoff zeigen sich nicht jene charakteristischen Erscheinungen. Auch an Hundelungen wiederholte Verf. seine Versuche mit Erfolg.

Bei Mosso's Versuchen war abwechselnd sauerstoff- und

kohlensäurereiches Blut durch die Nieren geleitet worden; als nun Verf. auch in den Lungen beide Gase abwechseln liess, zeigte sich merkwürdigerweise auch hier umgekehrt Beschleunigung durch Sauerstoff und Verlangsamung durch Kohlensäure, um so seltsamer als Verf.'s Versuche an der Nickhaut gerade Alterativversuche waren. Es kann also nicht anders sein, als dass noch ein anderes Moment mitspielt, dass in einer Veränderung des Blutes selbst durch die beiden Gase besteht. Nun haben schon Harro und C. A. Ewald gefunden, dass Kohlensäure die Transpirationsfähigkeit des Blutes verändert, und letzterer hat auf diesen Einfluss in den Versuchen Mosso's hingewiesen. Da nun nach Ewald Serum von diesem Einflusse frei ist, wiederholte Verf. seinen Alternirversuch an den Lungen mit künstlichem Serum, und hier zeigte sich die verlangsamende Wirkung des Sauerstoffes ganz rein; es ist also nach Verf. klar, dass bei den Alternirversuchen mit Blut die scheinbare Umkehr nur durch den anderen Einfluss, welcher sich zuerst geltend macht, bedingt wird, dies bestätigt sich, wenn man abwechselnd zweimal Sauerstoff und zweimal Kohlensäure wirken lässt: Die Kohlensäure macht dann das erste Mal eine noch stärkere Verlangsamung als Sauerstoff, das zweite Mal wirkt sie beschleunigend, beim Sauerstoff ist es umgekehrt.

Auch die Beschleunigung der Strömung nach längeren Unterbrechungen derselben erklärte Verf. aus der Anhäufung von Kohlensäure. In der That zeigt sich dieselbe an der Lunge nicht mehr, wenn während der Pause die Lunge Luft oder Stickstoff respirirte, dagegen stark, wenn sie Kohlensäure respirirte.

Schliesslich macht Verf. auf die Zweckmässigkeit des von ihm behaupteten Gaseinflusses für die Regulirung der Gewebsathmung aufmerksam, und kommt ferner auf die schon früher von ihm geäusserte Ansicht zurück, dass die gefässerweiternden Nerven die Ernährung und den Gaswechsel der Gewebe und dadurch erst die Gefässweite beherrschen.“

Die folgenden Untersuchungen werden zeigen, dass solche Versuche an ausgeschnittenen Körpertheilen für die Verhältnisse des lebendigen Körpers keine Gültigkeit haben. Nachdem ich mich am lebendigen Körper überzeugt hatte, dass selbstthätige

Eigenschaften der Gewebe den Blutzufuss zu bestimmten Körpertheilen im hohen Maasse zu regeln im Stande sind, stellte ich selbst derartige Durchströmungsversuche mit faserstofffreiem Blute in abgeschnittenen Körpertheilen an, ohne von den Versuchen Mosso's und Severini's Kenntniss zu haben, musste aber bald einsehen, dass sie zu ganz anderen und zwar zu ungefähr den genau entgegengesetzten Beobachtungen führen, wie sie der lebendige Körper zeigt, und deshalb für unseren Zweck vollständig werthlos sind: Obwohl ich hier in vieler Beziehung vorzugreifen und auf spätere Versuche zu verweisen habe, muss ich doch bei der Kritik der Theorie Severini's einige Beobachtungen hier bereits anführen.

Versuch 4. Ich wiederholte oftmals folgenden Versuch mit stets gleichem Erfolge. Ich schnitt das Hinterbein eines Schweines mit rein weisser Haut, welche jede Aenderung der Blutfülle und der Blutfarbe für die einfache Betrachtung mit dem Auge sehr empfindlich anzeigt, ab. In die Arterie führte ich unter Vermeidung von Lufteintritt das mit einer Canüle versehene Zuleitungsrohr eines Druckgefässes ein. Dieses leitete unter gleichmässigem Druck, welcher dem normalen Blutdruck in der Arteria femoralis des Schweines schätzungsweise entsprach, faserstofffreies arterielles Schweineblut in das Glied. Sobald der Blutstrom freigegeben wurde, trat eine lebhaft Hyperämie des Beins auf, und aus der Vene kam ein starker Blutstrom. Bald aber nahm die Ausflussgeschwindigkeit, wie in Mosso's und anderer Beobachter Versuchen, ganz bedeutend ab. Schliesslich flossen nur ganz geringe Mengen aus der Vene. Trotzdem blieb das Glied während der ganzen Zeit, wenn nicht künstlich durch Druck und starke Bewegung in den Gelenken das Blut entfernt wurde, hyperämisch, und zwar wurde aus der ursprünglich arteriellen mit der Verminderung des Abflusses naturgemäss eine venöse Hyperämie. Die Haut des Beines sah tiefblau aus. Auch hier brachte jede längere Strompause eine Vermehrung des Abflusses hervor, aber niemals erreichte die Stromgeschwindigkeit auch nur annähernd ihre anfängliche Stärke wieder. Oedem beobachtete ich nicht, da ich meine Versuche nicht über eine Stunde ausdehnte.

Aendere ich den Versuch so ab, wie es in den Versuchen 11 und 18 geschehen ist, dass ich in ein im Uebrigen abgeschnittenes Bein durch die Arterie eines lebenden Schweines normales Blut zu- und durch eine Vene ableite, so fällt der Versuch ganz anders aus. Nach Freigabe des Blutzufusses wird das abgeschnittene Glied hochroth, also arteriell hyperämisch und blasst nach einigen Minuten wieder bis zur normalen Farbe ab, um nach jeder Strompause von 5 oder mehr Minuten Dauer

geneu dieselbe Erscheinung in derselben Stärke wieder zu zeigen (Versuch 11). Niemals tritt eine venöse Hyperämie auf, und die Versuche 27 und 28 zeigen, dass sich Capillaren gegen den Eintritt von im Uebrigen normalem venösem Blute lebhaft wehren. Niemals beobachtete ich eine Verminderung der Stromgeschwindigkeit, wenn ich den Versuch nach kurzer Zeit wiederholte.

Also ist es etwas ganz anderes, ob man normales Blut durch Vermittelung der Herzkraft eines lebendigen Thieres in ein abgeschnittenes Glied treibt, oder ob man todes, defibrinirtes Blut durch Vermittelung eines künstlichen Druckgefässes durchleitet. Eine Erklärung für diese Thatsache geben zunächst die interessanten Versuche Hamel's<sup>1)</sup>, welche er auf Kronecker's Anregung ausführte. Hamel leitete durch das Blutgefässsystem von Fröschen und Kröten mittelst gleichbleibenden Druckes aus einem Gefässe — 1) physiologische Kochsalzlösung. Dabei ergab sich: „dass in den meisten Fällen schon nach 10—15 Minuten während des dauernden Durchflusses der Widerstand in den Gefässen sich steigert, dass zuweilen anfänglich die Gefässe sich erweitern, und dass mit wechselndem Druck die Durchflussgeschwindigkeit sich vermehrt, jedoch keineswegs im geraden Verhältniss. In Ausnahmefällen nur bleibt der Strom unter gleichmässigem Druck während eines mehrstündigen Experimentes nahezu constant.“ 2) Setzte Hamel zur Kochsalzlösung Hunde- oder Kaninchenblut zu und leitete diese Mischung unter gleichbleibendem Druck durch, so ergab sich, „dass Zusatz von Blut zur Kochsalzlösung den Durchfluss schnell mindert oder selbst aufhebt“. Die Versuche mit Durchleitung von Serum übergehe ich, weil sie uns hier nicht interessieren.

In einer anderen Reihe von Versuchen leitete Hamel mittelst eines Apparates unter regelmässig intermittirendem Druck Kochsalzlösung entweder rein, oder mit Hunde- und Kaninchenblut vermischt, durch die Gefässe. Es ergab sich, „dass die rythmisch gespeisten Gefässe bei Weitem mehr Flüssigkeit durchtreten lassen, als die continuirlich durchströmten. Es kann die Stromgeschwindigkeit selbst auf das Vierfache wachsen.“

<sup>1)</sup> Zeitschr. für Biol. Neue Folge 7. Bd. Der ganzen Reihe 25. Bd. 1889.



„Besonders bemerkenswerth ist, dass mit wenigen Ausnahmen, während längerer Reihen von Durchflussperioden die Quanta der austretenden Flüssigkeit nicht abnehmen, sondern zuweilen noch wachsen, wohingegen die eingeschobenen Strömungsversuche unter continuirlichem Druck abnehmende Stromgeschwindigkeit zeigen.“ Diese Versuche zeigen schlagend den Nutzen des Herzpulses für den Kreislauf. Man wird deshalb auch nimmermehr Versuche, bei welchen durch gleichbleibenden Druck Blut durch ausgeschnittene Gewebstheile geleitet wird, für den lebenden Körper gelten lassen.

