

Physiologische Briefe

für

Gebildete aller Stände.

Physiologische Briefe

für

Gebildete aller Stände

von

Carl Vogt.



Vierte vermehrte und verbesserte Auflage.



Gießen, 1874.

J. Neider'sche Buchhandlung.

Einleitung zur ersten Auflage.

Ein eigener Geist weht durch die Naturforschung unserer Tage. Wer so das Leben und Treiben innerhalb des großen Bienenhauses in der Nähe ansieht, der erstaunt ob des geschäftigen Brummens, des rastlosen Eifers der Arbeitenden, wie sie Honig und Wachs von allen Seiten herzutragen, einander drängen und stoßen, oft sogar sich gegenseitig ereifern und den Platz streitig machen. Dort erobert sich Einer eine Zelle, die er allein ausbauen will; hier führen ein paar Andere gemeinschaftlich ein Stück Wabe aus; diese schwitzen als Handlanger, jene ordnen als Baumeister, und nirgends scheint noch für kommende Kräfte Raum. Und die Hälfte dieser Zellen sind schadhast, die einen unausgebaut, die anderen verlassen, jene wieder übermäßig ausgehöhlt und der Beschauer mit Loupe und Vergrößerungsglas verliert sich unter den Einzelheiten all; er weiß nicht, wohin das Gewirre und Getriebe führen soll und geht kopfschüttelnd von dannen. In einiger Entfernung aber dreht er noch einmal sich um und nun gewahrt er die künstliche Anordnung der Waben, die sinnige Benutzung des angewiesenen Platzes, die regelrechte Verfolgung eines gewissen, vorgesteckten Planes. In ähnlicher Weise treiben die Naturwissenschaften vorwärts. Anhäufung unendlichen Materials von allen Seiten her und Anerkennung

dieses Strebens nach Mehrung unserer positiven Kenntnisse bilden den wesentlichen Theil der Förderungen, welche sie erhalten; aber gewisse Zielpunkte geben sich überall kund, nach welchen man strebt, um welche man, als Centren, die Massen zu gruppiren sucht. Gerade das Aufsteden solcher Zielpunkte, das Ordnen der neu zu beginnenden Untersuchung ist es, welches das naturwissenschaftliche Streben unserer Zeit auszeichnet, und es kann nur der Ausdruck einer allgemein verbreiteten Ueberzeugung sein, wenn ein berühmter Chemiker sagt: „Jede naturwissenschaftliche Arbeit, welche einigermassen den Stempel der Vollenbung an sich trägt, läßt sich im Resultate in wenig Worten wiedergeben. Allein diese wenigen Worte sind unvergängliche Thatfachen, zu deren Auffindung zahllose Versuche und Fragen erforderlich waren; die Arbeiten selbst, die mühsamen Versuche und verwickelten Apparate fallen der Vergessenheit anheim, sobald nur die Wahrheit ermittelt ist; es sind die Leitern, die Schächte und Werkzeuge, welche nicht entbehrt werden konnten, um zu dem reichen Ergange zu gelangen; es sind die Stollen und Lustzüge, welche die Gruben von Wassern und bösen Wettern frei halten. Eine jede, auch die kleinste Arbeit, wenn sie auf Beachtung Ansprüche macht, muß heut zu Tage diesen Charakter an sich tragen; aus einer gewissen Anzahl von Beobachtungen muß ein Schluß, gleichgültig, ob er viel oder wenig umfasse, gezogen werden können.“

Sind wir mit der Physiologie so weit gekommen, daß wir diese Worte auch auf uns anwenden können? Haben wir die Gesetze des Lebens so weit erforscht, daß wir sagen können, wir besitzen sichere Resultate? Die Antwort auf eine solche Frage ist schwer. Bejahung könnte für Uebermuth, Verneinung für Mißachtung des Geschehenen gehalten werden.

Die Aufgabe der Physiologie ist verwickelter, als die irgend einer anderen Wissenschaft. Ist ja doch der Organismus an sich, sei er nun pflanzlich oder thierisch, und vor Allem der letztere, das Meisterstück des schöpferischen Gedankens, und seine Existenz, sein Leben nur durch das Zusammenwirken der mannigfachen

Kräfte möglich. Die kunstreiche Anordnung des menschlichen Körpers im Aeußern wie im Innern, die Menge der verschiedenen Organe, welche wir an ihm sehen, das harmonische Ineinandergreifen seiner Muskeln, Gefäße und Nerven erscheinen noch als rohe Verhältnisse, wenn man mit dem Mikroskope in die Geheimnisse der Structur unserer Körpertheile eindringt, wenn man die tausend und aber tausend Fäden untersucht, aus denen ein einziger Muskel, eine dünne Sehne gewebt ist, wenn die Millionen Kügelchen und Zellen der Oberhäute und Flüssigkeiten vor das erstaunte Auge treten, und in allen diesen kleinsten Theilen, deren Einzelheiten oft selbst unsern vervollkommeneten Instrumenten entgehen, eine Gesetzmäßigkeit des Baues, eine innere Zweckmäßigkeit erkannt wird, die bei dem Untersucher, der ihr gegenüber tritt, nur das Gefühl seiner Ohnmacht zurücklassen kann. Es ist wohl schon manchem begegnet, daß er kleinmüthig Messer und Loupe auf die Seite gelegt und seufzte: All unser Streben ist eitel und unser Wissen Stückwerk!

Indeß wenn auch Einzelne unter den Schwierigkeiten gebeugt werden, so sind diese doch für die Forscher im Ganzen mehr Reize zu größeren Anstrengungen. Nach allen Seiten hin sieht man sich um Hülfe in anderen Wissenschaften um, und diese sind dann auch nicht karg, sie überall zu gewähren, wo sie vernünftiger Weise gefordert werden kann. Es hat der Physiologie unendlich viel Schaden gebracht, daß sie sich abschließen wollte, daß sie behauptete, das Leben kenne die Gesetze der organischen Natur nicht; es könne nur aus sich selbst und durch sich selbst begriffen werden. Mit solchen Ansichten war fernerer Fortschritten die Bahn abgeschnitten, denn wo man auf eine unerklärliche Thatsache, eine räthselhafte Erscheinung stieß, da war gleich die Eigenthümlichkeit der Lebenskraft, das unerforschliche Walten des organischen Lebens da, um die Wißbegierde aufzuhalten und ihr zu sagen: begnüge dich damit, daß das organische Leben nur seine eigenen Gesetze kennt. Erst seitdem man diese Richtung verlassen und angefangen hat, überall zuerst die Erscheinungen aus den analogen der anorganischen Natur zu erklären, und die

Gesetze, welche in dieser letzteren gelten, auch in den Erscheinungen des organischen Lebens aufzufuchen sich bestrebt, erst seit dieser Zeit hat die Physiologie wahrhafte Fortschritte in der Richtung gemacht, die wir oben bezeichneten. Und weit davon entfernt, in einen todten Mechanismus zu verfallen, wie man der neueren physiologischen Richtung so oft vorwarf, ist sie es gerade, welche uns zu der tiefsten Ehrerbietung vor den im organischen Reiche herrschenden schöpferischen Gedanken zwingt. Wahrlich, wenn man dem Spiele der auf so einfache Art angewendeten Kräfte seine Aufmerksamkeit widmet, wenn man sieht, wie die Gesetze, welche die Bewegung des Weltalls und seiner Gestirne regieren, auch bei unseren Bewegungen ihre Anwendung finden, wie alle Ressourcen, die nur erdacht werden können, mit unenblicher Weisheit an der Maschine des Organismus angebracht sind, dann wird man zur Verehrung des Planes hingerrissen, der so folgerecht aus den einfachsten Ursachen die herrlichsten Wirkungen zu entwickeln vermag.

Diesen einfachen Kräften und ihrem Spielraume in dem Organismus nachzuspüren ist die Aufgabe der Physiologie, der Lehre vom Leben. Zu ihrer Erforschung wendet sie theils die Beobachtung, theils den Versuch an, und jeder Fortschritt in den hülfreichen Doctrinen kann nicht ohne Rückwirkung auf die physiologische Wissenschaft bleiben. Der Physik entlehnt sie die Erklärung der Bewegungen, der Sinnesindrücke. Bei ihr findet sie die Gesetze des Pendels, nach welchen unsere in Bewegung gesetzten Glieder schwingen; bei ihr die Statik des Hebels, auf welcher die Erklärung der Bewegung unserer Knochen beruht. Bei der Physik holen wir uns Rath über die mechanische Seite des Kreislaufes, über die Thätigkeit des Herzens, der Gefäße; von dort aus erhalten wir unsere Resultate über die optischen Gesetze des Auges, die akustischen Einrichtungen des Gehör- und Stimmorgans. Der Physik verdanken wir die wichtigen Thatfachen über die Anwendung des luftleeren Raumes bei der Construction unserer Gelenke. Die Chemie öffnet noch ein weiteres Feld der Untersuchung. Verdauung und Aufsaugung, Ernährung,

Absonderung und Athmung, alle vegetativen Proceße im Allgemeinen, welche die Erhaltung des Individuums bezwecken, alle diese Prozesse gehören dem Chemiker als gemeinschaftliches Gebiet an und können nur mit seiner Beihülfe erläutert und verstanden werden.

Den bedeutendsten Einfluß indeß hat das morphologische Studium der Organismen. Anatomie und Physiologie gehen mit einander Hand in Hand; die eine kann keinen Schritt vorwärts thun, ohne daß ihn die andere mit macht. Allein nicht bloß die äußeren Verhältnisse der Lage, Gestalt und Verbindung der Theile unter einander kann dem Physiologen genügen. Der ganze Körper muß nicht nur für ihn, wie für den guten Chirurgen, durchsichtig sein, so daß er die Lage der Theile kennt, er muß den Körper auch in seinen kleinsten Theilen vergrößert vor Augen sehen, um einem jeden Blutkörperchen auf seinem Wege folgen und einer jeden Nervenfaser in ihren Schlingenzügen nachgehen zu können. Nur wenn er auf diesem Punkte steht, nur dann kann er sich zu wirklich freier Anschauung der durch die morphologischen Verhältnisse bedingten Umstände erheben. Man hat das Mikroskop viel und oft verdächtigt; man hat auf die Streitigkeiten hingewiesen, welche bei gewissen Untersuchungen entstanden, und namentlich diejenigen, welche keinen Begriff von dem Instrumente und seiner Behandlung hatten, schrien am ärgsten ihr Verdammungsurtheil in die Welt hinein. Und dennoch wäre ohne dies unschätzbare Instrument unsere ganze heutige Physiologie noch nicht einmal geboren, geschweige denn in frühlichem Wachsthum. Es giebt freilich nichts Vollkommenes auf Erden; allein wenn wir falsch sehen, so liegt dies nicht an dem unschuldigen Glase, sondern an uns selbst und an unserer Interpretation des Gesehenen. Wie mancher bittere Streit ist nicht über Dinge entstanden, die nur mit den natürlichen Augen untersucht waren und wo dennoch die größten Beobachtungsfehler mit unterliefen. Sollen wir deshalb unsere Augen als unbrauchbar ausreißen oder wegwerfen?

Nicht minderen Eifer, als das Mikroskop unter den älteren Bekennern der Wissenschaft, haben oft die physiologischen Versuche in dem Publikum erregt, und es giebt wohl wenig Universitätsstädte, wo nicht der Professor der Physiologie die Angriffe der Anti-Thierqualvereine oder ihrer stillschweigenden Verehrer auszuhalten gehabt hätte. Der physiologische Versuch ist der nothwendige Prüfstein unserer Ansichten, und die Gewandtheit im Experimentiren, die ein wesentliches Bedingniß für das Gelingen des Versuches ist, wird nur durch häufige Uebung errungen. Die Anstellung von Versuchen und Vivisectionen ist demnach dem wissenschaftlich thätigen Physiologen eben so unbedingt nöthig, als dem Astronomen das Betrachten des Himmels. Freilich hat man dieses Bedürfniß an einigen Orten ins Luxuriöse getrieben; wohl mancher wird sich erinnern, gewissen Vorlesungen in Frankreichs Hauptstadt beigewohnt zu haben, wo nach der Stunde der Professor von Dugenden verstümmelter Thierleiber umgeben war und wo die Stärke des Beweises nach der Zahl der Schlachtopfer, die er gekostet, abgeschätzt wurde. Wir haben uns glücklicher Weise in Deutschland von solchen Extremen fern gehalten und wir benützen als Herren der Schöpfung unser Recht oder Unrecht über die Thiere mit mehr Mäßigung. Nichts desto weniger erkennen wir, namentlich für die nur während des Lebens statthabenden Prozesse der Nervenwirkungen und des Blutlaufes, den Versuch, die Section und die Untersuchung lebender Thiere als eine unentbehrliche klare Quelle unserer Kenntnisse an.

Zwar springt uns eine solche auch in der Pathologie, in der Betrachtung der krankhaften Zustände des menschlichen Körpers; — allein leider fließt sie meist nur trübe. Man sollte glauben, es sei nichts leichter, als das Ziehen klarer physiologischer Schlüsse aus den krankhaften Erscheinungen. Man beobachtet diese oder jene Abweichung von dem Normalzustande, man entdeckt, welches Organ des Körpers dabei angegriffen und verletzt ist; — was natürlicher als nun zu schließen, daß die abnorme Function auch dem abnormen Organe angehöre? Allein die Natur stellt ihre Experimente nicht rein an, sie greift mehre Organe

zugleich in oder, wenn nur ein einzelnes vorzugsweise leidet, so wird durch die Organisation des Körpers an sich schon das Ganze in Mitlebenschaft gezogen. Es giebt ein einziges Feld in der Physiologie, wo wir einzig und allein auf die aus der Pathologie zu entnehmenden Thatsachen angewiesen sind. Dies ist die Frage über den Zusammenhang der Gehirnthelle mit den Geistes-thätigkeiten; eine Frage, die man unheilvoller Weise durch die sogenannte Phrenologie ihrem wissenschaftlichen Standpunkte entrückt und in das Gebiet des Charlatanismus hinüber gepflanzt hat. Den Einfluß des Gehirnes und seiner einzelnen Theile auf die Functionen des Körpers können wir auch an Thieren untersuchen; allein ein Hund, ein Kaninchen giebt uns keinen Aufschluß über die Veränderungen, welche in seinen geistigen Fähigkeiten vorgehen, nachdem man ihm diesen oder jenen Hirntheil weggenommen hat. Dies könnte einzig nur der Mensch und an dem darf nur die Natur allein experimentiren. Hirnkrankheiten, organische Fehler des Seelenorgans sind nicht selten, sie werden häufig von den Aerzten beobachtet; allein den Sitz der Desorganisation kann man nur an den krankhaften Erscheinungen erkennen, welche sich im Körper zeigen, an den Lähmungen der einzelnen Körperteile, niemals an den vorkommenden Störungen der Geistesfunctionen. Wir wissen durchaus nichts Positives, absolut Nichts über die Beziehung der einzelnen Gehirnthelle zu den Geistes-thätigkeiten; in dem einzigen Punkte, wo die Pathologie auf sich selbst angewiesen war, hat sie nichts geleistet. Darf man sich wundern, wenn der Physiologe nur mit Mißtrauen sich ihrer bedient?

Auf solchen Stützen nun, theils wankenden, theils sicheren, ruht das Gebäude der Physiologie. Wir haben uns hier die Aufgabe gestellt es zu durchwandern. Allein schon der größeren Zimmer findet sich eine Region; der kleinen dunkeln Rämmerchen nicht zu gedenken, die überall zerstreut sich anbauen. Sie alle zu besuchen ist eine Unmöglichkeit, noch weniger dürfen wir daran denken, den Schmuck der Zimmer, ihre mehr oder minder reiche Ausstattung, uns näher ins Auge zu fassen. Ein Menschenleben würde hierzu nicht hinreichen.