Aber auch noch andere Mängel stellen sich bei solchen Versuchen heraus. Meine Beobachtungen am Schweinebein zeigen, dass die Capillaren sich mit venösem Blut füllen und dies festhalten, während, wie schon erwähnt, normale Capillaren lebendiges und ganzes Blut nach einer Strompause nur im arteriellen Zustand begierig aufnehmen, sich gegen venöses Blut dagegen wehren. Wahrscheinlich also vergiftet das todte, faserstofffreie Blut die Capillaren und raubt ihnen wichtige Fähigkeiten. Das ist ja nach den Erfahrungen, welche man mit der Transfusion faserstofffreien Blutes gemacht hat, auch verständlich.

Schliesslich muss auch das durchgeleitete Blut annähernd Körperwärme haben. Denn ich beobachtete mehrmals in dem abgeschnittenen Beine des Schweines, sobald ich kaltes Blut durchleitete, eine sogenannte „Gänsehaut“. Dieselbe war so ausgesprochen, dass offenbar sehr lebhafte Contractionen der Arrectores pilorum durch die Kälte des Blutes entstanden. Auch dieser Umstand kann natürlich zur Verlangsamung des Blutstromes wesentlich beitragen. Ich beobachtete die „Gänsehaut“ nicht, wenn ich annähernd körperwarmes Blut zum Durchströmen wählte. Doch ist es ausserordentlich schwer, das Blut bei der Durchleitung auf Körperwärme zu halten.

Alle diese Vorsichtsmaassregeln, die unumgänglich nothwendig für die Beobachtung normaler Strömungsverhältnisse in den Gefässen sind, wurden von Mosso und Severini ausser Acht gelassen. Es ist deshalb auch sehr misslich, aus solchen für die Verhältnisse des lebendigen Körpers gar nicht passenden Versuchen weitgehende Schlüsse zu ziehen.

Ausserdem aber ist gegen Severini's Versuch der Einwand

zu machen, dass er sich für die Theorie der Gewebsernährung das allerunglücklichste Organ wählte, welches er finden konnte. Denn die Capillaren der Lunge sind im Wesentlichen gar nicht Ernährungscapillaren, sondern haben vor allen Dingen die Aufgabe, einen Auswurfstoff, die Kohlensäure, aus dem Blute zu entfernen und Sauerstoff aufzunehmen. Nun ist es gar nicht nothwendig und nicht einmal wahrscheinlich, dass Capillaren der verschiedenen Körpertheile, welche ganz verschiedene Aufgaben haben, nach einem Schema arbeiten; dass die Capillaren des Darmes, welche die Aufgabe haben, Nahrungsstoffe aufzunehmen, sich so verhalten, wie die der Lunge, welche Kohlensäure abgeben und Sauerstoff aufnehmen, wie die der Niere, welche Harnstoff ausscheiden, oder die solcher äusserer Körpertheile, welche im Gegensatz zu denen der Lunge unter anderem Sauerstoff abzugeben und Kohlensäure aufzunehmen haben. In der That werde ich in dieser Abhandlung noch den Beweis führen, dass in dieser Beziehung sich die Capillaren, oder vielleicht besser gesagt — die Gewebe des Darmes ganz anders verhalten, als die äusserer Körpertheile. Im zweiten Theile der Arbeit werde ich noch genauer hierauf zurückkommen und noch sonstige wichtige Unterschiede in dem Verhalten verschiedener Gefässgebiete schildern.

Diese Uebersicht zeigt, dass, besonders wenn wir die Attractionstheorie noch zu Hülfe nehmen, an Theorien über die Entstehung des Collateralkreislaufes kein Mangel ist; es sind ungefähr alle Möglichkeiten, die sich denken lassen, in Betracht gezogen. Und ferner zeigt sie, dass diese Theorien überall im unerfreulichen Gegensatz zu einander stehen. Jede führt That-sachen für sich in's Feld, aber alle sind sie nicht beweisend. Ich glaube auch, dass wir auf diesem Gebiete weder mit Durchströmungsversuchen von Geweben, noch mit Blutdruckmessungen, noch mit Nervenzerstörungen und Nervenreizungen weiter kommen und die zahlreichen Widersprüche lösen werden. Dann erst werden wir zu feststehenden Thatsachen über die Natur des Collateralkreislaufes kommen, wenn wir durch unzweideutige Beobachtungen am lebenden Körper klipp und klar beweisen können, dass ein oder mehrere, ganz bestimmte Vor-

gänge den Blutzufluss zu anämischen Theilen hervorrufen. Ferner müssen wir beweisen können, dass da, wo diese Voraussetzungen vorhanden sind, unter den verhältnissmässig ungünstigsten Bedingungen die Ernährung des anämischen Theiles wieder eintritt, da, wo diese Voraussetzungen fehlen, derselbe, trotz verhältnissmässig günstiger Bedingungen, unweigerlich dem Tode verfällt. Diese Beweise glaube ich liefern zu können.

### Versuche an äusseren Körpertheilen.

Von grundlegender Bedeutung für den Nachweis, ob Lebensinflüsse bei dem Zustandekommen des Collateralkreislaufes mitwirken, schien mir die Beantwortung der Frage: Macht eine irgendwie erzeugte Anämie, vorausgesetzt, dass die Gefässbahnen zu dem anämischen Gebiet erhalten sind, unter allen Umständen eine Hyperämie, wenn die verschlossenen Gefässbahnen wieder für Blut durchgängig werden? Ist dies der Fall, so besteht kaum ein Zweifel, dass anämisches Gewebe Blut anlockt. Völlig ausgeschlossen ist der Zweifel, wenn wir nachweisen können, dass sich das vorübergehend anämische Gewebe selbst durch spärliche, an Zahl und Weite bedeutend unter der Norm stehende Gefässe arterielles Blut im Ueberfluss zu verschaffen vermag.

Nun lässt sich aus einer grossen Anzahl von Beispielen zeigen, dass der Anämie Hyperämie zu folgen pflegt, aber diese Erscheinungen lassen eine doppelte Erklärung zu. Mache ich z. B. durch Fingerdruck eine Hautstelle anämisch, so kann man eben so gut sagen: die nachfolgende Hyperämie ist die Folge der Drucklähmung der vasomotorischen Nerven, als: sie ist eine Folge der Anämie. Wenn Frost das Blut aus den Fingern getrieben hat, und diese nachher, erwärmt, feurig roth werden, so sagt man, dem Krampf der Gefässe in Folge des Frostes folgt als Rückschlag die Lähmung u. s. w. Wollen wir zum Ziele gelangen, so müssen wir nachweisen, dass die reine vorübergehende Anämie mit Nothwendigkeit Hyperämie zur Folge hat. Vor mehr als 30 Jahren machte Marey<sup>1)</sup> folgende Beobachtung: Er brachte in einen luftdicht geschlossenen Behälter Hand und Vorderarm. Durch künstlich gesteigerten Luftdruck vertrieb er

<sup>1)</sup> Trav. lab. t. II. — La circulation du sang. Paris 1881.

alles Blut aus den Adern, so dass der Arm leichenblass wurde. Entfernte Marey jetzt den Arm aus den Behälter, so trat eine sehr starke Hyperämie auf. Er erklärte diese Beobachtung aus der Thatsache, dass Verengung der Gefässe eine Erweiterung — und umgekehrt — zu folgen pflegt.

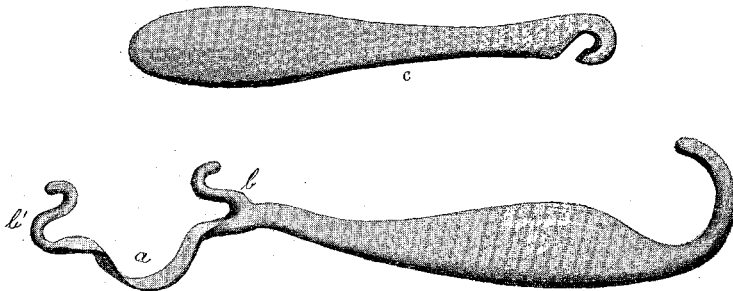
Was Marey in seinem Versuche beobachtete, haben die heutigen Chirurgen alle unzählige Male gesehen, seitdem die v. Esmarch'sche Blutleere ein unentbehrliches Hülfsmittel bei Operationen geworden ist. Bekanntlich folgt der Anämie nach Lösung des Schnürgurtes eine so gewaltige Hyperämie, wie wir sie nur ganz ausnahmsweise bei anderen Gelegenheiten am Körper wahrnehmen. Die Hyperämie tritt bereits sehr deutlich ein, wenn der Schnürgurt 1—2 Minuten gesessen hat und erreicht, wenigstens für die Betrachtung mit dem Auge, ihren Höhepunkt nach etwa 5 Minuten lang dauernder Absperrung des Blutes<sup>1)</sup>.

Im Jahre 1878 theilte Lister diese Beobachtung der Academie de médecine in folgendem Versuche mit: Er hob einige Minuten den Arm eines Menschen senkrecht in die Höhe und legte in erhobener Stellung an demselben v. Esmarch'sche Blutleere an. Nach einigen Minuten wurde die Absperrung aufgehoben, und, trotz erhobener Stellung des Armes, trat eine lebhafte Röthung auf. Nach Lister's Meinung bildet das Blutbedürfniss des anämischen Armes einen „Stimulus“ für das vasomotorische System, welcher die Hyperämie zur Folge hat. Diese Erklärung hat keine Freunde gefunden. Marey weist sie zu Gunsten seiner oben erwähnten Ansicht zurück, und in sämtlichen mir zugänglichen chirurgischen Lehrbüchern steht, soweit sie sich überhaupt auf eine Erklärung dieses Vorganges einlassen, das Märchen zu lesen, dass der Druck der Schnürbinde oder des Schnürschlauches auf die Nerven eine Lähmung der Vasomotoren hervorbringt. Unterstützt zu werden scheint diese Ansicht durch die Beobachtung, dass nach lange dauernder Anwendung der Blutleere oder durch zu starke Einschnürung mit dem Constrictor zuweilen eine motorische und sogar sensible Lähmung der Nerven auftritt. Dass diese Ansicht falsch ist, lässt sich leicht beweisen:

<sup>1)</sup> In Wirklichkeit steigert sich die Hyperämie noch weiter bei länger dauernder Abschnürung.

(Bevor ich meine Versuche schildere, bemerke ich Folgendes: 1) Sämmtliche Thierversuche wurden in Aethernarkose ausgeführt. 2) Wir werden sehr häufig die v. Esmarch'sche Blutleere bei Thieren anzuwenden haben. Legt man an den nach unten hin sich stark verjüngenden Gliedern der Thiere den abschnürenden Schlauch an, so rutscht derselbe natürlich schnell nach unten. Deshalb muss man an der Stelle, wo der Schlauch liegen soll, erst zwei lange Stablnadeln durch Haut und Muskeln der Glieder stecken, ohne dass man grössere Gefässe oder Nerven verletzt. Die Nadeln müssen auf beiden Seiten stark hervorragen. Damit die Spitzen nicht lästig fallen, werden sie mit je einem kleinen Kork versehen. Oberhalb der Nadeln wird jetzt der Gummischlauch angelegt, welche ihn am Abgleiten hindern. 3) Bei den Versuchen sind wir meist darauf angewiesen, die Blutfülle aus der Farbe der Haut zu erkennen. Dazu eignen sich am besten Menschen und rein weisse Schweine mit ihrer weissen und wenig behaarten Haut. Kaninchen, Schafe, Ziegen sind wegen ihrer rosafarbenen oder bläulichen Haut und wegen der dichten Behaarung, die sich ohne Schädigung und Reizung der Haut nicht fortschaffen lässt, unbrauchbar. Von den Hunden eignen sich auch nur sehr kurzhaarige Individuen mit ganz weissen Beinen zu den Versuchen. Es sind deshalb, wo es anging, Menschen und, wo dies nicht möglich war, weil man ihnen geschadet hätte, Schweine und die wenigen brauchbaren Hunde, welche ich bekommen konnte, zum Versuch gewählt.)

Versuch 5. Bei einem jungen Menschen, dessen Oberarm wegen Sarcoms im Schultergelenke exarticulirt werden soll, lege ich in der Mitte des Oberarms die Arteria und die beiden begleitenden Venae brachiales frei und präparire sie weit und möglichst rein aus ihrer Scheide. Unter die Gefässe schiebe ich vorsichtig den hier abgebildeten Ausschalter. Die Höhlung a



dient zur Aufnahme der Gefässe und schützt sie vor Druck und Zerrung, die Haken b und b' zum Anlegen eines Gummischlauchs. Der eine dieser Haken (b) trägt einen kräftigen Handgriff, in den zweiten Haken (b') lässt sich nach Unterschieben des Instrumentes ein zweiter Handgriff c einsetzen. Jetzt lege ich von Haken zu Haken rund um den Oberarm herum einen

kräftigen Gummischlauch mit so gewaltiger Kraft und in so vielen Gängen, wie man das bei einem Gliede, das erhalten werden soll, nie wagen darf. Sämmtliche Gewebe des Arms, mit Ausnahme der Gefässe, sind also sehr stark zusammengeschnürt. Die letzteren liegen geschützt in der Höhlung des Ausschalters und können ungehindert dem Arme unterhalb der Abschnürung Blut zu- und abführen. Ich beobachte den Arm 5 Minuten lang, während der Schlauch liegt, ohne dass Hyperämie eintritt. Jetzt mache ich durch einen zweiten Gummischlauch die Hand desselben Arms blutleer und lasse den Schlauch 2 Minuten liegen. Nach seiner Lösung tritt eine starke, scharf abgeschnittene Hyperämie der Hand auf. Auch nach Entfernung des Ausschalters zeigt sich, ausser da, wo der abschnürende Schlauch seine Furche zurückgelassen hat, am übrigen Arm keine Hyperämie.

Die Ausführung des Versuches erheischt mehrere Vorsichtsmaassregeln. Der Ausschalter muss aus sehr starkem und hartem Stahl sein, sonst zieht der Gummischlauch die Höhlung gerade. Ferner muss er breit sein, sonst kippt er beim Anlegen des Schlauchs um. Die Handgriffe müssen von zuverlässigen Assistenten mit grosser Kraft gehalten werden, weil ein in der geschilderten Weise mit übermässiger Dehnung angelegter Gummischlauch eine grosse Gewalt ausübt, das Instrument verzieht, Abklemmung der Venen und venöse Hyperämie hervorruft. Aus demselben Grunde muss der Ausschalter vorsichtig untergeschoben werden, um Schädigungen der Venen zu vermeiden. Die Gefässe müssen recht weit freipräparirt werden und, wo sie oberhalb oder unterhalb des Schnürschlauchs durch zusammengequetschte Muskeln gedrückt werden, müssen die Weichtheile mit Haken auseinandergezogen werden. Ehe ich diese Vorsichtsmaassregeln alle anwandte, sind mir mehrere Versuche am Thiere missglückt, weil venöse Hyperämie auftrat, durch Behinderung des Rückflusses. Auch am Thiere habe ich diesen Versuch später mit Erfolg wiederholt.

Gleich im Anschluss an diesen Versuch will ich für die Chirurgen unter den Lesern eine praktische Bemerkung machen. Es sind noch in neuerer Zeit Versuche gemacht, die lästige sogen. reactive Hyperämie, welche nach Operationen unter künstlicher Blutleere auftritt, dadurch geringer zu machen, dass man einen anderen, weniger kräftig drückenden Stoff als Gummi zum Abschnüren benutzte. Angeblich ist danach die reactive Hyperämie und die durch sie verursachte Nachblutung geringer geworden. Dies ist ein Beobachtungsfehler. Denn der Druck an der Schnürstelle spielt gar keine Rolle bei der Entstehung der Hyperämie, das geht aus den folgenden Versuchen noch deutlicher hervor, und wer eine wirksame und länger dauernde Anämie haben will, der muss auch mit der nachfolgenden Hyperämie rechnen, mag er es anfangen, wie er will.

Hat nun dieser Versuch 5 ganz unzweideutig bewiesen, dass die Hyperämie nach künstlicher Blutleere mit dem Drucke auf die Nerven nichts zu thun hat, so muss auch regelmässig nach vorübergehendem Verschluss von grösseren Hauptarterien durch Instrumente oder Fingerdruck Hyperämie auftreten.

Versuch 6. Einem Schweine verschliesse ich 5 Minuten lang die eine Arteria iliaca communis mit einer Schieberpincette. Nach Entfernung des Instrumentes tritt Hyperämie im gleichnamigen Beine auf.

Versuch 7. Bei dem bekannten Stenson'schen Versuche (vorübergehender Verschluss der Aorta abdominalis) entsteht in wenigen Minuten eine Lähmung der hinteren Gliedmaassen des Versuchstieres, und nach Freigabe der Aorta eine ausserordentlich starke Hyperämie nach abwärts von der Verschlussstelle.