Ich habe versucht, in den nachfolgenden Briefen den Stand unserer Wissenschaft mit einzelnen skizzenartigen Zügen zu zeichnen. Nur die fester begründeten Resultate, nur die, so viel wir bis jetzt beurtheilen können, wahren Thatfachen durften hier eine Stätte finden und subjective Ansichten mußten so viel möglich in den Hintergrund gestellt werden. Die Art und Weise der Auffassung freilich wird für einen Jeden eine andere sein; namentlich werden die aus den Thatfachen zu ziehenden allgemeinen Schlüsse über Leben und Lebenskraft stets, je nach der Individualität des darüber Nachdenkenden, bei aller Anerkennung des Thatächlichen, oft sehr bedeutend abweichen. Es ist unsere Sache nicht, diesem Urtheile der Einzelnen vorzugreifen. Wir stehen vor dem Geschwornengerichte der öffentlichen Meinung, wo unsere Thatfachen mit mehr oder minderem Scharfsinne gemogen und abgeurtheilt werden. Freilich gelingt es manchmal durch glänzende Beredsamkeit oder andere bestechende Mittel, diese öffentliche Meinung zu gewinnen; allein lange Zeit hält solche Täuschung nicht an. Die Wissenschaft, sollte man sich auch hinter den Wällen einer todtten Sprache verschanzen, bringt doch allmählich in die große Menge ein und man wird bei aufmerksamer Betrachtung stets finden, daß diese sich über alle größeren wissenschaftlichen Fragen ihre eigenthümliche unabhängige Ansicht bildet. Deshalb habe ich auch nicht, wie es sonst wohl der Brauch ist, allgemeine Grundbegriffe und Ansichten über die Wissenschaft der Pshysiologie vorausschicken mögen. Daß die Pshysiologie sich mit dem Leben des Menschen und mit dessen Erscheinungen befaßt und zwar vorzüglich das leibliche Leben im Auge behält, dies lehrt schon die Bedeutung des Wortes; was das Leben sei und warum der Organismus lebe, das kann nicht von vornherein begriffen werden, sondern so wie das Leben erst das Resultat aller einzelnen Functionen der Körpertheile ist, so muß auch seine Kenntniß erst aus derjenigen aller einzelnen Verrichtungen hervorgehen.

Um die Darstellung, welche für ein größeres Publikum berechnet sein sollte, so sehr als möglich im objectiven Felde

zu halten, habe ich vermieden, Namen als Gewährsmänner der Thatsachen oder Ansichten anzuführen. Die Autoritäten haben nicht mehr das Gewicht wie früher; eine Thatsache gilt heut zu Tage nicht deshalb, weil sie von diesem oder jenem Forscher ist aufgefunden worden, sondern darum weil sie wahr ist. Was auch hätte es geholfen, wenn ich hinter jedem Satze fast eine Reihe von Namen aufgeführt? Von Bär, E. Bell, Burdach, Edwards, Henle, Kürschner, Liebig, J. Müller, Magenbie, Purkinje, Tiedemann, Valentin, R. Wagner — alle diese Namen klingen überall in der Wissenschaft mit, wo man auch anklopfen möge; es sind die treuen Vergleute, welche mit Mühe und Schweiß, ja mit Hintansetzung ihrer Gesundheit das reine Gold aus den Schächten der Bergwerke hervorgeholt haben. Sollen wir die große Menge darum schelten, daß sie meist erst bei der Todesnachricht sich an ihre Koryphäen der Wissenschaft erinnert, und daß sie sie unter dem Drange der Zeitumstände schneller vergißt, als diejenigen, welche unmittelbarerem Einfluß auf die Weltbegebenheiten hatten? Es mag genügen, die Namen einmal genannt zu haben; — stehen sie doch in dem goldenen Buche der Wissenschaft mit unauslöschlichen Zügen.

C. V.

Zur zweiten Auflage.

Zehn Jahre sind verflossen, seit ich die Worte schrieb, welche populären Briefen über die Physiologie zur Einleitung dienen sollten, über deren Veröffentlichung die Redaction der allgemeinen Zeitung mit mir übereingekommen war. Die Arbeit wurde zu umfangreich und die Verlags-handlung beschloß sie als eigenes Werk herauszugeben, das, wenn ich mich nicht sehr täusche, mit vielem Beifalle aufgenommen wurde. Denn schon im Jahre 1847 wurde ich zur Vorbereitung einer neuen Auflage aufgefordert, deren Erscheinen indeß sich bis jetzt durch äußere Umstände verzögerte. Die Wissenschaft hat seit dieser Zeit nach allen Richtungen hin aner kennenswerthe Fortschritte gemacht. Dieselbe Thätigkeit, deren ich oben erwähnte, setzte sich vielleicht mit noch größerer Intensität fort, da die Fragen, je weiter man ins Einzelne bringt, um so schwieriger, die Beantwortung um so verwickelter wird. Von den Trägern der Wissenschaft, die ich damals nannte, wirken noch Einige in ungeschwächter Kraft fort, Andere sind gestorben, noch Andere verborben. Ob in Folge der allgemeinen Erscheinung der rück schreitenden Metamorphose im höheren Alter, oder durch Einwirkung geistiger Fäulniß-Erreger von außen, will ich nicht weiter untersuchen. Eine Menge neuer Kräfte sind aufgetaucht, und namentlich hat die

physikalische Schule auf den beschwerlichsten Wegen oft bedeutende Strecken zurückgelegt. Jeder Schritt vorwärts, der dort mit dem Mikroskope, hier mit der Wage oder der Magnetnadel in der Hand gethan wird, erhellt ein Stück des Dunkels, welches sich vor die geheimnißvollen Kräfte lagert, die man wie der Fürchtende die Gespenster deshalb annimmt, weil man sie nicht sieht und nicht sehen kann.

Das Verdienst dieses Werckens, wenn es überhaupt welches hat, kann weder in der genauen Aufzählung sämmtlicher Thatfachen, noch in der gleichmäßigen Durchdringung des Stoffes liegen. Wenn ich auch gesucht habe, so viel möglich ein Bild des Lebensprocesses im Ganzen zu geben, so mußte dieser Versuch doch deshalb unvollkommen bleiben, weil die Voraussetzungen, die ich mir von meinem Publikum machte, dadurch weit überschritten wurden. In der ursprünglichen Naivität, in welcher ich zuerst diese Briefe schrieb, hatte ich kaum eine Ahnung davon, in welche Kreise sie eindringen würden. Ich wurde, oft zu meinem nicht geringen Erstaunen, hie und da durch Fragen belehrt, daß Mancher sich zu ihrem Verständniß abgemüht hatte, auf dessen geringe Vorkenntnisse ich wenig Rücksicht genommen. Unter dessen hat sich die Grundlage, auf welcher diese Briefe wurzeln, in größere Breite und Tiefe ausgebehnt. Die Naturwissenschaften haben in allen Zweigen Bearbeiter gefunden, welche die Wahrheiten in einfacher Sprache so darzustellen suchten, daß sie auch ohne höhere Vorbildung begriffen und anerkannt werden konnten. Man ist auf diese Weise an die Behandlung solcher wissenschaftlichen Gegenstände gewöhnt worden. Man hat sich nach und nach die Schlussfolgerungen angeeignet, welche aus den Thatfachen mit innerlicher Nothwendigkeit abgeleitet werden müssen. Man erschrickt nicht mehr, wenn diese Schlussfolgerungen zu einer Erkenntniß führen, die mit der jetzigen Weltanrichtung in schneidendem Gegensatz steht.

Die Grundsätze, welche auf der genauen Erforschung der Thatfachen und der daraus abgeleiteten Naturgesetze beruhen, haben seit dem Erscheinen der ersten Auflage keine Aenderung

erlitten. Sie sind nur durch die Fülle neuen Stoffes, welcher von allen Seiten herangebracht wurde, neu gekräftigt und stärker gestützt worden. Derjenige, der sich die Mühe nehmen will, früher und jetzt Gegebenes zu vergleichen, wird trotz gegnerischer Behauptung finden, daß nichts in dieser Hinsicht geändert wurde; daß vielmehr das Ziel, welches schon damals gesteckt war, unverrückt dasselbe geblieben ist. Neue Streiter haben sich seither um dasselbe Banner geschaart, Manche vielleicht geweckt durch die Anregung, welche sie in diesen Briefen fanden. Wer weiter sich belehren, den Kreis der Thatfachen, auf die er fußen soll, erweitern, und sich so immer mehr in seinen Ansichten befestigen will, dem kann ich aus vollster Ueberzeugung die Werke von Moleschott in Heidelberg empfehlen. Der Leser des „Stoffwechsels“, des „Kreislaufes des Lebens“, der „Nahrungsmittel für das Volk“ wird reiche Fülle der Thatfachen, anziehende Behandlung des Gegenstandes und strenge Folgerichtigkeit der gewonnenen Schlüsse sicherlich nicht vermissen.

So mögen denn auch diese Bogen hinauswandern und manchem Vortrefflichen nachstreben, das ihnen vorausgeeilt. Jeder trägt in seiner Weise bei zu dem Gemenge, welches, geläutert in dem Schmelztiegel des Volksbewußtseins, später als flüssiges Metall an das Licht tritt — glücklich, dessen Beitrag nicht ganz als schaumige Schlacke zurück bleibt, sondern sich sagen kann: Auch du hast deinen Antheil an ächtem Schrote und Korne.

Genf, den 1. December 1853.

C. Vogt.

Vorrede zur dritten Auflage.

Trotz mannigfacher Anforderungen der verschiedensten Art, welche Zeit und Leben an mich seit Jahren gestellt haben und noch beständig stellen, habe ich dennoch mit Eifer gesucht, in dieser neuen Auflage den Fortschritten der Wissenschaft gerecht zu werden. Ich habe verbessert, verändert, zugelegt, weggeschnitten, hier und da auch nur gefeilt, wie es das Bedürfniß der Zeit oder mein eigenes Gefühl zu erfordern schienen. Wenn auch vielfach Abschnitte gänzlich umgestaltet werden mußten, so ist nichts desto weniger der Kern des Ganzen geblieben. Möge er auch jetzt, in dieser neuen Gestalt, den Lesern eben so munden, wie die früheren Auflagen gemundet zu haben scheinen.

Manche Forscher und Fachgelehrte mögen wohl finden, daß ich den neuesten Richtungen, die sich die physikalischen nennen, nicht genug in der Darstellungsweise Rechnung getragen habe. Es kann wohl sein und ich will darüber mit Niemanden rechten. Die Resultate, welche diese Forscher durch Anwendung der genauesten physikalischen Methoden, der subtilsten Versuche, der verwickeltsten Rechnungen erhalten haben, sind oft staunenswerth und verdienen vollste Anerkennung und ungetheiltes Lob. Aber es hat mir geschienen, als ob man deshalb nicht ausschließlich nur dieser einen Richtung folgen und Jedem den Stein schleudern

müsse, der es wagen will, auf den noch nicht völlig abgegrastem Fluren der Formenlehre auch ein bescheidenes Sträußchen zu pflücken. Noch weniger habe ich mich aber zu der Darstellungsweise befehlen können, welche jetzt in manchen, sonst so achtbaren Lehr- und Handbüchern vorherrscht und wo der menschliche Körper und seine Einrichtungen fast nur als zufällige Beispiele physikalischer und chemischer Gesetze und Vorgänge dienen. Ist es ja doch, als pflanze man absichtlich vor den Weg üppiges theoretisches Gestrüpp und verwickelter, abstracter Schlingengewächs, durch das man sich erst mit dem schärfsten Messer des Verstandes einen Weg hauen muß, ehe man zu den frischen Plätzen des rustenden Waldes gelangen kann. Solche Arbeit mag recht sein für den Equatter, der neue Wege sucht, für den Förster, der seinen Wald regelrecht bewirthschaften will — sie behagt aber weder dem Spaziergänger, noch dem Sonntagsjäger — und auch diese wollen leben und genießen! Im Beginne mag es nöthig sein, jeden Nachfolgenden dieselben Leitern Stufe für Stufe hinaufklettern zu machen, die man selbst ersteigen mußte — für Diejenigen aber, die nicht Zeit noch Muße haben, denselben Weg zu machen, kann es auch wohl genügen, sie plötzlich auf die Höhe zu stellen.

So weit ist es schon gut, wenn es nur nicht mit dem Verlangen des unbedingten Gehorsams geschieht. Aber je kritischer der Menschegeist fortschreitet, je mehr er bestrebt ist, Methoden zu erfinden, welche ihn vor Irrthümern bewahren können, desto mehr bemüht sich anderseits die Partei der Autorität, mit der Wucht des Glaubenssatzes ihm entgegenzutreten und mit ihrem „Frisz, Vogel, oder stirb!“ ihn anzubonnern. Merkwürdig, aber wahr, daß auch in der Wissenschaft dies Bestreben stets wieder auftaucht, daß es sich bei jeder Gelegenheit neu erzeugt und, dem Antäus gleich, stets neue Kräfte aus der Erde zu saugen scheint, sobald man glaubt es niedergeworfen zu haben.

Ich lese in einem neueren Buche: „Die Basis unserer und aller Untersuchungen auf diesem Wege, bilden bis jetzt die beiden Sätze, daß einmal der Harnstoff nur ein Umsetzungs-

„product der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile, nie ein bloßes „Oxydationsproduct des Eiweißes im Blute ist und zweitens, daß „aller Stickstoff der umgesetzten Körperbestandtheile wenigstens „zum bei weitem größten Theile und etwa unter Berücksichtigung „des Stickstoffes in den Fäces, als Harnstoff ausgeschieden wird. „Wer diese beiden Sätze nicht anerkennt und wo sie „nicht festgestellt sind, der mag sich aller Unter- „suchungen dieser Art enthalten.“

Wir hatten bis jetzt geglaubt, erst aus der Untersuchung gehe die Feststellung, der Satz, die Anerkennung des Satzes hervor; — wir hatten geglaubt, das gerade sei das Edle in unserer Wissenschaft, daß sie sich Fragen stellt, aber die Beantwortung derselben erst durch die Thatsache sucht. In München wird uns jetzt vor den Tempel der Physiologie das Eingangs-Portal des umgesetzten Harnstoffes gebaut — der Kezer, der nicht durch dasselbe eingehen will, mag draußen bleiben, sich aller Untersuchungen enthalten! Wer aber Physiologie treiben will, der schwöre zuerst den harnstofflichen Glaubenseid, dann mag er eintreten!

Es genügt, auf solche Auswüchse physiologischer Hierarchie mit dem Finger zu zeigen, um die Empörung gegen sie wachzurufen. Wenn ich indessen dennoch, trotz meines Freiheitsgefühles, in der Darstellung der Functionen des Nervensystems wesentlich der Autorität meines Freundes Moritz Schiff in Bern gefolgt bin, so möge man mich nicht unter diejenigen zählen, die sich nur deshalb frei fühlen, weil sie den Fetisch ihres Nebenmenschen nicht anbeten, sondern einen andern. Nur derjenige, der die unendliche Sorgfalt und Hingebung kennt, womit Schiff seinen Versuchen folgt, kann das Zutrauen bemessen, welches man ihnen schenken darf.

Die Ausgabe der dritten Abtheilung hat sich so lange verzögert, weil ich der Versuchung nicht widerstehen konnte, meinen Lesern die Resultate mitzutheilen, welche in Kölliker's „Entwicklungsgeschichte des Menschen“ so reichlich gegeben sind.

Meinem Freunde in Würzburg, wie seinem Verleger Engelmann in Leipzig, schulde ich den wärmsten Dank für die bereitwillige Weise, womit mir sogar die Correcturbogen der zweiten, noch nicht beendeten Hälfte mitgetheilt und die Holzschnitte zur Benutzung und Verfügung gestellt wurden. Leider konnte ich den Schluß der zweiten Hälfte dieses vortrefflichsten Buches, das den reichsten Schatz von eigenen Untersuchungen enthält, nicht abwarten, um danach noch einige meiner Briefe zu überarbeiten — der Norden winkt und ich muß mir sagen: Fort muß Du — deine Uhr ist abgelaufen!