Die Erklärung für diese Beobachtung lautet: Durch die Anämie des Lendenmarks, welche von dem Verschluss der Aorta abhängt, entsteht eine Lähmung sämtlicher, die hinteren Gliedmaassen versorgenden Nerven, auch der vasomotorischen. Zweifellos ist diese Erklärung richtig für die motorische und die sensible Lähmung, denn eine v. Esmarch'sche Blutleere kann, richtig angelegt, obwohl sie die vollständigste Anämie schafft, in der Regel Stunden lang liegen, ohne dass motorische oder sensible Nerven gelähmt werden. Aber die Entstehung der Hyperämie ist falsch erklärt, so verlockend und naheliegend die vasomotorische Lähmung auch erscheint, da im Lendenmark ein vasomotorisches Centrum für die hinteren Gliedmaassen liegt. Das beweist folgende Abänderung des Versuches:

Ich klemme bei einem Schweine von einem Bauchschnitt aus die Aorta abdominalis etwas unterhalb der Nierenarterien ab. Nach 5 Minuten entferne ich das abklemmende Instrument. Die Hyperämie tritt in der stärksten Form auf. Nachdem ich mich so von dem Gelingen des Versuches überzeugt hatte, warte ich das Erblassen der Gliedmaassen ab, schliesse vorläufig die Bauchwunde und exstirpire vom Rücken aus das ganze Lenden- und einen Theil des Dorsalmarks, bis hoch über die Abklemmungsstelle der Aorta hinaus. Auf die Farbe der Beine ist dieser Eingriff ohne jeden Einfluss. Die Bauchwunde wird wieder eröffnet, und die Aorta an der früheren Stelle mit einer Schieberpincette gefasst. Nach 5 Minuten gebe ich den Blutkreislauf frei und die Hyperämie tritt in der früheren Stärke auf.

Versuch 8. Ich exstirpire einem Schweine in derselben Ausdehnung, wie beim vorigen Versuch, Lenden- und Dorsalmark und durchschneide ausserdem noch oberhalb der Abklemmungsstelle die beiden Grenzstränge

des Sympathicus. Eine 5 Minuten lang dauernde Abklemmung der Aorta hat eine starke Hyperämie zur Folge. Also auch hier ist die Hyperämie eben so wenig abhängig vom Rückenmark oder vom Sympathicus, wie sie es im ersten Versuch vom Druck auf die Nerven war, sondern lediglich eine Folge der vorausgehenden Anämie.

Bei der Anstellung dieser Versuche 7 und 8 darf man sich nicht zu falschen Schlüssen verleiten lassen, wenn einmal keine Hyperämie eintritt. Dies Ereigniss begegnete mir bei meinem ersten Versuche. Als ich aber die Arterien untersuchte, fand ich, dass dieselben pulslos waren, und das benutzte Schwein starb bald darauf. Die oben geschilderte Anordnung des Versuches ist eben ein gewaltiger Eingriff, besonders die Exstirpation des Rückenmarks. Diese Operation muss möglichst schnell und mit nicht zu starkem Blutverlust (sie ist recht blutig) ausgeführt werden. Zu dem Zweck schneidet man in der ganzen beabsichtigten Ausdehnung in einem Zuge bis auf die Dornfortsätze der Wirbel durch und schabt mit einem Schabeisen die Weichtheile rechts und links von den Bögen der Wirbel ab; wo es nöthig ist, hilft man mit dem Messer nach. Die Wirbelbögen werden mit einer Knochenzange schnell abgebissen, und das freiliegende Rückenmark wird mit der Scheere ausgeschnitten. Die starke, vorwiegend venöse Blutung stillt man dadurch, dass man Verbandmull in die Höhle stopft und die Haut mit einigen Nähten darüber vereinigt. Dann ist in wenigen Minuten die Operation ausgeführt; die Schwächung der Herzkraft tritt nicht ein, und der Versuch gelingt leicht.

Versuch 9. Bei zwei Menschen, bei welchen ich wegen Geschwülsten die Leistengegend ausräumte, und dabei die Arteria femoralis freilegen musste, drückte ich je 3 Minuten diese Ader fest mit den Fingern zusammen. Als ich den Druck entfernte, entstand vom Knie abwärts eine Hyperämie, wie man sie nach künstlicher Blutleere nicht deutlicher sehen kann.

Versuch 10. Im folgenden Falle schien der Versuch zu versagen: Bei einem Menschen, welchem wegen Sarcoms der eine Arm exarticulirt werden sollte, wurde die Arteria subclavia oberhalb des Schlüsselbeins freigelegt, um sie zur Verhütung von Blutverlust zu unterbinden. Vor der Unterbindung verschloss ich die Arterie 5 Minuten lang durch eine Schieberpincette. Nach Entfernung des Instruments trat keine Hyperämie auf. Gestützt auf meine früheren Erfahrungen erklärte ich, dass die Unterbindung in diesem Falle nicht viel nützen würde, weil offenbar ein stark ausgebildeter Collateralkreislauf vorhanden sein müsste, welcher den Arm trotz Verschlusses der Hauptarterie reichlich mit Blut speiste. Die Fortsetzung der Operation zeigte, wie sehr ich Recht hatte. Es blutete trotz der Unterbindung der Arteria subclavia ganz gewaltig, und zahlreiche mittelstarke Arterien spritzten, wie ich das in gleichen Fällen früher noch nie gesehen hatte.

Sehr deutlich spricht folgende Beobachtung:

Versuch 11. Von der Achselfalte ausgehend, schneide ich bei einem Schwein, indem ich jedes blutende Gefäss gleich unterbinde, nach einander



sämmtliche Weichtheile des Vorderbeins bis auf die Arteria und Venae axillares durch. Diese Gefässe werden sorgfältig von ihrer Scheide gesäubert. Zum Schluss kneife ich noch den Knochen dicht unterhalb des Schultergelenks mit einer Rippenscheere durch. Das Bein hängt also jetzt lediglich noch an Arterie und Vene. Ich halte das Bein so, dass die Adern weder abgeklemmt, noch gezerrt werden. Nun verschliesse ich die Arterie 5 Minuten lang durch eine Schieberpincette. Nach Lösung des Instrumentes tritt die Hyperämie in genau derselben Stärke auf, als hätte man v. Esmarch'sche Blutleere angelegt. Ebenso schnell, wie das nach letzterem Verfahren der Fall zu sein pflegt, erblasst das Glied auch wieder, nachdem es genügend Blut durch die wieder offene Arterie empfangen hat. Der Versuch lässt sich oftmals nach einander an demselben Gliede mit genau gleichem Erfolge wiederholen.

Nach dem Ausfalle dieser Versuche musste mit logischer Nothwendigkeit auch die einfache, durch die unverletzte Haut hindurch ausgeübte Fingercompression grosser Arterien, wie sie vor Erfindung des v. Esmarch'schen Verfahrens früher sehr häufig und in Nothfällen auch heute noch ausgeübt wird, Hyperämie hervorrufen, sobald der drückende Finger entfernt wird: Um so auffallender war es mir, dass ich nie etwas darüber gehört oder gelesen hatte, dass man in Wirklichkeit bei diesem so häufig geübten Handgriffe etwas von reactiven Hyperämie beobachtet hätte, und doch tritt diese in gar nicht zu verkennender Weise auf:

Versuch 12. Bei einer grossen Anzahl von Menschen drücke ich die eine Arteria brachialis 2—5 Minuten stark gegen den Oberarmknochen an. Die blasser Farbe der Haut zeigt, dass der Verschluss der Arterie vollständig ist. Entferne ich den drückenden Finger, so tritt in der gleichnamigen Hand eine sehr lebhaft, am Vorderarm immer noch sehr deutliche, aber nach oben hin stufenweise abnehmende Hyperämie ein. Der Versuch ist am deutlichsten, wenn man beide Arme während desselben senkrecht emporheben lässt.

Versuch 13. Derselbe Versuch bei einer Reihe magerer Menschen an einer Arteria femoralis ausgeführt, ergiebt den gleichen Erfolg.

Der Umstand, dass diese nach Fingerdruck auftretende, so ausserordentlich deutliche Hyperämie von älteren Chirurgen anscheinend nicht beobachtet, oder sicherlich wenigstens bei den Operationen nicht störend empfunden ist, bedarf einer Erklärung. Zunächst liegt dies wohl darin, dass nur in den entferntesten Körperteilen die Hyperämie in der Stärke auftritt, wie bei der

v. Esmarch'schen Blutleere. Denn zahlreiche, oberhalb des Verschlusses der Arterie entspringende Gefässe sorgen dafür, dass die zunächst unter der Druckstelle liegenden Körpertheile noch genügend Blut empfangen. Ferner hat man diese vorläufige Blutstillungsmethode meist angewandt bei Amputationen, und der Gliedabschnitt welcher am stärksten hyperämisch werden sollte, wurde vorher abgeschnitten, und schliesslich liess man erst in dem Augenblicke, wo grössere Arterien durchschnitten wurden, comprimiren.

Obwohl diese nach Fingerdruck auftretende Hyperämie im besten Einklange steht mit dem Ergebniss der vorhergehenden Versuche, so wäre es immerhin möglich, dass bei diesem Vorgang doch Nerven mit im Spiele wären, dass bei der Compression der Arteria femoralis der Nervus cruralis, und bei der Compression der Arteria brachialis die Nervi ulnaris und medianus mitgedrückt worden seien, und dadurch die Hyperämie beeinflusst wurde. Wenn nun auch gegen diese Mitbetheiligung der Nerven Versuch 11 sehr deutlich spricht, so musste doch diese mögliche Fehlerquelle auch noch anderweitig als nicht vorhanden nachgewiesen werden:

Versuch 14. Bei Gelegenheit einer Operation in der Leistengegend musste ich den Nervus cruralis freilegen. Ich comprimirte ihn 5 Minuten lang mit derselben Stärke, mit welcher man eine Arterie zudrückt. Es entstand keine Hyperämie.

Versuch 15. Einen Nervus ischiadicus, an welchem ich wegen einer hartnäckigen Ischias scoliotica die blutige Dehnung ausführen wollte, drückte ich 5 Minuten lang zwischen Daumen und Zeigefinger. Es trat keine Hyperämie auf.

Versuch 16. Bei zahlreichen Menschen drückte ich mit der Stärke, mit welcher man starke Arterien zu comprimiren pflegt, durch die Haut hindurch die Nervi cruralis, ischiadicus, ulnaris und radialis. Ich erzeugte wohl Parästhesien, aber keine Hyperämie.

Ueberhaupt will ich hier Folgendes feststellen: Trotz der Beobachtung Goltz's, dass mechanische, chemische und elektrische Reizung der Gliedmaassennerven, sowie Zerquetschung des Rückenmarks Hyperämie der Glieder hervorruft (kenntlich an der Erwärmung), habe ich nach Eingriffen, wie ich sie bei meinen Versuchen nöthig hatte, niemals eine an der Farbe der Haut kenntliche Hyperämie beobachtet. Weil auch diese Fehlerquelle ausgeschlossen werden musste, machte ich folgende Versuche:

Versuch 17. Mehreren Schweinen wird der Nervus ischiadicus durchschnitten. Einem derselben wird alsdann das Lenden- und ein Theil des Dorsalmarks ausgeschnitten. Schliesslich durchschneide ich noch die Grenzstränge des Bauchsympathicus. Bei einem anderen Schweine werden die Nervi ischiadicus, cruralis und ein feiner, in der Tiefe aus dem Becken austretender Nervenstamm, welchen ich für den Nervus obturatorius halten muss, mit der Thiersch'schen Nervenzange nach beiden Seiten hin ausgerissen. Bei keinem dieser Versuche trat eine an der Farbe der Haut kenntliche Hyperämie der Beine ein.

Trotzdem bliebe für den Zweifler noch ein Einwurf bestehen. Man könnte sagen, es wäre doch immerhin möglich, dass mit den grossen Arterien, obwohl sie rein aus ihrer Scheide präparirt sind, noch feine, in die Wand eingelagerte Nervenäste vom Centralnervensystem bis zu den feinsten Gefässverzweigungen hinziehen, und die Blutvertheilung in diesen beherrschen. Es konnten dann trotzdem alle die in den Versuchen geschilderten Eingriffe eine unter der Herrschaft des Centralnervensystems stehende Aenderung der Blutfülle herbeigeführt haben. Das ist ja sehr unwahrscheinlich und widerspricht allen unseren Erfahrungen. Ferner sprechen dagegen die noch zu erwähnenden Versuche 22 und 23. Immerhin aber ist es zweckmässig, wenn man solche Einwürfe nicht ohne Weiteres als unzulässig zurückweist, und ich will auch hier einen unzweideutigen Versuch sprechen lassen:

Versuch 18. Ich mache dieselbe Voroperation wie im Versuch 11 am Hinterbein eines Schweines. Das Bein ist danach mit dem übrigen Körper nur noch durch Arteria und Vena femoralis in Verbindung. Die Arterie wird oberhalb der Amputationsstelle mit einer Schieberpincette verschlossen. Nun durchschneide ich auch noch die Arterie, so dass das Hinterbein nur noch durch die Vene mit dem übrigen Körper in Verbindung bleibt. Die beiden Arterienstümpfe verbinde ich jetzt durch eine möglichst weite Marey'sche<sup>1)</sup> Canule à ampoule (eine in ihrer Mitte bauchig erweiterte Glasröhre; sie hat den Zweck, die Blutgerinnung zu verhüten). Ich führe die Canüle unter Vermeidung von Lufttritt in die Gefässlichtungen ein. Jetzt löse ich die Schieberpincette, nachdem sie im Ganzen etwa 20 Minuten gelegen. Das Blut strömt durch die Canüle in den Arterienstumpf des abgeschnittenen Beins hinein, und sehr bald zeigt dieses eine Hyperämie, welche genau der reactiven Hyperämie nach v. Esmarch'scher Blutleere entspricht, und auch wie diese nach einiger Zeit, nachdem das Glied genügend mit frischem Blut gespeist ist, wieder verschwindet.

<sup>1)</sup> La circulation du sang. p. 181. (Dasselbst Abbildung.)

Die Vene habe ich in diesem Falle nicht mitdurchschnitten und ihre Stümpfe wieder durch ein Glasrohr verbunden, um die Gerinnung des Blutes in der Röhre zu verhindern, was mir bei einem früheren Versuche passirte. Ich glaube aber auch so jeden Zweifel ausgeschlossen zu haben, dass die sogenannte reactive Hyperämie nach vorübergehender Blutleere durchaus unabhängig vom Centralnervensystem ist. Denn es wird niemand im Ernst glauben, dass in der Wand der aus ihrer Scheide präparirten Vene rückläufig Nerven zu den kleinen Arterien und Capillaren gehen und diese beeinflussen.

Vor diesem Versuche hatte ich in 2 Fällen Arterie und Vene durchschnitten und die Stümpfe beider durch einfache Glasröhren verbunden. Es trat dabei sofort Gerinnung im Venenrohr ein, und demzufolge Stauungshyperämie. Es gelang mir auch nicht, das Blut des Schweines gerinnungsunfähig zu machen. Ich versuchte Extract von Blutegelköpfen nach der von Landois<sup>1)</sup> für das Kaninchen gegebenen Vorschrift ohne Erfolg. Ebenso Hemialbumose und Peptonum siccum (Henninger). Auch hier gerann das Blut, obwohl das letztere Mittel beim Hunde eingespritzt leicht die Gerinnung verhinderte. Ferner zeigten diese beiden Mittel den Uebelstand, dass sie die Herzkraft und den Blutdruck des Schweines so stark herabsetzten, dass aus durchschnittenen grösseren Arterien das Blut nicht im zusammenhängenden Strahle, sondern nur schwach und stossweise mit jedem Pulsschlage herausgespritzte. Zudem weiss ich nicht einmal, ob diese Mittel nicht die Eigenschaften der Capillaren ändern, in dem Sinne, wie das auf S. 272 für das faserstofffreie tote Blut beschrieben ist.

Nach alledem besteht also kein Zweifel, dass anämisch gewesene Gewebe mit grosser Kraft arterielles Blut anlocken. Mit welcher Gewalt das letztere nach Lösung einer v. Esmarch'schen Blutleere in ein anämisches Bein hineinschiesst, beweist folgender Versuch:

Versuch 19. Man lege 5 Minuten lang am Oberschenkel einer beliebigen Person künstliche Blutleere an. Gleich nach der Entfernung des Schnürgurtes setze man auf die Arteria femoralis, oberhalb des anämischen Gebietes, lose ein Stethoskop auf. Dann hört man mit mächtigem (Arterien-)diastolischem Rauschen und Brausen das Blut durch die Arterie hindurch in das anämische Bein stürzen. Bei einem normalen Menschen pflegt dieses der Herzsystole entsprechende arteriendiastolische Geräusch während 15 bis 50 Pulsen hörbar zu bleiben. Das Geräusch ist ungleich viel stärker, als man es in den erweiterten Arterien eines Gefässkropfes z. B. hört und ist zu vergleichen den Geräuschen, welche man in Aneurysmen wahrnimmt.

<sup>1)</sup> Ueber die Anwendung der Transfusion des Blutes beim Menschen. Verhandl. des XI. Congresses für innere Medicin. Wiesbaden 1892. S. 172.