Genf (Plainpalais) den 1. Mai 1861.

C. Vogt.

Die Vorrede zur vierten Auflage

soll nur sehr kurz sein, denn mit jeder neuen Auflage schwillt das Buch mehr an und droht, über die Grenzen des Handlichen hinaus zu wachsen.

Der vorderste Platz im Vorkampf für Geistesbefreiung wechselt von Zeit zu Zeit zwischen den Wissenschaften. Wenn ich nicht irre, so ist jetzt die Physiologie mehr in die Linie zurückgetreten, während die zoologischen Wissenschaften sich in den Vordergrund gestellt haben. Die Methoden der Untersuchung, welche bis jetzt in der Physiologie befolgt wurden, haben herrliche Resultate zu Tage gefördert, sich aber auch größtentheils in denselben erschöpft, da die Hauptmauern des Gebäudes aufgeführt sind. Freilich fehlt noch in vielen Stücken die innere Durchbildung, die angemessene Ausschmückung, die genaue Ausführung der Einzelheiten — aber man darf billig bezweifeln, daß mit den jetzigen Hilfsmitteln und Untersuchungsmethoden neue Wege eröffnet, neue Zielpunkte gesteckt werden können. Daß es der angestrengten Arbeit so vieler, die in dem Fache thätig sind, gelingen wird, diese Zielpunkte zu stecken und die Wege zu ihrer Erreichung zu ebnen, unterliegt keinem Zweifel; es wird dies dann besonders erleichtert werden, wenn die Hilfswissenschaften, die Werkzeuge, die Untersuchungsmethoden auf eine sichere Stufe der Vollkommenheit gebracht sein werden.

Namentlich in Bezug auf die Functionen des Gehirnes dürften diese Worte Richtigkeit beanspruchen. Von dem Zucken des Froschschenkels bei Berührung mit zwei, elektrisch ungleichen Metallen datirt unsere ganze Nervenphysiologie. Das reagirende Instrument für die geistigen Functionen der einzelnen Hirntheile muß noch gefunden werden!

Genf, im August 1874.

C. Vogt.

Inhalt.

Erste Abtheilung.

Das vegetative Leben.

	Seite
Erster Brief. Der Kreislauf des Blutes	3
Zweiter Brief. Das Blut, die Lymphe und der Chylus . . .	34
Dritter Brief. Die Verdauung	56
Vierter Brief. Die Nahrungsmittel	86
Fünfter Brief. Die Athmung	116
Sechster Brief. Die Absonderung	143
Siebenter Brief. Die Aufsaugung	172
Achter Brief. Die Ernährung	190
Neunter Brief. Die thierische Wärme	211

Zweite Abtheilung.

Das animalische Leben.

Zehnter Brief. Das Nervensystem	235
Elfter Brief. Die Functionen der Nerven	271
Zwölfter Brief. Die Centraltheile des Nervensystems . . .	304
Dreizehnter Brief. Nervenkraft und Seelenthätigkeit . . .	343
Vierzehnter Brief. Das Auge	367
Fünfzehnter Brief. Die übrigen Sinne	412
Sechzehnter Brief. Die Bewegungen	435
Siebzehnter Brief. Die Stimme und Sprache	460

Dritte Abtheilung.

Zengung und Entwicklung.

	Seite
Achtzehnter Brief. Das Geschlecht	479
Neunzehnter Brief. Die Zengung der Thiere	501
Zwanzigster Brief. Die Zengung des Menschen . . .	527
Einundzwanzigster Brief. Das Ei im Eileiter. Die Zellen- bildung	539
Zweiundzwanzigster Brief. Das Ei und seine Hüllen in der Gebärmutter	560
Dreiundzwanzigster Brief. Der Embryo, seine Uralagen und sein Nervensystem	587
Vierundzwanzigster Brief. Die Sinnesorgane	607
Fünfundzwanzigster Brief. Das Skelett	622
Sechsendzwanzigster Brief. Die Eingeweide	641
Siebenundzwanzigster Brief. Das Blutgefäßsystem . .	654
Achtundzwanzigster Brief. Allgemeine Uebersicht . .	672
Neunundzwanzigster Brief. Eterlicher Einfluß. Mißbildungen	693
Dreißigster Brief. Der Umlauf des Lebens	711
Einunddreißigster Brief. Statistische Physiologie . .	725



Erste Abtheilung.

Das vegetative Leben.



Erster Brief.

Der Kreislauf des Blutes.

Das Blut ist der Träger alles individuellen Lebens. Ohne seine Vermittlung giebt es keine Neubildung, keine Umwandlung des Bestehenden, keine regelrechte Zurückbildung des Ueberflüssigen. Gleich dem Prinzipie des Lebens selbst ist das Blut in ewigem Umschwunge, in rastloser Bewegung begriffen; — bis in die entferntesten Theile des Körpers reißt sich sein Strom, überall sind ihm Bahnen aufgeschlossen, welche es nach bestimmten Gesetzen durchläuft, nach allen Seiten hin findet es Kanäle, durch welche es seine belebende Kraft den umliegenden Organtheilen mittheilt und seine Bestandtheile mit den ihrigen austauscht. Der Begriff des Kreislaufes, seine tatsächliche Existenz sind allmählich in das Volksbewußtsein übergegangen; man spricht davon, wie wenn daran nicht gezweifelt werden könne; es ist eine jener wenigen Wahrheiten, die sich gleichsam durchgefiltert haben aus den wissenschaftlichen Behältern und deren Bestand man annimmt, ohne nach dem Beweise, ohne nach den Folgen zu fragen. Wie verhalten sich die Gefäße und Kanäle, in denen das Blut kreist? Welche Kräfte sind an ihnen thätig, und auf welche Weise wird dieser stete Umlauf bedingt? Welche Beschaffenheit endlich zeigt das Blut selbst, welche chemische Zusammensetzung ist ihm eigenthüm-

lich und wie läßt sich aus all diesen Verhältnissen die Rolle erklären, welche das Gefäßsystem im Organismus spielt?

Daß das Herz der Mittelpunkt des Blutkreislaufes sei, dies wissen wir Alle aus eigener Erfahrung. Von ihm aus geht ein System von Röhren nach allen Theilen des Körpers, sich immer mehr verästelnd und verzweigend, bis wir endlich mit dem bloßen Auge den letzten dünnen Reiserchen nicht mehr folgen können. Von diesen cylindrischen Röhren, den Blutgefäßen, lassen sich schon äußeren Kennzeichen nach zwei Arten unterscheiden. Die einen sind fest, elastisch, bleiben gleich einer Gummiröhre rund und offen, selbst wenn sie leer sind oder durchschnitten werden; das Blut strömt in ihnen von dem Herzen weg nach den peripherischen Theilen des Körpers; — diese Röhren mit centrifugaler Richtung des Blutstromes sind die Arterien oder Schlagadern. Die anderen Gefäße sind dünnwandiger, sie fallen nach der Entleerung oder Durchschneidung zusammen; das Blut strömt in ihnen von den peripherischen Theilen aus nach dem Herzen zu — wir nennen diese nach dem Mittelpunkt leitenden Kanäle die Venen oder Blutadern.

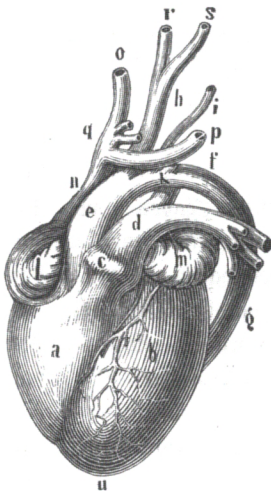


Fig. 1.

Das Herz mit den Blutgefäßstämmen von vorn. a. Rechte Kammer. b. Linke Kammer. c, d. Lungenschlagader. e. Aorta oder große Körper Schlagader. f. Bogen der Aorta. g. Absteigende Aorta. h. Gemeinschaftlicher Stamm der r. rechten Schlüsselbein- und s. rechten Halsarterie. i. Linke Halsarterie. k. Anfang der nicht weiter gezeichneten linken Schlüsselbeinarterie. l. Rechte Vorkammer. m. Linke Vorkammer. n. Obere Hohlvene. q, o. Gemeinschaftliche rechte Halsarmvene. p. Gemeinschaftliche linke Halsarmvene. u. Spitze des Herzens.

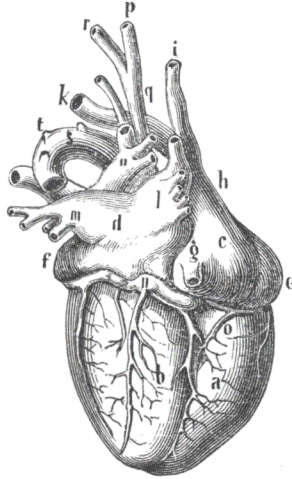


Fig. 2.

Das Herz mit den Blutgefäßstämmen von hinten. a. Rechte Kammer. b. Linke Kammer. c. Rechte Vorkammer. d. Linke Vorkammer. e. Rechtes, f. linkes Herzohr. g. Untere, h. obere Hohlvene. i. Gemeinschaftliche rechte Halsarmvene. k. Gemeinschaftliche linke Halsarmvene. l. Rechte Lungenvene. m. Linke Lungenvene. n. Kranzvene des Herzens. o. Kranzarterie des Herzens. q. Gemeinschaftlicher Stamm der p. rechten Schlüsselbein- und r. rechten Halsarterie (Carotis). s. Bogen der Aorta. t. Ursprung der linken Schlüsselbeinarterie. u. Lungenarterie.

Das Herz selbst ist ein hohler Muskel; ein nach unten zugespitzter Beutel mit dicken Wänden, die aus schleifenförmig angeordneten Muskelfasern gewoben sind, welche durch ihre Zusammenziehung den Beutel verengern und die darin enthaltene Flüssigkeit auspressen können. Eine innere Scheidewand theilt der Länge nach diesen Beutel in zwei Hälften, eine rechte und eine linke, und jede dieser Hälften ist wieder durch eine durchbrochene Querscheidewand in zwei Abtheilungen getheilt, welche mit einander durch die Oeffnungen der Querscheidewand in Communication stehen. — Die Längsscheidewand zeigt keine solche Communicationsöffnung; zwischen rechter und linker Herzhälfte besteht keine Verbindung; das Blut in der einen kann sich nie mit demjenigen der andern Hälfte vermischen. Auf diese Weise ist das Herz in vier Abtheilungen getheilt, deren

jede mit Blutgefäßen in Communication steht, die einen mit den zuführenden Venen, die anderen mit den wegführenden Arterien. Die ersteren heißen die Vorkammern, Vorhöfe oder Atrien, ihre Muskelwände sind gleich den Wänden der Venen schwächer, ihr Lumen größer als das der Kammern oder Ventrikel, welche sich durch starke Muskelschichten auszeichnen. Jede Herzhälfte hat demnach einen Vorhof und eine Kammer, welche mit einander durch weite Oeffnungen in der Querscheidewand, durch die sogenannten Atrio-Ventricularöffnungen, in Verbindung stehen. Schon aus der Natur der einmündenden Gefäße kann man schließen, daß der Weg, welchen das Blut im Herzen nimmt, aus den Venen in die Vorkammern, von dort in die Kammern und aus diesen durch die Arterien hinausgeht. Die relative Muskelschwäche der Vorhöfe erklärt sich ebenfalls schon aus diesem Umstande; — sie haben das in ihnen angesammelte, von der Peripherie kommende Blut durch ihre Zusammenziehung nur in die Kammern zu treiben, wozu bei der Kürze des Wegs und der Weite der Communicationsöffnung gerade keine bedeutende Kraft gehört; während hingegen die Kammern einer bedeutenden Kraftentwicklung bedürfen, um ihre Blutmenge durch die engen Kanäle der Arterien bis in die entferntesten Gebiete ihrer beiderseitigen Blutbahnen zu treiben. Die Richtung des Blutstromes im Herzen wird durch ein äußerst sinnreiches System häutiger Klappen bestimmt, welches namentlich in den Kammern in großer Vollkommenheit entwickelt ist. Jede Herzabtheilung hat natürlich zwei Oeffnungen, eine, wodurch sie mit den Gefäßen, eine andere, wodurch sie mit der anderen Herzabtheilung derselben Seite zusammenhängt; ohne Klappen würde bei der Zusammenziehung das Blut aus beiden Oeffnungen hinausgepreßt werden. An der Oeffnung zwischen je zwei Herzabtheilungen aber befindet sich eine solche Klappe, wie ein Segel aus mehreren Zipfeln gebildet, deren Stellung in der Art angeordnet ist, daß dem aus der Vorkammer her gepreßten Blute die Klappe sich weit öffnet, während sie im Momente sich schließt, wo die Kammer sich zusammenzieht und das Blut gegen die Klappe antreibt.

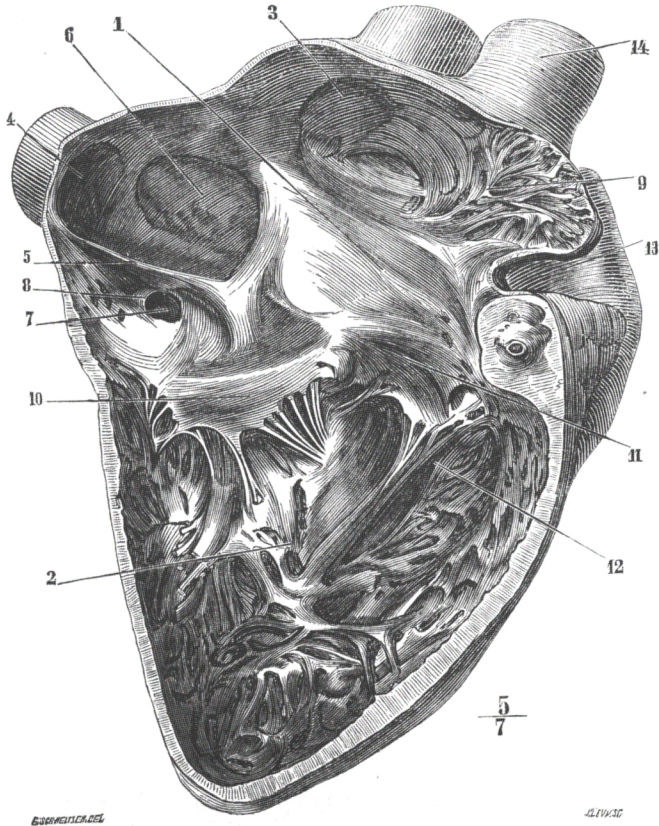


Fig. 8.

Innere Oberfläche der rechten Herzhälfte, deren Außenwand durch einen senkrechten, von der Basis nach der Spitze geführten Schnitt so entfernt ist, daß man in die Höhlung der Vorkammer und der Kammer hinein sieht.

1. Rechter Vorhof geöffnet. Der Strich führt auf die fast sehnige Scheidewand, welche den rechten Vorhof vom linken trennt. 2. Scheidewand, welche die rechte Kammer von der linken trennt. Man sieht die zahlreichen Sehnensäden und Muskelbalken, die von der Scheidewand entspringen. 3. Öffnung der oberen Hohlvene. 4. Öffnung der unteren Hohlvene. 5. Häutiger Vorsprung an derselben, der als Klappe dient. 6. Ovale Loch, bis zur Geburt offen und die Verbindung zwischen rechter und linker Herzhälfte vermittelnd, später geschlossen. 7. Mündung der Kranzvene des Herzens. 8. Häutige Klappe an derselben. 9. Rechtes Herzohr. 10 und 11. Dreizipfelige Klappe (Valvula tricuspidalis) mit ihren Sehnensäden, in der Stellung der Diastole der Kammer, wenn das Blut in dieselbe einströmt.