Bisher haben wir bei allen Versuchen die ganze verschlossene Gefässbahn oder wenigstens die Hauptarterie nach einem vorübergehenden Verschlusse wieder freigegeben. Ich werde aber zeigen, dass anämisch gewesenes Gewebe selbst durch sehr spärliche arterielle Verbindungen sich ein Uebermaass von arteriellem Blute zu verschaffen vermag, was durch die auftretende hochrothe Färbung der betreffenden Körpertheile bewiesen wird.

Versuch 20. Bei einem zu derartigen Versuchen brauchbaren Hunde unterbinde ich die Arteria femoralis dicht unterhalb des Ligamentum Poupartii. Jetzt lege ich 5 Minuten lang künstliche Blutleere an. Es entsteht zwar langsam, aber sehr deutlich eine arterielle Hyperämie.

Der Versuch beweist eigentlich mehr, dass das Bein dieses Hundes (es ist mir zweifelhaft, ob der Versuch bei allen Hunden gelingen wird) mit zahlreichen und vortrefflich arbeitenden Collateralbahnen versehen war; für unseren besonderen Zweck beweist er dagegen lange nicht so viel, als die folgenden Beobachtungen. Ich habe aber den Versuch doch hier angeführt, weil er Schlüsse widerlegt, welche von früheren Beobachtern über die Einwirkung von Nervendurchschneidungen an Gliedern von Versuchsthieren, welchen die Arteria femoralis vorher unterbunden war, gezogen sind.

Versuch 21. Bei einem 68 Jahre alten Manne, welcher an Altersbrand mehrerer Zehen des linken Fusses leidet, am rechten Bein wegen desselben Leidens bereits amputirt ist, und eine so starke Arteriosklerose hat, dass man die Arteria femoralis als steinharten Strang fühlt, lege ich am linken Oberschenkel 5 Minuten lang künstliche Blutleere an. Trotzdem der Mann an der Haut des Knies, der Hacke und einzelner Theile des Unterschenkels die Spuren bedeutender Kreislaufstörungen zeigt, tritt eine recht lebhafte Hyperämie bis zu den brandigen Zehen hin ein.

Versuch 22. Bei einem jungen Mädchen hatte ich am 31. Januar 1896 die totale Rhinoplastik aus der Stirn ausgeführt. Am 28. Februar durchtrennte ich den Stiel der Nase und fügte das obere Ende desselben ein. Am 6. März machte ich folgende Beobachtungen: die Nase hatte weder Tast- noch Schmerzgefühl; Stiche mit einem nadelförmigen Glüheisen wurden nicht gefühlt; bei tiefen Nadelstichen floss kein Blut. Die Nase war leicht ödematös, durch Druck verdrängte ich das Oedem und wartete ab, bis die dadurch entstandene leichte Röthe verschwunden war. Ueber die Nase und rund um den Kopf herumlaufend legte ich unter starkem Zug eine Gummibinde. Durch eine besondere Vorrichtung hatte ich dafür gesorgt, dass nicht nur der Giebel, sondern auch die Seitentheile der Nase dem Druck der Binde

ausgesetzt waren. Nach 20 Minuten nahm ich die Binde ab. Die Nase war im ersten Augenblick anämisch, dann aber wurde sie hochroth, und Nadelstiche, die jetzt gemacht wurden, bluteten stark.

Obwohl also die neue Nase nur durch die seitlichen Narben, welche erst 34 Tage alt waren, ihr Blut beziehen musste, trat trotzdem eine reactive Hyperämie auf.

Versuch 23. Bei einem alten Manne entfernte ich wegen Carcinoms den ganzen linken Nasenflügel und die Nasenspitze. Ich schloss sofort die Rhinoplastik aus der Stirn an. 19 Tage später durchschnitt ich den ernährenden Stiel, welcher von der Nasenwurzel über die Haut des Nasenrückens hin zum Ersatzstücke der Nase führte, und schnitt das Ueberflüssige fort. Aus dem durchtrennten Stiele spritzten 2 Arterien. Das Hautstück, welches aus der Stirn entnommen war, erhielt jetzt seine ernährenden Gefässe einerseits von der Haut des Nasenrückens der anderen Seite, andererseits von der Haut der gleichnamigen Wange durch 2 schmale Brücken. Alle diese Gefässe waren erst vor Kurzem neugebildet, denn ohne Ausnahme durchquerten sie erst 19 Tage alte Narben. Mit einer Klemmzange, deren Arme mit Gummischläuchen überzogen waren, klemmte ich die Spitze und einen möglichst grossen Theil der Flügel der Nase ab. Da die Arme der Zange stark gebogen waren, so fasste sie einen beträchtlichen Abschnitt. Die Klemmzange blieb 10 Minuten liegen, während welcher Zeit der abgeklemmte Theil der Nase leichenblass blieb. Nach Entfernung der Zange röthete sich zuerst der alte Abschnitt der Nase. Bald darauf aber trat, zwar zögernd, aber deutlich, eine arterielle Hyperämie des neuen Antheiles auf, welche nach einiger Zeit wieder verschwand.

Wer oft so junge Narben, wie diese, durchtrennt hat und weiss, wie gering die Gefässentwicklung in denselben ist, wird über diese Findigkeit des arteriellen Blutes mit Recht erstaunt sein.

Die grundlegende Frage, welche ich am Anfange dieser Versuche stellte, ist also ganz unzweideutig dahin beantwortet: das anämische Gewebe lockt ganz unabhängig vom Centralnervensystem, sofern überhaupt noch eine gewisse Anzahl arterieller Bahnen, selbst wenn sie nur von geringer Ausdehnung sind, dorthin führen, mit grosser Kraft arterielles Blut an. Die Stärke und Dauer der Hyperämie hängen von 2 Dingen ab, 1) von der Dauer der voraufgehenden Anämie; das ist ja aus den Erfahrungen, welche man mit der v. Eschmarch'schen Blutleere gemacht hat, zur Genüge bekannt; 2) von der Vollständigkeit der Absperrung des arteriellen Blutstroms. Die Hyperämie tritt selbst bei sehr bedeutenden vorübergehenden Kreislaufstörungen nicht

ein, wenn durch andere Gefässbahnen noch genügend arterielles Blut zugeführt wird (Versuch 10), sie tritt nur unvollständig ein, wenn zwar etwas, aber nicht genügend Blut noch zu den anämischen Geweben kam. Auch hierüber habe ich eine Reihe von Versuchen gemacht, ich will sie lieber nicht aufzählen, um nicht durch die grosse Anzahl derselben zu ermüden. Die Richtigkeit dieser Behauptung geht schon zur Genüge hervor aus den Versuchen 12 und 13, wo, entsprechend dem Grade der vorausgehenden Anämie, auch Hyperämie verschiedenen Grades sich einstellt. In der Gegend eben unterhalb des comprimirenden Fingers hält sich die normale Farbe, weiter nach unten fängt die Haut allmählich an, sich zu röthen, bis in der äussersten, ganz blutleer gewesenen Peripherie die Hyperämie ihre grösste Stärke erreicht. Umgekehrt kann man behaupten, dass auch jedes äussere Körpergewebe durch vorübergehende Absperrung des arteriellen Blutes sich muss hyperämisch machen lassen, und dass da, wo dies nicht gelingt, die Ernährung nicht genügend ist, denn selbst bei einer beschränkten Anzahl von offenen arteriellen Bahnen tritt die reactive Hyperämie noch auf (Versuch 20—23).

Offenbar entsteht die reactive Hyperämie durch eine gewaltige Herabsetzung der Widerstände in den kleinen Gefässen und vielleicht auch in allen anderen Gewebstheilen, deren elastische Spannung vielleicht durch die Anämie herabgemindert wird. Jedenfalls ist die Herabsetzung der Strömungswiderstände in anämisch gewesenen Geweben ganz ausserordentlich stark, wie folgende Versuche lehren.

Versuch 24. Bei einem mittelgrossen Hunde lege ich hoch am Oberschenkel künstliche Blutleere an. Unterhalb derselben lege ich Arteria und Vena femoralis frei, durchschneide beide und führe in die Arterie, während ich Luft Eintritt sorgfältig vermeide, ein Glasrohr ein, dessen Lichtung noch nicht ganz 1 mm weit ist, also an Weite einer mittelgrossen arteriellen Anastomose entspricht. Aus einem Druckgefässe leite ich bei 25 cm Wasserdruck 0,6procentige Kochsalzlösung durch das eingebundene Rohr in die Arterie. Unter diesem Druck läuft die Flüssigkeit sehr langsam ab. Wenn die Kochsalzlösung klar aus der Vene zurückkommt, mache ich einen Hautschnitt tief unten am Fusse und schneide gleichzeitig daselbst eine kleine Vene an. Aus beiden Wunden, sowohl der der Haut, als der Vene fliesst in langsamer Tropfenfolge klare Kochsalzlösung. Also ist dieselbe trotz des geringen Druckes über das ganze Bein bis in die entferntesten Gegenden vertheilt.