12. Höhlung, die hinter der Klappe durch zur Einmündung der Lungenarterie (13) führt. 14. Stamm der Aorta, aus der linken Herzkammer entspringend.

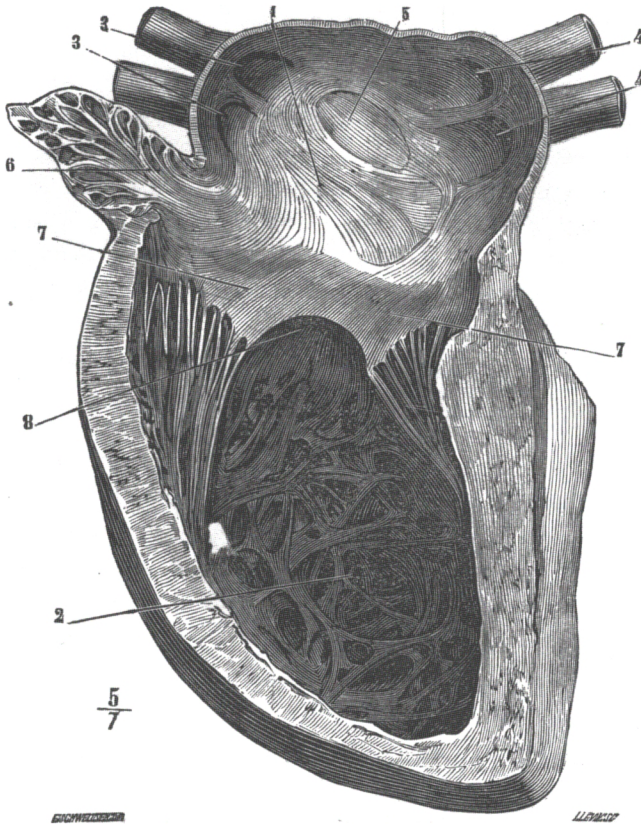


Fig. 4.

Innere Oberfläche der linken Herzhälfte, durch einen senkrechten Schnitt bloßgelegt, der die Außenwand entfernt hat.

1. Sehnige Scheidewand, welche die linke Vorkammer von der rechten trennt. 2. Scheidewand zwischen linker und rechter Kammer, mit vielen Muskelbündeln. 3. und 4. Einmündungen der Lungenvenen. 5. Verwachsenes eirundes Loch (Foramen ovale.) 6. Linkes Herzohr. 7. Zweifelhafte Klappe (Valvula mitralis) in der Stellung, die sie beim Einstürmen des Blutes in die Herzkammer einnimmt. 8. Höhlung, die unter der Klappe durch in die Mündung der Aorta führt.

Die Segelklappe in der rechten Herzhälfte zwischen Vorkammer und Kammer heißt die dreizipfelige Klappe, die in der linken Herzhälfte gelegene die zweizipfelige oder Bischofsklappe; beide bestehen aus dünnen Sehnenhäuten, an welche sich, an der Seite nach der Kammer zu, feine, oft bogenförmig geschlungene Sehnenfasern ansetzen, die von den Kammerwänden selbst ausgehen und mit Warzenmuskeln zusammenhängen, welche in die freie Herzhöhle hineinragen. Bei der Zusammenziehung der Kammern ziehen sich auch die Warzenmuskeln zusammen, spannen durch ihre Sehnen wie durch Zugseile die häutigen Segel und beschleunigen so den Schluß derselben. Die freien Ränder der Segel rollen sich dann auf, legen sich an einander und schließen schon bei dem geringsten Drucke von der Kammer her die Öffnung vollkommen; während sie im Augenblicke, wo dieser Druck nachläßt, sich öffnen und die Blutwelle vom Vorhose her einströmen lassen. — Noch einfacher sind die Klappen an den Ursprüngen der beiden Hauptarterien, der Lungenschlagader und der Aorta. Hier finden sich die sogenannten halbmondförmigen Klappen, je drei Taschenventile aus dünner Sehnenhaut mit freiem geradem Rande und bogenförmig angewachsener Basis. Der Bogenrand schaut nach dem Herzen, der freie Rand nach der Peripherie hin; die Ventile liegen an der Arterienwand an, wie die Taschen eines Rutschenschlages. Der aus den Kammern hervorgetriebene Blutstrom läuft vom angewachsenen gegen den freien Rand des Ventiles hin; er drückt also dieses an die Arterienwand an und rauscht ungehindert darüber weg. Der Rückprall der Blutwelle gegen die Kammer hin fängt sich in dem freien Rande, stellt das Ventil auf und schließt es, indem die Ränder der drei Klappen genau an einander passen.

Man hat durch Versuche nachgewiesen, daß es nur eines äußerst geringen Druckes bedarf, um die erwähnten Klappen zu stellen und zwar so zu stellen, daß sie vollkommen hermetisch schließen und auch nicht einen Tropfen Flüssigkeit durchlassen. Jeder kann sich davon leicht an dem Herzen eines frisch geschlachteten Thieres überzeugen. Man braucht nur Wasser aus einem

Topfe in eine der großen Schlagadern zu gießen. Die geringe Kraft des Wasserstrahles reicht hin, die halbmondförmigen Klappen so zu schließen, daß auch nicht ein Tropfen Wasser in die Kammer gelangt. Führt man durch die Arterien eine Röhre ein und gießt Wasser in die Kammer, so kann man, bei aufgeschnittenen Vorhöfen, den Schluß der Segelklappen an den Kammeröffnungen beobachten. Viele unheilbare Herzkrankheiten beruhen auf krankhafter Veränderung der Segelklappen oder der Taschenventile, wodurch das Spiel derselben gehemmt, ihr Schluß unvollkommen und der Kreislauf unregelmäßig gemacht wird. Bei Veränderung der Segelklappen stürzt ein Theil des in der Kammer befindlichen Blutes, statt durch die Schlagadern ausgetrieben zu werden, in die Vorkammer zurück; bei unzureichendem Schluß der Taschenventile fließt das in die Schlagadern getriebene Blut wieder in die Kammer zurück.

So vollkommen die genannten Klappeneinrichtungen an den Mündungen der Kammern sowohl gegen die Arterien, als gegen die Vorhöfe hin sind, so unvollkommen sind die Vorrichtungen an den Einmündungen der Venen in die Vorhöfe. Ringmuskeln, welche die Einmündungsstellen durch Zusammenziehung verengen, Vorsprünge und Faltensäume sind hier zwar angebracht, aber nicht in so vollständiger Weise ausgebildet, um, wie bei den Kammern, den Rückprall des Blutes bei der Zusammenziehung gänzlich zu verhindern. Die Klappenvorrichtungen an beiden Öffnungen der Kammern genügen indessen schon, um aus dem Herzen ein hydrostatisches Druckwerk mit Ventilen zu machen, welche dem Blutstrom die gehörige Richtung anweisen. So genau sind alle Kräfte an dieser wunderbaren Maschine berechnet, so harmonisch ihr Zusammenwirken, daß die geringsten Fehler an den Klappen schon Unordnungen des Auslaufes erzeugen, indem der vollkommene Schluß nicht mehr erzielt werden kann, während bei normaler Bildung der Klappen bis zu dem letzten matten Herzschlage noch Kraft genug im Herzen vorhanden ist, um die Klappen gehörig zu stellen und so dem Blutstrom seine Richtung anzuweisen. Denn man bedenke wohl, daß das Herz ohne Klap-

pen nur eine bewegende Maschine sein würde, welche das Blut aus allen seinen Oeffnungen hinausbrücken, nicht aber in einer stets bestimmten Richtung einseitig forttreiben würde, und daß nur die in rein mechanischer Weise angebrachten und spielenden Klappen es sind, welche die Richtung bestimmen und somit den Kreislauf und mit ihm das Leben ermöglichen.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß stets die gleichnamigen Abtheilungen beider Herzhälften sich in demselben Zeitmomente zusammenziehen, daß die beiden Vorkammern sich zusammenziehen, während die Kammern sich ausdehnen, und daß hernach die Zusammenziehung beider Kammern mit gleichzeitiger Ausdehnung der Vorkammern verbunden ist. Bei der Zusammenziehung oder Systole der Kammern hebt sich die Herzspitze, indem sie sich zugleich etwas um ihre Achse dreht und zwischen der fünften und sechsten Rippe etwas links von der Mittellinie gegen die Brustwand anschlägt, während sie bei der Ausdehnung oder Diastole der Kammern wieder in ihre vorige Lage zurücksinkt. Diese stete Ortsveränderung des Herzens wird dadurch möglich, daß es, ohne weitere Befestigung als die durch die eintretenden Blutgefäße bedingte, frei in einem weiten Sack mit glatten Wänden, dem Herzbeutel, aufgehängt ist.

Jeder Herzschlag, den wir fühlen, ist demnach aus drei Tempo's zusammengesetzt: der Erweiterung oder Diastole der Kammern, während welcher sich die Vorkammern zusammenziehen; der Zusammenziehung oder Systole der Kammern, während welcher sich die Vorkammern ausdehnen, und einer Ruhezeit, während welcher das ganze Herz sich in Erschlaffung befindet. Bei der Kammerhsystole sind die Arterienklappen geöffnet und die Klappen an den Atrio-Ventricularöffnungen geschlossen, so daß das Blut in die Arterien eingetrieben wird, während ihm der Rückweg in die Vorhöfe verschlossen ist; zugleich sind die Vorhöfe weit ausgedehnt und das von außen her kommende Blut strömt in die Vorhöfe ein. Unsere schematische Figur 5, S. 14 ist auf diesen Augenblick der Herzhätigkeit hin gezeichnet. Bei der Vorkammerhsystole schließen sich die Venenöffnungen so weit als möglich, um

den Rückprall des Blutes in dieser Richtung zu verhüten, während die Atrio-Ventricularöffnungen sich aufthun, das Blut in die Kammern einzulassen, die Arterienklappen dagegen sich schließen, und dem Rückstrom des Blutes in die Kammer, welche sich ausdehnt, Widerstand leisten.

Die Zusammenziehung der Kammern wie der Vorkammern ist mit besonderer Tonentwicklung verbunden. Man braucht das Ohr nur an die Herzgegend eines lebenden Menschen oder Thieres anzulegen, um diese Herztöne zu hören, benutzt aber gewöhnlich zu dieser Auscultation, wie man die Untersuchung durch das Ohr nennt, ein besonders construirtes Instrument, das Stethoskop. Der erste Herzton bilbet ein längeres, dumpfes, strömendes Rauschen, er fällt mit der Kammerhsstole zusammen; der zweite Herzton folgt unmittelbar auf den ersten und ist kurz, hell, klappend, er bezeichnet den Anfang der Zusammenziehung der Vorhöfe. Während des dumpfen Rauschens des ersten Herztones schlägt das Herz an die Brustwand an, und in normalem Zustande ist es nicht möglich, einen Zeitintervall zwischen dem Anschlagen des Herzens und dem ersten Tone zu finden. Die Entdeckung dieser Hörbarkeit der Herztöne und ihrer äußerst mannigfachen Veränderungen bei organischen Krankheiten des Herzens bezeichnet eine neue Epoche in der Geschichte der Medicin. Das Verhältniß der Töne zu den Herzbewegungen und ihre physikalische Ursache aufzuklären, hat man die mannigfachste Mühe verwendet, und es ist kein Theil des Herzens, dem man nicht einige oder alle Mithülfe an ihrer Entstehung zuwenden wollte. Die Zusammenziehung der Muskelfasern des Herzens, das Einschließen der Blutwellen in die geöffneten Herzräume, die Reibung derselben an den Herzwänden, alle diese Momente wurden, aber größtentheils vergebens, zu Hülfe genommen. Jetzt scheint man sich endlich dahin verständigt zu haben, daß die Herztöne Klappentöne sind, daß sie von den Schwingungen der sich stellenden Klappen herrühren und daß ihre Verschiedenheit eben in der verschiedenen Größe und Anordnung der Klappen besteht. Der erste, länger gehaltene, dumpfe Ton würde die Schließung der

großen, segelförmigen Klappen der Atrio-Ventricularöffnungen, der zweite diejenige der kleineren taschenförmigen Arterienventile bezeichnen; bei dem ersten Tone aber noch das Muskelgeräusch der dicken Kammerwände mitgehört werden. Jeder Muskel erzeugt nämlich bei seiner Zusammenziehung ein dumpfes, brausendes Geräusch, das man sehr wohl hören kann, wenn man z. B. das Stethoskop auf den Arm setzt, während der Vorderarm bewegt wird.

Verfolgen wir nun die allgemeine Bahn des Kreislaufes, indem wir von der linken Kammer aus dem Strome des Blutes nachgehen. Durch eine mit halbmondförmigen Taschenventilen besetzte Oeffnung tritt das Blut in die große Körper Schlagader, die Aorta, ein, und vertheilt sich durch alle Aeste und Zweige derselben in alle Theile des Körpers.

In unserer schematischen Figur (Fig. 5, S. 14) haben wir diesen Körperstrom dargestellt, wie wenn er sich in zwei Ströme theilte, einen (b) für die obere, einen anderen (d) für die untere Körperhälfte — der eine versorgt Kopf, Hals und Arme, der andere den Rumpf und die unteren Extremitäten mit Blut. In der Natur ist diese Theilung nicht vollkommen streng durchgeführt, wenn auch die großen Halsschlagadern (Carotiden) wesentlich den Kopf, die Schlüsselbeinadern (Subclaviae) die Arme, und die untere Aorta den übrigen Körper durch ihre Aeste, Zweige und Zweiglein versorgen.

So fein werden die letzten Aeste der Arterien, daß sie nur noch unter dem Mikroskop unterscheidbar sind. In diesem Zustande bilden sie Netze, welche alle Organe durchstricken. Die Inseln von Organsubstanz, welche bei einigen Geweben, wie z. B. in der Lunge oder der Leber, zwischen diesen feinen Maschen der Capillargefäße oder Haargefäße zurückbleiben, sind oft so klein und unbedeutend, daß bei manchen älteren Anatomen namentlich der Glaube verbreitet war, die Gewebe des Körpers beständen nur aus diesen letzten Zweigen der Blutgefäße. In jedem Organe des Körpers sind diese Haargefäßnetze anders gestaltet, je nach der Natur des Organes; anders in den Muskeln,

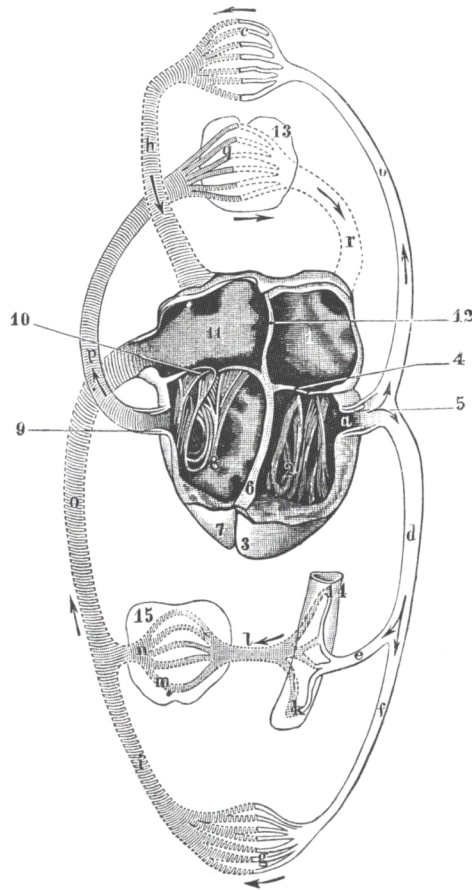


Fig. 5.

Schematische Darstellung des Blutkreislaufes. Das Herz ist der Länge nach durch einen quer auf die Scheidewand geführten Schnitt geöffnet, um die inneren Höhlen und Klappen zu zeigen, und zwar sind diese letzteren in der Stellung gezeichnet, welche sie bei der beginnenden Zusammenziehung der Kammern (Systole) einnehmen. Die zwischen den Kammern und den Vorhöfen angebrachten Segelklappen sind also geschlossen, die halbmondförmigen Klappen der großen Arterien aber geöffnet. Die Paargefäßsysteme sind durch einfache Verästelungen angezeigt; alle zum Herzen führenden Gefäße (Venen) mit punktierten Linien, dagegen alle vom Herzen wegführenden

Gefäße (Arterien) mit zusammenhängenden Contourlinien bezeichnet; kleine Pfeile zeigen die Richtung der Blutströmung. Diejenigen Gefäße, welche dunkles Blut führen und mit der rechten Herzhälfte in Verbindung stehen (Körpervenen und Lungenarterien) sind quer schraffirt; die Gefäße des Pfortader-systems gekreuzt schraffirt; die helles Blut führenden Gefäße (Lungenvenen und Körperarterien) sind unschraffirt gelassen.

1. Linker Vorhof. 2. Höhle der linken Kammer, die Sehnen und Warzenmuskeln zeigend, die sich an die Lappen der Segelklappe (4) ansetzen. 3. Spitze des Herzens. 4. Zweizipfelige Klappe (Valvula mitralis). 5. Halbmondförmige Klappen (V. semilunares) der Aorta. 6. Scheidewand der Kammern. 7. Spitze der rechten Kammer. 8. Höhlung der rechten Kammer. 9. Halbmondförmige Klappen der Lungenarterie. 10. Dreizipfelige Klappe (Valvula tricuspidalis). 11. Rechter Vorhof. 12. Scheidewand der Vorhöfe. 13. Lunge. 14. Darm. 15. Leber.

a. Arterieller Körperstrom (Aorta). b. Arterieller Strom für den Oberkörper. c. Capillarsystem des Oberkörpers. d. Arterieller Strom für den Unterkörper. e. Arterieller Strom für die Verdauungsorgane. f. Arterieller Strom für die untere Körperhälfte. g. Capillarsystem des Unterkörpers. h. Venöser Strom vom Oberkörper (obere Hohlvene). i. Venöser Strom vom Unterkörper. k. Capillarsystem der Verdauungsorgane. l. Pfortader. m. Capillarsystem der Leber. n. Lebervenen. o. Untere Hohlvene. p. Lungenarterie. q. Capillarsystem der Lungen. r. Lungenvene.

anders in den Eingeweiden, anders in der Haut oder in den Knochen, wie dies aus den nachstehenden Figuren hervorgeht, welche die Haargefäßnetze der Leber (Fig. 6), der Lunge (Fig. 7) und einer Darmsotte (Fig. 8) darstellen.

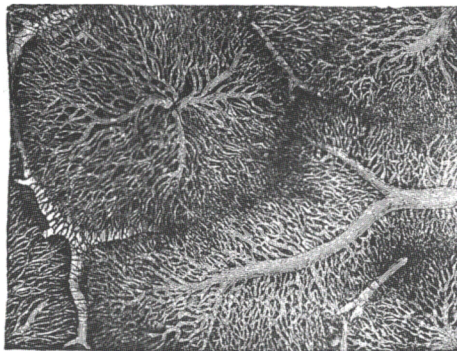


Fig. 6.

Haargefäßnetz der Leber, von den Lebervenen aus eingespritzt.

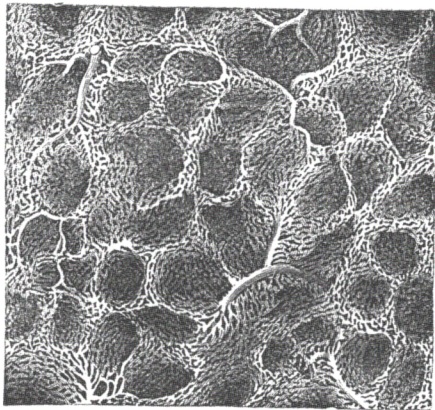


Fig. 7.
Haargefäßnetz der Lungenbläschen.

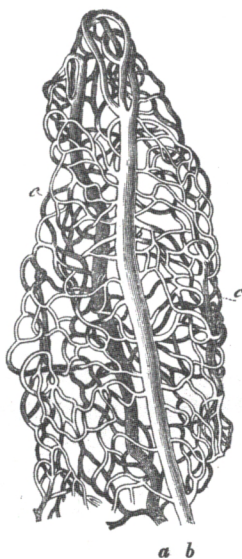


Fig. 8.
Haargefäßnetz einer Darmzotte. a. (dunkel schattirt) Arterie; b. Vene;
c. Capillarnetz, ziemlich weitmaschig.

Je lebhafter der Umsatz in einem Organe, desto enger und gebrängter sind auch die Netze, desto geringer die Inseln von Substanz, welche zwischen den Rinnen der Haargefäße zurückbleiben. Nur sehr wenige Organe, wie z. B. die Oberhaut und die Haare, entbehren ihrer gänzlich. Aus diesen Maschennezen nun sammeln sich allmählich wieder kleinere Stämmchen, welche unter einander zusammen münden, größere Zweige und Aeste und endlich zwei Hauptvenenstämme bilden, die obere und untere Hohlvene, welche sich in den rechten Vorhof einsenken und somit alles von der linken Kammer aus durch den Körper vertheilte Blut wieder in das Herz, aber in die rechte Herzhälfte, zurückführen. Man hat diese Section des Kreislaufes, von der linken Kammer aus durch die Haargefäße des Körpers und zurück in den rechten Vorhof, den großen oder Körperkreislauf genannt, und wie leicht einzusehen und zu beweisen ist, hängt die Bewegung des Blutes in dieser Bahn einzig und allein von den Zusammenziehungen der linken Kammer ab. In dem rechten Vorhose angelangt erhält das Blut einen neuen Impuls, es strömt in die rechte Kammer und wird aus dieser in die Lungenarterie getrieben. Die Lungenarterie vertheilt sich in den Lungen in feine Capillaren, welche sich wieder zu Venen sammeln und endlich durch die großen Stämme der Lungenvenen in den linken Vorhof einmünden. Aus diesem wird dann das Blut in die linke Kammer gepreßt, von welcher aus es von neuem seine Bahn beginnt. Man hat diesen Abschnitt des Kreislaufes aus der rechten Kammer durch die Lungen in die linke Vorkammer den kleinen oder Lungenkreislauf genannt.

Während eines einmaligen Umschwunges durch seine Bahn läuft das Blut demnach zweimal durch das Herz, einmal, indem es aus dem großen Kreislaufe zurückkehrend durch das rechte Herz streicht, um von da aus nach den Lungen zu getrieben zu werden, das zweite Mal, wenn es aus den Lungen in das linke Herz und durch dieses in den Körper sich begibt. Zu einem jeden Kreislaufe gehört eine ungleichnamige Abtheilung verschiedener Herzhälften, zum großen linke Kammer und rechter Vorhof,

zum kleinen rechte Kammer und linker Vorhof, und die Vermittlung zwischen den beiden im Herzen selbst so streng geschiedenen Herzhälften geschieht nur durch die Capillarsysteme des Körpers einerseits und durch die Haargefäße der Lungen anderseits. Jede Hälfte eines Kreislaufes bildet gleichsam einen Baum, als dessen Stamm das aus dem Herzen entspringende Gefäß anzusehen ist, während die Krone mit den vielen tausend Zweiglein in den Capillarsystemen repräsentirt ist. Das arterielle, von der linken Kammer und der Aorta ausgehende System bildet einen solchen Baum, dessen Zweige durch die Körpercapillaren unmittelbar in die Wurzeln des Körpervenenbaumes übergehen; ja, wenn man die Vergleichung noch weiter treiben wollte, so würde sich der Stamm des in den Körpercapillaren zusammengesetzten venösen Baumes durch die Hohlvenen in das rechte Herz fortsetzen und in den Lungen sich verästelnd seine Krone bilden, während hier, in den Capillaren der Lungen, der Körperarterienbaum entspränge, seine Wurzeln in den Lungenvenen sammelte und als Stamm durch das linke Herz ziehend seine Krone in den Körpercapillaren bildete. Wie man sich auch die Sache vorstellen mag, zu jeder Hälfte des Kreislaufes gehören zwei centrale Herzabtheilungen, ein peripherisches Capillarsystem und ein System ausführender und rückführender Kanäle (Arterien und Venen); der große Kreislauf hat seine linke Kammer, seinen rechten Vorhof, seine Körperarterien und Körpervenen; der Lungenkreislauf seine rechte Kammer, seinen linken Vorhof, seine Lungenarterien und Lungenvenen.

Einer besondern Erwähnung ist noch das sogenannte Pfortaderssystem werth, welches gleichsam ein Einschiesel in den großen Kreislauf bildet. Der untere Körperstrom der Aorta versorgt nicht nur Rumpf und Beine, sondern auch die Eingeweide der Bauchhöhle und namentlich den Darmkanal und seine Anhänge mit arteriellen Gefäßen. Diese verzweigen sich und bilden Capillarneze, aus denen Darmvenen sich zusammensetzen, welche endlich alle in eine große Vene, die Pfortader, sich vereinigen. Wäre die Anordnung wie an den übrigen Organen, so

würde die Pfortader ihr Blut unmittelbar in eine Hohlvene ergießen und so es direct dem rechten Vorhof zuführen. Dies ist aber nicht der Fall. Die Pfortader tritt in die Leber ein, und bildet in dieser Capillarneze ganz wie eine Arterie — aus diesen Haargefäßen der Leber sammeln sich erst wieder die Lebervenen (n), welche das Blut in die Hohlvene und durch diese in das Herz ergießen. Während also im ganzen übrigen Körper das Blut stets nur ein Capillarsystem durchläuft, bevor es wieder in einer Herzabtheilung einen neuen Impuls erhält, durchströmt das den Darm speisende Blut zwei Capillarsysteme, das des Darmes und das der Leber, zwischen welchen keine bewegende Kraft angebracht ist, und kehrt dann erst wieder in das Herz zurück. Wir werden später sehen, daß diese eigenthümliche Anordnung des Darm- und Leber-Kreislaufes oder des Pfortadersystemes, die allen Wirbelthieren bis zu den Fischen herab eigen ist, in einer ganz besonderen Beziehung zu der Ernährung des Körpers überhaupt steht.

Die Capillarsysteme sind, wie wir später beweisen werden, der Sitz der chemischen und physischen Veränderungen der Blutmasse. In den Haargefäßen gehen die Prozesse der Ernährung, der Absonderung, der Aufsaugung vor sich, und dieser wechselseitige Austausch von Stoffen in den Capillaren zwischen der Blutmasse einerseits und den umgebenden Organtheilen andererseits muß nothwendig eine gewisse Rückwirkung auf Farbe und Zusammensetzung des Blutes haben. In den Capillaren des Körpers wird das Blut dunkel, es erhält eine bläulich-violette Farbe; in den Capillaren der Lunge wird es hellroth, schäumend. Der Durchgang des Blutes durch das Herz verändert seine Zusammensetzung durchaus nicht; das Herz hat nur eine rein mechanische Beziehung zu dem Blute, es ist nur eine Druckpumpe, die der ihr zufließenden Flüssigkeit, dem Blute, die Bewegung mittheilt. Wenn demnach der Durchgang durch Capillaren das Blut ändert, derjenige durch das Herz aber nicht, so müssen die ungleichnamigen Gefäße der beiden Kreislaufhälften gleichartiges, die beiden Herzhälften verschieden-

artiges Blut führen. Die Lungenvenen führen hellrothes Blut, dieses durchläuft das linke Herz und wird, ohne verändert zu werden, durch die Körperarterien weiter geschafft; — in den Körpercapillaren wird das Blut dunkel, blau, und bleibt so durch die Venen, das rechte Herz und die Lungenarterien hindurch bis in die Lungencapillaren, wo es wieder hellroth wird. Man hat das hellrothe Blut auch arterielles, das blaurothe Blut venöses Blut und demnach die linke Herzhälfte das Arterienherz, die rechte das Venenherz genannt; es folgt aus diesen Benennungen leider eine große Verwirrung, denn die Lungenarterien führen blaurothes, venöses Blut, die Lungenvenen hellrothes, arterielles. Ich weiß mich noch gar wohl zu erinnern, wie sehr mir diese fatalen Benennungen eine klare Anschauung des Kreislaufes behinderten; ich werde sie hier nicht anwenden, und nur von dunklem und hellrothem Blute, von dunkler und heller oder rechter und linker Herzhälfte sprechen.

Die ganze hydraulische Anordnung des Gefäßsystemes mit dem Herzen entspricht den Anforderungen, welche an ein solches Röhrensystem gemacht werden können, auf das Vollkommenste. Schon in dem Herzen selbst ist keine Kraft unnöthig verschwendet; — die Kammerwandungen sind ihrer Dicke und Muskelmasse nach genau der Bahn angemessen, durch welche sie das Blut hindurchtreiben sollen. Die linke Kammer, welche die gesammte Blutmasse durch alle Arterien, Capillaren und Venen des Körpers, ja sogar theilweise, in dem Pfortadersysteme, durch zwei Capillarsysteme bis in die rechte Vorkammer treiben muß, ist die stärkste an Muskelschichten, und dem Gewichte, wie dem Volumen nach ist ihre Muskelmasse genau doppelt so groß, als diejenige der rechten Kammer, welche nur auf weit kleinerer Bahn durch die Lungen ihre forttreibende Kraft ausübt, und deshalb auch weit dünnere contractile Wände besigt. Trotz dieser so einfachen und leicht ersichtlichen Verhältnisse aber hat man sich von frühen Zeiten her bestrebt, dem Blute als solchem einen Antheil an der Bewegung zukommen zu lassen. Es widerstrebte der Ueberzeugung vom Leben des Blutes, wenn man wieder auf der anderen

Seite annehmen sollte, daß es sich der Herzthätigkeit gegenüber nur wie eine jede andere todte Flüssigkeit verhalte, und man vergaß, daß alle Bewegung auf Erden, mag sie nun Organismen angehören oder nicht, denselben physikalischen Gesetzen gehorcht, und daß der Knochen nicht minder lebt, wenn er gleich von den Muskeln wie jeder andere leblose Hebelarm hin- und hergezogen wird. Es kann meine Aufgabe nicht sein, hier alle jene veralteten Hypothesen von einer eigenen Treibkraft, die dem Blute inwohnen sollte, von einer freien Bewegung der Blutkörperchen, von einer Wiederholung des Planetenlaufes in der Blutbahn zu widerlegen; der Versuch, die Beobachtung, die Rechnung und die Anwendung rein physikalischer Untersuchungsmethoden haben mit mathematischer Gewißheit dargethan, daß alle Blutbewegung lediglich und allein von der Herzthätigkeit abhängt, daß die bewegende Kraft einzig in dem Herzen liegt und die Strömung ganz auf dieselbe Weise in den Gefäßen geschieht, ob nun Blut oder eine andere ähnlich zusammengesetzte Flüssigkeit darin kreise.