Uebertrüge man diesen Versuch auf den lebenden Körper, so würde er zeigen, unter wie geringem Druck und durch wie kleincalibrige Anastomosen ein grosses Körpergebiet noch mit Blut durchströmt werden kann. Denn mehr als 25 cm Wasserdruck ist selbst in den Capillaren noch vorhanden. Aber ich lege auf diesen Versuch nur wenig Gewicht, seine Beweiskraft ist gering, denn Blut und Kochsalzlösung sind zweierlei Dinge, und der Versuch 4 zeigt, wie vorsichtig man in der Deutung solcher Durchströmungsversuche sein soll. Ich bin sogar geneigt die Herabsetzung der Widerstände noch höher anzuschlagen, als es nach diesem Versuche scheint, denn die durchgeleitete Kochsalzlösung hatte lange nicht die Blutwärme, und es wurde gleichbleibender Druck angewandt, welcher nach den erwähnten Versuchen Hamel's Kochsalzlösung langsamer durchlaufen lässt, als unterbrochener Druck. Viel beweisender ist folgende Beobachtung:

Versuch 25. Bei 2 Schweinen lege ich, bei dem einen am Oberschenkel, bei dem anderen am Oberarm, 10 Minuten künstliche Blutleere an. Dann amputire ich etwa 2 Finger breit unterhalb des Schnürschlauches, das eine Mal den Vorderarm, das andere Mal den Oberschenkel. Ohne ein Gefäss zu unterbinden, löse ich den abschnürenden Schlauch. In beiden Fällen bluten die Wundflächen stark, die Arterien spritzen, aber trotzdem tritt von der Schnürrinne des Schlauches bis hart an die Wundfläche eine starke reactive Hyperämie ein, welche sich einige Zeit lang hält.

Der Versuch ist ungemein lehrreich. Nach mechanischen Gesetzen strömt Flüssigkeit dahin, wo sie den geringsten Widerstand findet. Einen geringeren Widerstand, als die quere Durchschneidung sämtlicher Gefässe eines Gliedes ihn schafft, kann man sich unmöglich denken, also sollte mit grosser Kraft das Blut aus den weit offenen Gefässlichtungen ausströmen. Im Widerspruch damit aber sehen wir in unmittelbarer Nähe der Wunde das anämisch gewesene Gewebe sich stark röthen, also man kann wirklich beinahe sagen, „arterielles Blut anziehen“.

Diese so ausserordentlich starke Herabsetzung der Widerstände in den Gefässen und Geweben muss aber für die Ausbildung eines Collateralkreislaufes eine gerade so mächtige Förderung sein, als wenn der Blutdruck in diesem Gebiete um die gleiche Höhe stiege, als hier die Widerstände sich ver-



ringern. Denn was ist schliesslich Blutdruck? Doch nur der Ausdruck der Widerstände in den Gefässen und Geweben. Und bekanntlich ist es der Unterschied der Spannung in den verschiedenen Gefässbezirken, welcher das Blut nach bestimmten Richtungen und in bestimmte Körpertheile bald mehr und bald weniger treibt, und nicht die Spannung an sich. Den besten Beweis dafür liefert der Goltz'sche Klopffversuch, bei welchem ein Thier sich in seine eigenen Bauchgefässe verblutet, weil in ihnen die Widerstände ausserordentlich stark herabgesetzt werden. Der geringste Drucküberschuss im übrigen Gefässsystem genügt noch, um das letzte Blut in die stark erschlafften Gefässbahnen des Bauches vollends hineinzutreiben.

Nun zeigt die einfachste Ueberlegung, dass dies in der That auch die allerzweckmässigste Einrichtung ist, die sich treffen lässt, denn durch eine so grosse Herabsetzung der Widerstände, wie sie in anämischen Geweben vorkommt, werden offenbar so gewaltige Druckunterschiede geschaffen, wie sie durch Blutdrucksteigerung in einem bestimmten Gebiete niemals vorkommen können. Zudem kommt der Druckunterschied auch einzig und allein dem anämischen Gewebe zu Gute, während irgend eine Druckerhöhung, die dazu dienen soll, Blut in bestimmte umschriebene Körpertheile zu treiben, eine ausserordentliche Kraftverschwendung darstellt. Denn nach hydraulischen Gesetzen pflanzt sich ein Druck über das ganze Röhrensystem hindurch fort. Es würde also, wenn nicht wiederum Lebensinflüsse ausgleichend einsprängen, mit vermehrter Kraft Blut auch in andere Gewebstheile hineingepresst werden, welche dessen gar nicht bedürfen, und deshalb würde ein Theil der Kraft für das nothleidende Gebiet verloren gehen.

Das anämische Gewebe regelt ferner die Widerstände, welche eine grössere oder geringere Blutfülle hervorbringen, wie wir sahen, durchaus selbständig, ohne Vermittelung des Centralnervensystems. Auch das ist wieder sehr zweckmässig. Bei jedem Druck auf äussere Körpertheile, bei jeder Muskelbewegung u. s. w. werden einzelne Körpertheile vorübergehend anämisch. Auch da folgt der Anämie, wie ein einfacher kurzer Fingerdruck beweist, eine gewisse Hyperämie. Sollte dabei jedesmal ein Reflexvorgang mit Hülfe des Centralnervensystems eintreten, so

würde dieses bei der grossen Anzahl der Reize, welche es fortwährend empfangen würde, ausserordentlich überlastet werden.

Welches sind nun die Ursachen der feinen Regelung der Widerstände in den Geweben, je nach dem Blutbedarf? Zunächst ist es nicht die Anämie, die wirkliche Blutleere der Theile. Ich habe diesen Namen nur immer gebraucht im Interesse einer klaren Darstellung, dies war ja auch erlaubt, da in der That Alles, was ich bisher gesagt, für anämische Theile zutrifft. Aber es lässt sich leicht zeigen, dass selbst nach einer Blutfülle reactive arterielle Hyperämie eintreten kann:

Versuch 26. Ich lege um den Oberarm eines Menschen einige Gänge einer längeren Gummibinde nur so fest an, dass eine starke venöse Hyperämie in dem Arme entsteht. Dann wickle ich unter starkem Zug die Binde vollständig ab und sperre damit auch den arteriellen Zufluss. Nach 5 Minuten entferne ich die Binde von dem sehr blauen hyperämischen Gliede. Sofort wird dasselbe hochroth und es tritt genau die gleiche Hyperämie auf, als hätte ich das Glied ganz blutleer gemacht.

Also nicht die Abwesenheit von Blut, sondern jede Aufhebung des Blutkreislaufes erzeugt die reactive Hyperämie, einerlei, ob der Körpertheil dabei gerade anämisch oder hyperämisch war. Erklärt ist damit natürlich gar nichts, und wir vermögen nichts als Theorien ohne festen Untergrund darüber zu machen, welches die Ursachen der Widerstandsregelung sind. Trotz der völligen Unabhängigkeit derselben vom Centralnervensystem kann es ein nervöser Vorgang sein. Denn wir wissen, dass die, wie man sagt, automatisch arbeitenden Eingeweide, Herz und Darm, mit Ganglien ausgestattet sind. Wir können also mit Goltz Ganglien annehmen, welche in der Wand sämmtlicher Gefässe vertheilt sind, und das Centralnervensystem für die Selbstregelung darstellen. Dass diese noch nicht entdeckt sind, kann an der Unvollkommenheit unserer anatomischen Hilfsmittel liegen.

Nehmen wir ein solches untergeordnetes Centralnervensystem an, so kann der Vorgang ebensowohl erzeugt sein durch Lähmung gefässverengender, als durch Reizung gefässerweiternder Nerven. Die Erfahrung würde für das letztere sprechen. Denn die sogen. reactive Hyperämie gehört, wie schon erwähnt, zu den stärksten Hyperämien, welche wir sehen, und gerade die

stärkste Blutfülle wird hervorgebracht durch Reizung gefäss-erweiternder Nerven, wie wir das von der Erektion des Penis und der starken Hyperämie der Unterkieferspeicheldrüse bei der Speichelabsonderung wissen.

Auf alle Fälle aber würde ich annehmen, dass die reactive Hyperämie, wenn nicht durch Nerveneinfluss, doch durch einen diesem sehr nahe stehenden Vorgang, durch Zellthätigkeit, also durch einen ausgesprochenen Lebensvorgang, bewerkstelligt wird. Die naheliegende Annahme, dass die Erweiterung der Gefässe und die wahrscheinlich damit verbundene Erschlaffung der Gewebe ein Entartungsvorgang in Folge schlechter Ernährung sein könnte, halte ich für unrichtig. Denn ich werde nachher den Beweis liefern, dass diese Fähigkeit der Widerstandsregelung anderen Organen fehlt. Und man kann unmöglich annehmen, dass dasselbe Gewebe in dem einen Organe schnell entartet, in dem anderen nicht. Zumal alsdann, wie wir noch sehen werden, die widersinnige Beobachtung sich herausstellen würde, dass das entartete Gewebe fortlebe, das nicht entartete stürbe. Andere Gründe, welche dagegen sprechen, werde ich im zweiten Theile dieser Arbeit auseinandersetzen.