Mit jeder Zusammenziehung treibt das Herz eine gewisse Blutmenge aus den Kammern in die an und für sich schon mit Blut gefüllten Arterien hinaus. Die Arterien sind aus elastischen Fasern gesponnene Röhren, der Stoß der Blutwelle dehnt mithin ihr Lumen aus. Ihre eigene Elasticität aber, sowie der momentane Nachlaß des Stoßes während der Kammerdiastole, bedingen einen Widerstand gegen diese passive Ausdehnung; — die Arterie zieht sich auf ihr früheres Volumen zusammen. Nun neue Kammerhsstole, neuer Stoß, neue Welle, abermalige Ausdehnung des Gefäßes, der ein erneuter Widerstand der elastischen Gefäßwände, eine zweite Zusammenziehung derselben folgt. Dies beständige Heben und Senken der Arterienwandungen, dieser abwechselnde Rhythmus der Blutwellen bebingt die Erscheinung des Pulses; jenes Orakels, das man bei allen Krankheiten um Rath fragt. Drei Momente kommen demnach bei dem Pulse hauptsächlich in Betracht: die Kraft des Herzstoßes, die Größe der Blutwelle und der Grad der Elasticität der Arterien, wodurch eine mehr oder minder bedeutende Energie des Widerstandes

ihrer Wandungen bedingt wird. Aus diesen drei Factoren setzen sich alle jene verschiedenen Modificationen des Pulses zusammen, welche der Arzt zu beobachten und in seinen Diagnosen zu benutzen hat. Die Zahl und der Rhythmus des Pulses hängen von der Herzthätigkeit, seine Fülle oder Leere von der Größe der Blutwelle und der Gesamtmenge des Blutes überhaupt, seine Härte oder Weichheit endlich von dem Contractionszustande der Arterienhäute ab. Man weiß aus Erfahrung, daß die scheinbar widersprechendsten Eigenschaften des Pulses sich vereinigen können, daß ein voller Puls zugleich weich sein kann, wenn ein lähmungsartiger Zustand der Arterienhäute die thätige Contraction der Fasern hemmt, oder daß bei kleinem, kaum fühlbarem Pulse derselbe doch hart ist, weil durch Krampf die elastischen Fasern zusammengezogen sind. Man sieht leicht ein, daß bei dem innigen Zusammenhange der Herzbewegung mit dem centralen Nervensystem, bei der genauen Verknüpfung der Blutbereitung, Verdauung und Ernährung mit der Menge des Blutes und der Abhängigkeit der Gefäßcontraction von dem peripherischen Nervensystem und von den äußeren Eingüssen, der Puls die mannigfaltigsten krankhaften Erscheinungen in sich reflectiren kann.

Nicht bloß krankhafte Zustände aber, auch normale Einflüsse bedingen die größten Verschiedenheiten des Pulses je nach Alter, Geschlecht und Größe der Individuen. Im Allgemeinen steht der Satz fest, daß die Zahl der Pulsschläge im umgekehrten Verhältnisse zu der Körpermasse steht. So hat ein neugeborenes Kind im Durchschnitt 130—140 Pulsschläge, ein erwachsenes Individuum zwischen 20—50 Jahren etwa 70, ein Greis etwa 75 Pulsschläge in der Minute. Eben so einflußreich ist der Athmungsprozeß. Je lebhafter die Respiration, desto zahlreicher auch die Pulsschläge, desto kräftiger die Zusammenziehungen des Herzens. Im Allgemeinen rechnet man 3—4 Herzschläge auf einen Athemzug. In einem frisch getödteten Thiere kann man die Herzbewegungen mittelst Herstellung der künstlichen Athmung aufs neue anregen. Bei sehr tiefer Einathmung wird der Herzschlag langsamer und schwächer, bei starker Ausathmung schneller

und kräftiger. Auch die Körperstellung hat Einfluß. Im Stehen ist der Puls zahlreicher als im Sitzen, hier wieder beschleunigter als im Liegen; er wird langsamer während des Nachtschlafes, als wenn man bei Tage schläft, langsamer bei mäßigem Hungern unmittelbar vor der Mahlzeit, während die Zahl der Pulschläge nach den Mahlzeiten allmählich so steigt, daß die Häufigkeit nach 3—4 Stunden ihren Höhepunkt erreicht.

Mit jedem Pulschlage wird eine gewisse Quantität Blut aus dem Herzen in die Arterien hinausgetrieben, und zwar muß diese Menge Blutes mit der Capacität der Herzhöhlen im genauesten Verhältnisse stehen. Die Herzkammer kann begreiflicher Weise nicht mehr Blut auspressen als sie enthalten kann, und was sie bei der Diastole aufnimmt, das treibt sie auch fast vollständig wieder aus. Kennt man nun die Capacität der Herzhöhlen und die Quantität der in dem Körper überhaupt vorhandenen Blutmenge, so läßt sich leicht berechnen, in wie viel Zeit die gesammte Blutmenge durch das Herz gehen muß, oder mit anderen Worten, wie viel Zeit zu einem vollständigen Umschwunge der gesammten Blutmenge gehöre. Nun ist aber leider die Bestimmung der Blutmenge eines Individuums eine äußerst schwierige Aufgabe. Das Verblutenlassen führt nicht zum Ziele. Das Leben endet durch die Lähmung des Gehirnes und des Herzens schon lange bevor sämmtliches Blut aus den Gefäßen ausgeflossen ist und es bleibt stets eine Menge davon nicht nur in den Haargefäßen, sondern auch in den Geweben durch Austritt aus den Gefäßen zurück, welche nicht bestimmt werden kann und die um so größer ausfällt, je bedeutender die Körpermasse selbst ist. Man hat Verbrecher vor und nach der Enthauptung gewogen, wodurch man unmittelbar das Gewicht des ausgeflossenen Blutes erhielt; dann aber auch noch mittelst Einspritzung lauen Wassers das Blut aus den Haargefäßen ausgewaschen und die Menge dieses ausgewaschenen Blutes durch die Bestimmung des festen Rückstandes ermittelt. Eben so hat man in sinnreicher Weise die Färbekraft des Blutes benutzt, um aus dieser die Menge zu bestimmen, oder man hat diese Menge in der Weise zu berechnen

versucht, daß man zuerst einem lebenden Thiere eine bestimmte Quantität Blut (so viel als ohne Störung geschehen kann) entzog und genau dessen specifisches Gewicht, so wie die Menge fester Stoffe, die es enthält, bestimmte. Nun spritzte man, was ohne Gefahr geschehen kann, destillirtes Wasser in bestimmter Menge in die Adern, wartete einige Minuten, bis dieses durch den Kreislauf mit der Blutmenge gemischt war, und entzog dann aufs Neue von dem nun verdünnten Blute eine bestimmte Menge, an der man specifisches Gewicht und festen Stoffgehalt bestimmte. Aus der Vergleichung der erhaltenen Werthe beim unverdünnten und beim verdünnten Blute ließe sich nun die Blutmenge des Thieres bestimmen, wenn das Wasser überall gleichmäßig mit dem Blute sich mischte und die verdünnte Blutflüssigkeit nicht aus den Gefäßen ausschwiigte. Alle diese Methoden ergeben zu verschiedene Resultate, um sie anwenden zu können. Dagegen gelangte Vierordt endlich auf anderem Wege zum Ziele. Man öffnete eine Halsvene des Pferdes und spritzte ein leicht zu entdeckendes Reagens in das Blut ein. In abgemessenen Intervallen, die man mit der Secundenuhr bestimmte, zapfte man nun aus der Halsvene der anderen Seite Blut ab und untersuchte dies Blut auf den Gehalt an dem eingeführten Stoffe. Um von einer Vene zur anderen zu gelangen mußte das Blut den Weg durch das rechte Herz in die Lungen, dann in das linke Herz und durch den Körper machen, folglich die ganze Bahn des Kreislaufes durchmessen. Hierzu genügten beim Pferde im Mittel 31,5 Secunden; bei der Katze 6,69; beim Fgel 7,61; beim Kaninchen 7,79; beim Hund 16,7 Secunden. Nun bestimmte man mittelst äußerst genauer Instrumente einerseits die Geschwindigkeit, mittelst welcher das Blut durch die Aorta strömt, andernteils den Querschnitt derselben, woraus man dann berechnen konnte, wie viel Blut in einer Secunde durch die Aorta in den Körper strömt, also von dem Herzen ausgepumpt wird. Aus der Berechnung dieser Zahlen ergab sich zuerst ein allgemeines Gesetz, nämlich daß bei Säugethieren und Vögeln, mögen sie nun groß oder klein sein, es im Ganzen 27 Herzschläge bedarf, um die ganze

Blutmenge durch das Herz zu treiben und daraus ließ sich wieder die gesammte Blutmenge berechnen, die im Mittel, bei allen warmblütigen Thieren, etwa $\frac{1}{13}$ des Körpergewichtes beträgt. Wendet man diese Säge auf den Menschen an, so findet man, daß bei diesem die gesammte Blutmenge etwa im Mittel 5 Kilogramme, also zehn Pfund beträgt und daß dieses Quantum in etwa 23 Secunden durch den Körper umgetrieben wird. Es sind dies nur Mittelzahlen — das mittlere Körpergewicht des erwachsenen Mannes wird bei dieser Berechnung zu 65 Kilogramm angenommen; die Blutmenge steht aber im Verhältniß zu dem Körpergewicht und die Schnelligkeit eines Umschwinges begreiflicher Weise zu der Zahl der Pulsschläge, welche, wie wir sehen, nicht nur mit dem Alter, sondern auch mit verschiedenen Zuständen großen Schwankungen unterworfen ist.

Ohne also allzuweit von der Wirklichkeit abzuweichen, kann man im Großen annehmen, daß innerhalb eines Tages von 24 Stunden die gesammte Blutmenge 3700 Mal den Körper durchkreise. Da aber der Nugeffect oder die Arbeit, welche die linke Herzkammer durch das Austreiben des Blutes leistet, in einer Secunde etwa einen halben Kilogrammometer beträgt, so würde die von diesem Herztheile in einem Tage geleistete Arbeit in runder Summe genügen, um 8000 Centner einen Meter hoch zu heben. — Wenn diese Zahl, welche die mechanische Arbeit des Herzens ausdrückt, ungeheuer ist, so erklärt die schnelle Umtreibung des Blutes im Körper zugleich die blitzähnliche Wirkung vieler Gifte, welche in das Blut und durch dieses zu den Centralorganen des Nervensystemes gelangen.

Je weiter vom Herzen weg man dem Blutlaufe folgt, desto langsamer wird er und desto unmerklicher wird der Puls, bis letzterer endlich gänzlich aufhört und in den fernsten und dünnsten Arterienzweigen das Blut langsam in stetem, gleichmäßigem Strome dahinfließt. Auch diese Erscheinungen lassen sich auf die befriedigendste Weise aus physikalischen Grundsätzen erläutern. Die Reibung des Blutes gegen die Arterienwände ist zwar nicht sehr bedeutend, da diese letzteren sehr glatt und eben sind, allein

sie bildet doch immer ein Moment der Hemmung. Weit wesentlicher aber wirkt zu dieser Verlangsamung des Blutstromes die Erweiterung der Blutbahn ein. Es ist eine bekannte Sache, daß die Schnelligkeit eines Stromes in erweitertem Bette abnimmt und in ausgedehnten Becken und Seen sich fast auf Null reducirt; es ist eine Thatsache, daß in geschlossenen Röhren dasselbe Statt findet. Bei der Vertheilung der Blutgefäße ist dies Gesetz in Anwendung gebracht. Zwar sind die Zweige einer Arterie, jeder einzeln genommen, stets dünner als der Hauptstamm, aber die Gesamtsumme ihres Inhaltes übertrifft denjenigen des Hauptstammes stets um ein Bedeutendes. Die Unterleibs-aorta z. B. theilt sich in der Tiefe des Beckens in zwei große Schlagadern, die Hüftschlagadern. Eine einzelne Hüftschlagader für sich genommen ist nicht so groß als die Aorta, aber ihr Durchmesser beträgt doch wenigstens zwei Drittel von dem Durchmesser der Aorta, so daß die beiden Hüftschlagadern zusammengenommen den Aortendurchmesser um ein Drittel wenigstens überwiegen. Alle Aeste der Arterien, wie der Venen, verhalten sich auf die gleiche Weise, und je weiter die Vertheilung der feinen Aeste und der Capillargefäße geht, desto ausgedehnter wird auch die Blutbahn und desto langsamer der Kreislauf. Man hat nicht mit Unrecht gesagt, daß ein jedes Gefäßsystem bei idealer Aufzeichnung der Lumina einen Regel bilden würde, dessen Spitze im Herzen, die Basis in den peripherischen Capillaren läge.

Das Verschwinden des Pulses in den entfernten feinen Arterienzweigen beruht nicht bloß auf der Abnahme des Herzstoßes in der Entfernung. Denn wie bedeutend die Kraft des Herzstoßes noch in den Veinen sei, lehrt leicht die einfachste Beobachtung. Man fixire nur aufmerksam bei einem Manne, der sitzend die Beine übereinander geschlagen hat, das frei in der Luft schwebende Bein, und man wird bald den Pulsschlag an den regelmäßigen Hebungen und Senkungen des Fußes zählen können. Das Bein bildet in dieser Stellung einen äußerst langen Hebel, etwa wie der Zeiger an einem Kraftmesser, und deshalb werden die pulsatorischen Bewegungen der Kniekehlen- und Fußschlagader

sichtbar, da sie einem langen Hebelarme mitgetheilt werden. Das Verschwinden des Pulschlages, der Uebergang des abgesetzten, rhythmischen Stoßes in ein gleichförmiges Fließen, das in den engeren Arterien und Capillaren Statt hat, hängt von der durch die Elasticität bedingten Summirung aller einzelnen Stöße ab. Die elastische Gefäßwand setzt der Ausdehnung einen gewissen Widerstand entgegen, der endlich sich so weit erhebt und abbirt, daß er der Stoßkraft Gleichgewicht hält und somit die Gleichförmigkeit des Stromes hergestellt ist.

Die Capillargefäße bilden den unmittelbaren Uebergang zwischen Arterien und Venen, und in diesem feinen Röhrennetz tritt das Blut in unmittelbare Wechselwirkung mit der Substanz der Organe. Die Beobachtung hat dargethan, daß alle Haargefäße, selbst die feinsten, stets ihre gesonderten deutlichen Wandungen haben, daß die Gefäßröhren überall vollkommen geschlossen sind und demnach zwischen umgebender Substanz und kreisendem Blute nur mittelst Durchdringung der Gefäßwände Austausch von Stoffen Statt finden kann. Diese Durchdringung der Gefäßwände ist aber nur bei flüssigen oder gasförmigen Substanzen möglich; feste in den Blutstrom eingeführte Körper können nur in äußerst fein zertheiltem Zustande durch die Poren der Gefäßwandungen hindurch gelangen. Deshalb können auch die festen, in dem Blute schwimmenden Körperchen, deren Eigenschaften wir später kennen lernen werden, die Blutkörperchen, keinen directen Einfluß auf die Ernährung haben, sondern nur durch stete Zerstörung und Auflösung im Blutwasser mit der umgebenden Substanz der Organe in Wechselwirkung treten. Die Bewegung des Blutes in den Haargefäßen hängt einzig und allein von dem Stöße des Herzens ab; es tritt hier keine neue unbekannte Kraft hinzu, wie man früher glaubte. Die Wandungen der Haargefäße sind auf sehr eigenthümliche Weise gebildet. Sie sind außerordentlich durchdringlich für Flüssigkeiten und gasförmige Stoffe, und die Prozesse der Endosmose und Exosmose oder des Austausches von Stoffen durch thierische Membranen sind hier in größtem Maßstabe entwickelt. Die Haargefäße sind aber auch

sehr contractil und namentlich für Temperaturwechsel und andere, vom Organismus selbst ausgehende Reize außerordentlich empfindlich. Anwendung von Kälte kann sie fast bis zu gänzlicher Verschließung bringen und durch diese bedeutende Zusammenziehungsfähigkeit üben sie einen mächtigen Einfluß auf die Gesamtheit des Blutkreislaufes aus. Man stelle sich die Capillaren eines Organes bis auf die Hälfte, auf ein Drittel ihres Volums zusammengezogen vor; — es wird dann auch nur die Hälfte, das Drittel der für das Organ bestimmten Blutmenge in dasselbe eintreten können und die übrigen Organe mit Blut überfüllt werden.