Nun hat sich vielleicht mancher Leser schon gefragt: Weshalb läuft denn ein Gewebe, in welchem die Widerstände so ausserordentlich stark herabgesetzt sind, nicht auch einmal voll von venösem Blut, wenn die Venen noch offen, die Arterien dagegen völlig oder zum grössten Theile verschlossen sind? Dagegen ist zunächst zu sagen, dass selbst bei sehr geringem arteriellen Zufluss der höhere Druck immer noch auf dieser Seite liegt. Aber berechtigt ist die Frage doch, denn wenn wirklich die Capillaren sich so stark erweitern und gewissermaassen sich mit Blut vollsaugen, so müsste bei spärlichem arteriellen Zufluss das Blut in ihnen festgehalten werden und schnell venös werden. Es scheint nun, dass dies wirklich vorkommt. Jeder Chirurg, welcher häufiger plastische Operationen gemacht, hat Lappen im Gesicht und auf dem Kopfe schon blau werden sehen. Meist ist es eine Folge von zu starker Stieldrehung, oder von Spannung des Lappens, wodurch die Lichtungen der schwachwandigen Venen verengt oder verlegt, die starkwandigen Arterien dagegen nicht beeinflusst werden. Aber

zuweilen werden auch Lappen bläulich gefärbt, bei welchen die genannten Schädlichkeiten wahrscheinlich nicht vorhanden sind. Dies ist stets ein schlechtes Zeichen für das Weiterleben des Lappens. Häufig ist indessen das Blauwerden anämischer Körperteile nicht, sondern meist bleiben sie bis zur Ausbildung eines genügenden Collateralkreislaufes leichenblass. Dies ist ein gutes Zeichen.

Wir wollen auf die oben gestellte Frage den Versuch antworten lassen:

Versuch 27. Ich lege die Luftröhre eines Schweines und darauf die eine Arteria femoralis frei. Am anderen Beine lege ich künstliche Blutleere an und lasse sie 10 Minuten liegen. Jetzt lasse ich die Luftröhre durch Fingerdruck eines Assistenten verschliessen und warte ab, bis die Haut des Schweines überall eine gleichmässige, leicht bläuliche Blässe angenommen hat. Nun löse ich den Schnürschlauch. Das betreffende Bein wird leicht bläulich hyperämisch, blasst dann schnell wieder vollständig ab, so dass es nicht blauer ist, als die übrige Haut. Als das Schwein eben noch Athembewegungen macht, wird die Luftröhre freigegeben. Nach einigen Athemzügen tritt in dem abgeschnürt gewesenen Beine eine starke arterielle Hyperämie auf. Hat man die Erstickung sehr weit getrieben, so wird gleichzeitig die Haut des ganzen Schweines arteriell hyperämisch, aber lange nicht in dem Maasse, wie das abgeschnürt gewesene Bein. Während des ganzen Versuches habe ich einen Finger an der freigelegten Arterie des anderen Beines liegen und überzeuge mich, dass sie während der ganzen Dauer des Versuches einen kräftigen und vollen Puls führt.

Versuch 28. Ich mache dieselben Voroperationen wie im vorigen Falle und lege 10 Minuten an einem Hinterbeine künstliche Blutleere an. Ich löse die Blutleere, und es tritt sofort eine starke arterielle Hyperämie auf. Gleichzeitig lasse ich auch die Luftröhre durch Fingerdruck verschliessen. Das immer noch stark hyperämische Bein nimmt eine blaue Farbe an, wird aber allmählich blass. Nach dem Erblässen wird die Luftröhre des Thieres freigegeben, und sofort tritt zum zweiten Male eine starke arterielle Hyperämie auf, als ob eben erst der Schnürschlauch gelöst wäre. Auch hier überzeuge ich mich während der ganzen Dauer des Versuches, dass die freigelegte Arterie vollen Puls führt.

Die Versuche beweisen also neben vielem Anderen, worauf ich später zurückkomme, dass dieselben Capillaren, welche sich dem arteriellen Blute begierig öffnen, sich gegen venöses Blut bis zu einem gewissen Grade wehren.

Die Erledigung dieser Frage gehörte eigentlich in den zweiten Theil der Arbeit, welcher vom Rückflusse des venös ge-

wordenen Blutes eines anämischen Körpertheiles handeln soll. Aber ich hielt es für nöthig, diese beiden Versuche, um Missverständnisse zu vermeiden, schon hier anzuführen.

Ich habe bisher die Selbstregelung des Blutzuflusses der Gewebe immer umschrieben. Aus praktischen Gründen will ich derselben einen Namen geben und sie das Blutgefühl der Gewebe nennen. Ich weiss, dass sich gegen diesen Namen manches einwenden lässt, aber es fällt mir gerade kein besserer ein, und er soll lediglich den Zweck haben, weitläufige und holperige Umschreibungen zu vermeiden.

Ich glaube, dass diesem Blutgeföhle der äusseren Körpertheile eine sehr wichtige Rolle zufällt, dass es nemlich, ebenso wie das gemeine Gefühl, insbesondere die Schmerzempfindung, äussere Körpertheile vor dem Untergange zu bewahren hat. Welche fürchterlichen Verwüstungen und Zerstörungen sensible Lähmungen hervorbringen können, weil die Körpertheile, des Geföhls beraubt, sich vor Schädlichkeiten nicht schützen können, ist ja bekannt genug. Dass das Fehlen des Blutgeföhles bei verhältnissmässig geringfügigen Kreislaufstörungen innerer Organe die Ursache ausgedehnten Brandes sein kann, werde ich im nächsten Capitel auseinandersetzen. Das Blutgefühl der äusseren Körpertheile hat nun meiner Ansicht nach die Aufgabe, alle möglichen, durch äussere Verletzungen, Druck u. s. w. hervorgerufenen Kreislaufstörungen schnell und sicher wieder auszugleichen. Es erscheint mir deshalb gar nicht unwahrscheinlich, dass es auch eine — wenn ich so sagen darf — Lähmung des Blutgeföhles geben kann, wobei durch äussere Schädlichkeiten hervorgerufene Kreislaufstörungen nicht sofort wahrgenommen und ausgeglichen werden. Es scheint mir deshalb der Mühe werth, bei Fällen von räthselhaftem Brande äusserer Körpertheile auf das Vorhandensein oder Fehlen des Blutgeföhles zu prüfen. Das ist ja einfach genug: eine v. Esmarch'sche Blutleere, welche einige Minuten angelegt wird, giebt darüber Auskunft.

Mir scheint, dass wir Culturmenschen auch in dieser Beziehung schon entartet sind. Wenigstens erzählen uns afrikanische und Marine-Aerzte, welche unglaublichen Verletzungen und Kreislaufstörungen der Neger übersteht, und, was ich in dieser Beziehung nach Schussverletzungen durch Kugeln bei dem sonst so zarten

Rehwilde gesehen habe, hat mich in Erstaunen versetzt. Allerdings wirkt aber auch bei jenen Thieren, deren Schicksal es ist, geschossen oder gefressen zu werden, nach dieser Richtung hin eine ganz ausserordentlich energische natürliche Zuchtwahl, welche bei den Culturmenschen, die nur ausnahmsweise Verletzungen erliegen, fortfällt.

(Schluss folgt.)

## X.

### **Biologische Studien mit Rücksicht auf die Pathologie.**

Von Prof. O. Israel in Berlin<sup>1)</sup>.

## III.

### **Oligodynamische Erscheinungen (v. Nägeli) an pflanzlichen und thierischen Zellen.**

Von O. Israel und Dr. Th. Klingmann aus Ann-Arbor (Michigan).

(Mit 14 Abbildungen im Text.)

Wie sich bei der Behandlung biologischer Fragen von jeher das Experiment als einen der fördersamsten Wege erwiesen hat und mit Recht in weitestem Umfange zur Aufklärung selbst verwickelter Probleme herangezogen wird, so muss doch bei den meisten Schlüssen, die bezüglich des regulären Verhaltens der Objecte aus ihm abgeleitet werden sollen, die an sich pathologische Natur artificieller Erscheinungen zu mancherlei Einschränkungen führen.

Um so näher liegt es, die vergleichend-experimentelle Methode der modernen Biologie für die allgemeine Pathologie zu verwerthen; gestattet sie doch, mit ihren Vorzügen, die in der

<sup>1)</sup> S. dieses Archiv. Bd. 141. S. 209 f.