Alle diese Verhältnisse der Capillaren erforderten die angestrengtesten Bemühungen und ausgebehntesten Beobachtungen zu ihrer endlichen Feststellung. Namentlich gegen die Existenz eigener Wandungen stritten mehrere vortreffliche Beobachter, welche die Capillargefäße nur für in der Substanz ausgehöhlte Rinnen ansehen wollten. Indes verhalten solche Stimmen immer mehr und mehr, und die Ueberzeugung, daß alle Capillargefäße in sich abgeschlossen sind und wenigstens beim Menschen und den höheren Thieren nirgends eine Oeffnung zeigen, ist jetzt zum allgemein angenommenen Axiom geworden.

Es giebt wohl keine anziehendere Beobachtung unter dem Mikroskope, als diejenige des Blutlaufes in den feineren Gefäßen eines lebenden Thieres. Man wählt dazu die durchsichtigen Theile, wie z. B. die Schwimnhaut zwischen den Zehen des Frosches, den Schwanz der Kaulquappen, das Netz chloroformirter Mäuse, oder auch die durchsichtigen Embryonen und Jungen von Fischen, bei welchen man sogar den ganzen Kreislauf übersehen kann. Man sieht dann in den kleinen Arterien noch den pulsirenden, in den Haargefäßen und Venen den gleichmäßigen Strom; man sieht die Blutkörperchen sich drängen, schieben, rollen, mit Lymphkörperchen dazwischen; man sieht in den Haargefäßen den schnelleren Mittelstrom, in welchem vorzugsweise die Blutkörperchen dahin schießen und den durch die Reibung bedeutend verlangsamten Randstrom, in welchem einige farblose Körperchen schweben.

Bei richtiger Behandlung der Thiere, Anfeuchtung z. B. der ausgespannten Schwimmhaut des Frosches, kann man Stundenlang unausgesetzt beobachten, ohne daß der Kreislauf stockte.

b c d

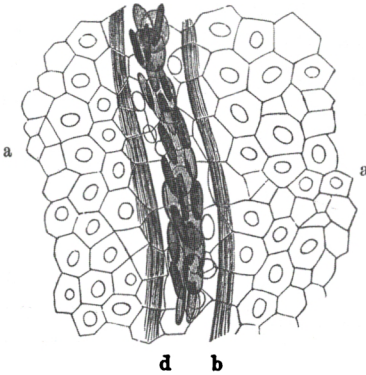


Fig. 9.

Ein Haargefäß in der Schwimmhaut des Frosches unter ziemlich starker Vergrößerung gesehen. a. Die Zellen, welche die Schwimmhaut bedecken. b. Wände des Gefäßes. c. Mittelstrom der Blutkörperchen d. Randstrom mit darin schwimmenden Lymphkörperchen.

Auf dieselbe Weise, wie die Arterien sich allmählich in die Haargefäße auflösen, setzen sich aus denselben die Venen zusammen. In dem Bereiche des Capillarkreislaufes ist es unmöglich, zu entscheiden, wo die Arterie aufhört, wo die Vene beginnt. Die bewegende Kraft, welche auf das in den Venen befindliche Blut einwirkt, ist ebenfalls einzig und allein der Herzstoß. Da aber dieser schon in den Capillaren in einen gleichmäßigen Druck sich umgewandelt hat, so wird er auch in den Venen in dieser Weise bleiben, wenn gleich immer noch eine geringe Oscillation in dem Drucke sich je nach Systole und Diastole des Herzens bemerken läßt. Aus einer angestochenen Vene, beim Aderlaß z. B., spritzt das Blut in continuirlichem Strome, der abwechselnde Wellen zeigt, die aber nur unbedeutend sind; aus einer verletzten Arterie springt es in Absätzen; es ist etwa der gleiche Unterschied wie zwischen dem Strahl einer Feuerspritze und dem einer einfachen Pumpe ohne Luftkassen. Der Druck, unter dem sich das Blut in den Venen bewegt, ist nur noch gering; die Geschwindigkeit des Blutlaufes ist indeß etwas größer, als in den Capillaren, weil durch die allmähliche Sammlung der

Venen in einzelne Stämme das Blut in stets engere und engere Räume einzutreten genöthigt ist. Das Verhältniß der Aeste zu den Stämmen ist bei den Venen durchaus dasselbe, wie bei den Arterien; der Strom des Blutes geht aber von den Zweigen aus nach dem Stamme hin. Stellen wir uns beide Gefäßsysteme unter dem Bilde zweier, mit der Basis an einander gelegter Regel vor, deren Spitzen in dem Herzen sich finden, so geht der arterielle Blutstrom von der Spitze nach der Basis, aus dem engeren in den weiteren Raum und verlangsamt sich deshalb zunehmend, während die venöse Strömung von der Basis zur Spitze gerichtet ist und deshalb, bei steter Verengung des ihr angewiesenen Raumes, eine stete Beschleunigung erfährt. In der Nähe des Herzens tritt durch die Erweiterung der Vorkammern bei der Diastole ein neues bewegendes Moment hinzu, indem das Blut durch die Entstehung eines leeren Raumes in den Vorhöfen von diesen angesogen wird, wie das Wasser durch einen Gummibeutel, den wir zusammengebrückt haben und wieder sich ausdehnen lassen, während wir seine Oeffnung in die Flüssigkeit tauchen. Trotz dieser Verhältnisse würde aber der Venenkreislauf den bedeutendsten Störungen unterworfen sein, wenn nicht durch besondere Klappen im Innern der Venen manchen Uebelständen vorgebeugt wäre. Die Venen haben keine solche elastische Wandungen wie die Arterien, sie können dem Drucke der umgebenden Theile bei Bewegungen,stellungsänderungen 2c. keinen Widerstand leisten, und dieser Druck ist oft wenigstens stärker, als der im Innern der Vene durch das Blut ausgeübte. Dieses würde demnach bei jedem solchen Drucke nach der Peripherie hin zurückgestaut werden und Hemmungen des Capillarkreislaufes veranlassen, wenn nicht Taschenventile angebracht wären, welche sich dem Rückprallen des Blutes gegen die Peripherie hin entgegenstemmen und das Lumen der Vene verschließen. An den unteren Körpertheilen, den Beinen, wo das Venenblut der Schwere entgegen von unten nach oben in die Höhe geschafft werden muß, haben diese Ventile auch den Nutzen, daß sie bei momentanem Nachlasse des Blutdruckes vom Herzen aus das Zurücksinken der

Blutsäule nach unten verhindern. Daß sie nicht einzig zu diesem Endzwecke angebracht sind, lehrt ihre Anwesenheit in den Venen des Halses, wo das Venenblut in seinem Strome der Richtung der Schwere folgt, so wie ihre Abwesenheit in solchen Venen, welche keinem Drucke der umgebenden Theile unterliegen können. An den oberflächlichen Hautvenen der Hände kann man sich leicht von der Gegenwart dieser Klappen überzeugen. Ballt man die Faust, so treten die blauen Gefäße auf dem Handrücken deutlich hervor. Setzt man nun den Ringfinger der anderen Hand in der Nähe der Fingergelenke so fest auf, daß man die Vene ganz zusammenbrückt und streicht nun mit dem Zeigefinger etwas drückend nach dem Arme hin, um das Blut zu entleeren, so wird sich ein Theil der entleerten Vene vom Arme her nicht füllen und an der Grenze der entleerten Stelle, wo die Klappe angebracht ist, eine deutliche Aufwulstung durch den Druck des Blutes gegen das Ventil sich bilden.

Suchen wir nun die Resultate der vorliegenden Untersuchungen in einige übersichtliche Sätze zusammenzufassen, so wären diese etwa folgende. Das Blut kreist in beständigem Umschwunge in einem Systeme von durchaus und überall geschlossenen Röhren. Der Kreislauf geschieht stets in derselben Richtung: aus der linken Herzhälfte in den Körper, von dort in die rechte Herzhälfte, aus dieser in die Lungen und aus den Lungen in das linke Herz zurück. Die Arterien sind Leitungsröhren vom Herzen zur Peripherie; die Venen Leitungsröhren von der Peripherie zum Herzen. Die Capillargefäße sind die Vermittler aller Prozesse des vegetativen Lebens, der Ernährung, Aufsaugung und Absonderung. Nur in den Capillargefäßen erleidet das Blut als solches physikalische und chemische Veränderungen. In den Capillaren des Körpers wird es dunkel violett, mit Kohlensäure geschwängert, in denen der Lungen hellroth und sauerstoffhaltig; die Umwandlungen können nur durch Imbibition und Durchdringung der überall geschlossenen Gefäßwandungen vor sich gehen. Die Kraft, welche das Blut bewegt, geht einzig und allein von dem Herzen aus. Das Herz ist eine mit Ventilen versehene

Druckpumpe, die nach bestimmten physikalischen Gesetzen eingerichtet ist und diesen gemäß arbeitet.

Und so wäre es denn der Physiologie gelungen, das Herz, das so unruhig bewegte in der Menschenbrust, zu zähmen, ihm Fesseln anzulegen und Gesetze aufzubürden? Es wäre Erbsichtung, die Theilnahme, welche wir ihm an unseren Gefühlen zuschreiben; und wenn wir unserer alten Gewohnheit nach reden vom stärkeren Schlage unseres Herzens, von freudigem Pochen und angstvollem Erzittern, so wären das nur bildliche Redensarten, schöne Träume einer regen Phantasie? Es wäre uns gegangen, wie dem Peter in Hauff's Märchen vom Tannhäuser, dem man das lebendige Herz aus der Brust riß und ein steinernes einsetzte, das zwar auch pochte und das Blut umtrieb; das aber keinen Antheil nahm an seinen Leiden und Freuden, das in Liebe und Haß gleichmäßig fortschlug, wie das Tactad einer Uhr? Nein! wahrlich nein! so weit geht unsere Mechanik nicht. Sie lehrt uns die Gesetze der physikalischen, an dem Herzen und den Gefäßen angebrachten Kräfte und deren Wirkungen kennen; allein Beobachtung und Reflexion zeigen auch, wie sehr die Anwendung dieser Kräfte von einem höheren Leiter, von dem Nervensysteme, abhängt und wie sehr jeder dort empfangene Eindruck sich in dem Maße und der Art der Herzbewegungen so wie in der Vertheilung des Blutes abspiegelt und reflectirt. Wir täuschen uns nicht, wenn wir in der Begeisterung unser Herz voller schlagen, in der Angst, der Erwartung es krampfhaft erzittern fühlen; — wir täuschen uns nur, wenn wir dem Herzen unmittelbar diese Theilnahme zuschreiben; es ist nur der Reflector der von dem Centralorgane des Nervensystemes, dem Gehirne, aufgenommenen Eindrücke und Empfindungen, und auf Reizungen, welche von diesen Centralorganen ausgehen, reagirt es sogar weit heftiger, als auf direct angebrachte Irritation. Wir täuschen uns nicht, wenn wir fühlen, daß durch die Scham unsere Wangen erröthet, durch die Furcht dagegen erblaßt — wir täuschen uns nur, wenn wir diese Veränderungen dem Blute zuschreiben, während die Gefäßnerven es sind, unter deren Herrschaft die Blutvertheilung

steht, durch deren Erregung vom Gehirne aus die Gefäße sich verengen, durch deren Erschlaffung und Erlahmung sie aber sich erweitern und von Blute strotzen. Daß aber größtentheils auf solch engem Zusammenhange des Herzens und seiner Bewegungen, der Erweiterung und Verengerung der Gefäße mit dem Gehirne der Einfluß des letzteren auf die vegetativen Prozesse des Lebens beruhe, scheint keinem Zweifel unterworfen. Kummer, Angst und Sorge reiben den Körper auf; froher Muth, heiterer Sinn, ein gewisses Maß in Affecten und Leidenschaften erhalten die Gesundheit und Lebensfrische. Das sind Erfahrungen, die jeder im Leben bestätigt finden kann; der Grund des Zusammenhanges dieser Erscheinungen ist nicht so leicht klar zu machen. Aber von der steten Erneuerung des Blutes hängt die Ernährung, die Athmung, das ganze vegetative Leben ab; und die Erneuerung und Bewegung des Blutes sind mit der Herzbewegung selbst auf das Innigste verknüpft. Wo der eine Factor fehlt, da wird auch die ganze Summe unrichtig, und wo Uebermaß der Leidenschaften, ungestümer Wechsel der Affecte oder anhaltender Einfluß depri- mirender Geistesstimmung die Thätigkeit des Herzens und der Gefäße unregelmäßig machen oder lähmend darauf einwirken, da kann auch der Blutlauf und somit die Ernährung des Körpers nicht in gehöriger Weise vor sich gehen.

Zweiter Brief.

Das Blut, die Lymphe und der Schluß.

Das Blut, so wie es aus der geöffneten Ader springt, so wie es im lebenden Körper freist, ist nicht eine einfache, homogene rothe Flüssigkeit ohne weitere Zusammensetzung. Es besteht aus zwei wesentlichen Formbestandtheilen: den rothen und farblosen Blutkörperchen, und dem Plasma oder der Blutflüssigkeit. Seine Farbe, die im Ganzen ein helles Kirschroth ist, scheint nicht unter allen Verhältnissen gleich. In der Jugend, bei lebhafter Bewegung, bei zarten, blutarmen Individuen ist das Blut heller, bei Menschen mit sitzender Lebensart und kräftigem Körperbau meistens dunkler. Die Luft wirkt schon in dem Augenblicke des Ausfließens auf die Farbe ein. Das Blut, welches aus einer weit geöffneten Ader hervorsprüht, ist dunkler als dasjenige, welches bei langsamem Ausfließen in seinem Strahle mit der Luft in innigere Berührung gekommen ist. Das Blut aus den Schlagadern, welches bei Verwundungen derselben in abwechselnden Stößen hervorspringt, erscheint mehr kirschroth mit einem Stich ins Zinnoberrothe, während das venöse Blut eine violette Färbung zeigt. Der eigenthümliche Geruch ähnelt demjenigen der Hautausbünstung und rührt wahrscheinlich von einem dem Blute beigemengten Fette her, das durch die Haut abgeschoben wird. Das specifische Gewicht mag im Mittel etwa 1,055 betragen. Weiber und Jünglinge haben leichteres, dünneres Blut, als erwachsene Männer. Indessen wechseln auch diese Verhältnisse ungleich, je nach dem Gesundheitszustande des Individuums oder nach der Aufnahme fester oder flüssiger Nahrungsmittel.

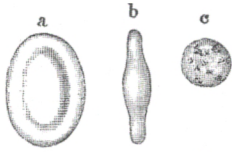


Fig. 10. Blutelemente des Frosches, bei 500maliger Vergrößerung. a. Ovale Blutkörperchen, von der Fläche aus gesehen. b. Dasselbe von der Kante aus. c. Farbloses Lymphkörperchen.

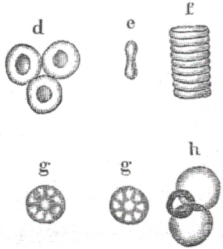


Fig. 11. Blut- und Lymph-Elemente des Menschen, bei 800facher Vergrößerung. d. Blutkörperchen von der Fläche gesehen. e. Eines von der Kante aus. f. Kette von aneinander geklebten Blutkörperchen. g. Farblose Lymphkörperchen. h. Fettbläschen (Deltröpfchen) aus dem Erythrus, welche diese Flüssigkeit milchig machen.

Unter den Formbestandtheilen des Blutes, die sich nur mit dem Mikroskope unterscheiden lassen, fallen vor Allem die rothen Blutkörperchen ins Auge; kleine, runde, elastische Scheibchen, welche im Mittel $\frac{1}{182}$ Millimeter im Durchmesser haben. Unter dem Mikroskope erscheinen sie von schwach gelblicher Farbe, während ihre Anhäufung in großen Massen dem bloßen Auge die erwähnte Farbennüance entgegenstellt. Bei dem Menschen haben die Blutkörperchen die Gestalt einer in der Mitte etwas vertieften kreisrunden Scheibe mit dickerem Rande, so daß man sie nicht unpassend mit Münzen verglichen hat. Sie scheinen in ihrer Masse ganz homogen zu sein; — wenigstens sind die Erscheinungen, die man bald auf Anwesenheit eines Kernes, bald auf die eines leeren Raumes in ihrer Mitte zu deuten suchte, entweder nur optische Täuschungen, oder durch die äußeren Einflüsse bedingte Veränderungen. Bei den viel größeren ovalen Blutkörperchen der Frösche tritt freilich ein Kern, der sogar eine mittlere Auftreibung veranlaßt, auf das Deutlichste hervor; — allein auch hier behauptet ein neuerer, genauer Beobachter, daß der Kern nur eine Gerinnungsercheinung sei, bedingt durch den Einfluß der Luft auf die Masse des Blutkörperchens, und daß in solchen Körperchen, die nicht mit der Luft in Berührung kommen, kein solcher Kern zu sehen sei. Man hat viel von einer festeren

Hülle und einem flüssigen Inhalte der Blutkörperchen gesprochen; indessen dürfte man der Wahrheit näher kommen, wenn man annimmt, daß die Blutkörperchen im Ganzen aus einem schwammig aufgequollenen eiweißartigen Stoffe, dem sogenannten Hämatoglobulin bestehen, dessen äußere Schicht bedeutend fester ist, und durch verschiedene Einflüsse sich bald faltet und zusammenzieht, bald aufquillt und bis zum Platzen ausdehnt. Daß die Körperchen nur halbfest und elastisch seien, beweist namentlich die Untersuchung des Capillarkreislaufes in durchsichtigen Theilen solcher Thiere, welche, wie die Frösche, große Blutkörperchen besitzen. Sobald irgendwo an einem Zweige, an einer Beugung des Gefäßes eine Störung der rasch dahinrollenden Blutkörperchen eintritt, wobei sie gedrängt und zusammengebrückt werden, so erleiden sie mechanische Formveränderungen, und oft sieht man Blutkörperchen, welche, um in ein sehr enges Haargefäß einzubringen, sich einbiegen, eiförmig und länglich werden, bis sie in freiere Räume gelangend ihre ursprüngliche Form wieder annehmen. Im freisenden Blute schwimmen alle Blutkörperchen einzeln und gleiten leicht an einander vorbei; — aus der Ader gelassen oder beim Stopfen des Kreislaufes legen sie sich gern mit ihren glatten Flächen an einander und kleben auf diese Weise zusammen, so daß sie kleine Säulchen bilden, die etwa wie Geldrollen aussehen. Der schwammige, leicht aufquellende Stoff der Blutkörperchen ist äußerst empfindlich gegen Einwirkungen jeder Art. In reinem Wasser, in Flüssigkeiten von schwächerem Concentrationsgrade als die Blutflüssigkeit, quellen die Blutkörperchen durch Wassereinsaugung auf, werden kugelig und platzen endlich, indem nur eine feine, hautartige Hülle zurückbleibt; in gesättigten Salz- und Zuckerslösungen schrumpfen sie ein, weil ihnen die Flüssigkeit Wasser entzieht. Andere Stoffe verändern sie durch chemische Einwirkung auf die mannigfaltigste Weise. Gase werden von ihnen mit großer Begierde eingeschluckt, und wie aus den oben angeführten Beobachtungen über die Existenz eines Kernes hervorgeht, können selbst Formveränderungen durch Gase hervorgerufen werden.

Zwischen den rothen Blutkörperchen findet man in wechselndem Verhältnisse farblose kugelige Körperchen von doppelter Größe, die deutlich aus einer äußeren durchsichtigen, sehr zarten Hülle, und einer inneren Körnermasse bestehen, welche letztere bald zu einem Kerne zusammengeballt, bald mehr zerstreut im Innern der Hülle liegt. Beim Frosche kann man diese farblosen Blutkörperchen in den Capillargefäßen der durchsichtigen Schwimmhaut zwischen den anderen circuliren sehen. In ihrem äußeren Ansehen, in ihrem Verhalten gegen fremdartige Einwirkungen gleichen diese farblosen Körperchen durchaus denjenigen, welche man in der Lymphe findet, und es unterliegt keinem Zweifel, daß diese Lymphkörperchen stets mit der Lymphe in das Blut ergossen und so den gefärbten Blutkörperchen beigemischt werden.

Merkwürdiger Weise zeigen diese farblosen Lymphkörperchen äußerst langsam vor sich gehende Gestaltveränderungen, indem sie zuweilen Fortsätze nach einer oder mehreren Seiten hin treiben, die sich später wieder ausgleichen, oder auch eine unregelmäßige Form erhalten. Mit fein zertheilten Farbstoffen (Carmin, Indigo) in Berührung gebracht, nehmen diese beweglichen Körper sie allmählich in sich auf, und durch die Fortsätze, welche sie treiben, kriechen sie langsam umher, sind also auch zu Ortsbewegungen befähigt. Sie betragen sich mithin vollständig wie jene niedersten Organismen, die man unter dem Namen von Amöben kennt und stellen die einfachste Formgestaltung der aus Sarcode oder Protoplasma gebildeten mikroskopischen Wesen dar, deren Unter-

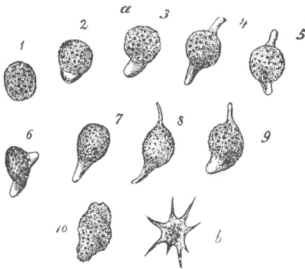


Fig. 12.

a. 1—10. Die Gestaltveränderungen eines Lymphkörperchens innerhalb zehn Minuten. b. Sternförmiges Lymphkörperchen.

suchung neuerdings so eifrig betrieben wird. In dem Körperbau der höheren Thiere und des Menschen erscheinen sie als die erste lebendige Umbildung des in der Verdauung aufgenommenen organischen Stoffes.

Das Plasma oder die Blutflüssigkeit bildet eine klare, durchsichtige, ungefärbte Flüssigkeit, die so klebricht ist, daß sie sich zwischen den Fingern in dünne Fäden ziehen läßt. Es enthält diese Flüssigkeit eine große Anzahl von Stoffen aufgelöst, und wechselt, wie leicht begreiflich, in ihrer Zusammensetzung bedeutend, je nach der Aufnahme verschiedener Stoffe in die Blutmasse. Die klebrige Beschaffenheit der Blutflüssigkeit rührt hauptsächlich von Eiweiß her, welches in reichlicher Menge darin aufgelöst ist und in keiner Weise chemisch sich von dem Eiweiße der Hühnereier unterscheidet. Ein zweiter Bestandtheil der Blutflüssigkeit, der durch seine besonderen Eigenschaften noch mehr in die Augen fällt, als das Eiweiß, ist der Faserstoff, der zwar in dem lebenden Plasma aufgelöst ist, aber fast unmittelbar gerinnt und sich ausscheidet, sobald das Blut aus der Ader gelassen wird oder auch nur längere Zeit in den Adern stockt. Eiweiß, Faserstoff, sowie der im Blute noch nicht aber anderwärts gefundene Käsestoff gehören einer merkwürdigen Gruppe zusammengefügter organischer Stoffe an, welche man mit dem Namen der Blutbildner bezeichnen kann und die sowohl im Pflanzen- als im Thierreiche weit verbreitet sind. Alle diese Stoffe, zu welchen als viertes wesentliches Glied das sogenannte Globulin gehört, welches indessen nur in den Blutkörperchen, nicht aber in der Blutflüssigkeit vorhanden ist, alle diese Stoffe, sage ich, besitzen nahe übereinstimmende Eigenschaften. Jeder derselben kommt in einer löslichen und unlöslichen Modification vor. Ihre Zusammensetzung, ohne vollkommen identisch zu sein, nähert sich doch bedeutend, und ihre Zerlegungsproducte sind oft identisch. Wenn gleich die Ansicht, wonach man glaubte, daß diese Stoffe Verbindungen eines organischen, aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff zusammengesetzten Körpers, einer organischen Basis, die man Protein nannte, mit verschiedenen Mengen von

Schwefel und Phosphor seien; wenn gleich diese Ansicht längst gefallen ist, so unterliegt es doch keinem Zweifel, daß diese Stoffe viele Beziehungen zu einander haben, und sich namentlich mit größter Leichtigkeit umtauschen und einer in den anderen verwandeln können. Faserstoff, Eiweiß und Käsestoff unterscheiden sich übrigens leicht durch ihr Verhalten. Wenn wirklich Faserstoff im lebenden Blute vorgebildet ist, worüber noch Zweifel bestehen, so kennt man kein anderes Lösungsmittel des Faserstoffes in unzersehtem Zustande, als das im lebenden Körper kreisende Blut; — nach dem Tode, nach dem Ausflusse des Blutes aus den Gefäßen scheidet sich der Faserstoff durch die Gerinnung aus. Das Eiweiß dagegen löst sich leicht im Wasser, gerinnt aber, sobald man dieses über 60 Grad R. erhitzt, und läßt sich durch Kochen vollständig ausscheiden. Das Globulin gerinnt erst bei höherer Temperatur, kann krystallisiren und wird durch Kohlensäure aus seiner Lösung gefällt. Der Käsestoff endlich bleibt bei jeder Temperatur im Wasser gelöst, er gerinnt aber durch Zusatz von Säuren oder von Lab (Schleimhaut des Kälbermagens) und schlägt sich in Flocken nieder.

Sobald das Blut aus der Ader gelassen ist, gerinnt es. Diese Gerinnung ist allein in dem Faserstoffe begründet, der sich meist in der Form von kleinen mikroskopischen Schollen und Blättchen aus dem Plasma niederschlägt und anfangs alle Flüssigkeit und alle Blutkügelchen in sich einschließt, so daß das Blut im Ganzen eine gelatinöse, weiche Masse bildet. Nach einiger Zeit aber, bei fortdauernder Contraction des Faserstoffes, preßt sich die Flüssigkeit nach allen Seiten heraus, und dieser Prozeß dauert so lange fort, bis sich das gesammte Blut in zwei Theile geschieden hat: eine gelbliche Flüssigkeit, das Blutwasser oder Serum, und ein rothes, halbfestes Gerinnsel, der Blutkuchen oder Cruor. Verhindert man mittelst heftigen Schüttelns, Schlagens oder Quirlens des Blutes die Einschließung der Blutkügelchen durch den gerinnenden Faserstoff, so bildet sich kein Blutkuchen; — der Faserstoff setzt sich in Fäden und unregelmäßigen, weißlichen Flocken an die Stäbchen an, womit man

das Blut schlägt und kann auf diese Weise vollständig aus dem Blute entfernt werden. Alle Blutkörperchen bleiben in Folge dieser Behandlung mit dem Blutwasser zurück. Bei längerem Stehenlassen der rothen, ihres Faserstoffes beraubten Blutflüssigkeit, senken sich indeß die Blutkörperchen zu Boden und das helle gelbliche Serum schwimmt oben auf. Der Akt der Gerinnung ist demnach weiter nichts, als eine Ausscheidung des Faserstoffes aus dem Plasma. Das Serum ist entfaserstofftes Plasma, der Blutkuchen das Resultat der Verbindung des Faserstoffes mit den Blutkörperchen.

Auf welchem chemischen Prozesse die Gerinnung des Blutes beruhe, ist eine noch unerledigte Frage. So viel scheint gewiß, daß die Berührung mit dem Sauerstoffe der Luft und namentlich mit der Ozon genannten Modification des Sauerstoffes den wesentlichsten Einfluß darauf habe, daß sie aber nicht die einzige Ursache dieses annoch räthselhaften Vorganges sei. Viele Substanzen, namentlich concentrirte Salzlösungen, hindern die Gerinnung ganz, andere verzögern sie. Wahrscheinlich existirt der Faserstoff gar nicht vorgebildet im Blute, sondern wird erst dadurch erzeugt, daß eine gerinnungserregende Substanz mit einer gerinnungsfähigen zusammen im Blute sich findet und ähnlich wie ein Ferment auf letztere wirkt.

Die farbigen Blutkörperchen sind specifisch schwerer, als das Plasma; sie sinken in demselben zu Boden. Die Gerinnung des Blutes tritt aber meist so schnell ein, daß die Blutkörperchen keine Zeit haben, sich zu senken, weshalb dann das ganze Blut zu einer gleichförmig rothen Masse gesteht. In sehr faserstoffhaltigem Blute aber verbinden sich die Blutkörperchen schnell zu Säulchen und Geldrollen; sie senken sich in diesem Zustande weit schneller, weil sie durch ihre Verbindung weniger Fläche darbieten und somit auch der Widerstand der Flüssigkeit gegen ihren Fall geringer ist. Der an der Oberfläche des Blutes gerinnende Faserstoff schließt dann keine Blutkörperchen, wohl aber die specifisch leichteren farblosen Lymphkörperchen ein; die rothe Farbe fehlt ihm demnach, er ist gelblich, fast ungefärbt und bildet eine

hautartige Ausbreitung auf der Oberfläche des Blutfuchens, die Speckhaut. Es ist eine bekannte Sache, daß diese Speckhaut sich stets auf stark faserstoffhaltigem Blute findet, bei entzündlichen Krankheiten, Schwangeren u. s. w., und daß ihre Bildung nicht auf einer zeitlichen Verzögerung der Gerinnung, sondern auf der durch die Säulchenverbindung bedingten schnelleren Senkung der Blutkörperchen beruht.

So einfach im Ganzen die mikroskopische Analyse des Blutes erscheint, so schwierig und auch jetzt noch unvollkommen ist die chemische. Blutkörperchen und Plasma lassen sich nicht durch Filtriren trennen — man kann also beide nicht gesondert erhalten. Wohl aber senken sich die Blutkörperchen beim Stehenlassen im Plasma und lassen eine obere Schicht desselben ganz frei. Bestimmt man nun die Menge des Faserstoffes in dieser reinen Plasma-Schicht, so kann man daraus, da nur das Plasma Faserstoff enthält, den ganzen Gehalt an Plasma und folglich auch an Blutkörperchen in durchfeuchtem Zustande, wie sie im Blute schwimmen, berechnen. Man erhielt nach dieser Methode in 1000 Theilen Pferdeblut 673,8 Plasma und 326,2 Blutkörperchen. Das Plasma ist größtentheils Wasser — 1000 Theile Plasma enthalten nur 91,6 feste Stoffe, während 1000 Theile Blutkörperchen 435,0, also fast die Hälfte feste Stoffe enthalten. Nach einer anderen Methode erhielt man für den Menschen folgende Resultate. In 1000 Theilen Venenblut eines gesunden Mannes von 25 Jahren finden sich dem Gewichte nach 513 Theile, also mehr als die Hälfte, Blutkörperchen, welche ihrerseits wieder eine bedeutende Menge Wasser, nämlich 681,6 Theile gegen 318,4 Theile fester Stoffe enthalten. Die menschlichen Blutkörperchen würden also nur etwa ein Drittel, die Blutkörperchen des Pferdes etwa die Hälfte fester Stoffe enthalten — ein bedeutender Unterschied, der indessen durch den Umstand eine Bestätigung finden würde, daß die Blutkörperchen des Pferdes sich weit schneller senken, als die des Menschen.

Berechnet man diese Zahlen im Verhältniß zu der früher (S. 25) bestimmten Gesamtmenge des menschlichen Blutes, die

5000 Gramm beträgt, so würden in den menschlichen Abern 2565 Gramm Blutkörperchen und 2435 Gramm Plasma kreisen; die Blutkörperchen würden 816,7 Gramm fester Stoffe, das Plasma 239,9 Gramm, die gesammte Blutmenge also 1056,6 Gramm, in runder Summe 1 Kilogramm fester Stoffe, den fünf und sechszigsten Theil des Gesamt-Körpergewichts enthalten.

Die Blutkörperchen bestehen zum größten Theile aus einem rothen, leicht krystallisirenden Stoffe, dem Hämoglobin, der äußerst unbeständig ist und durch verschiedene chemische und physikalische Einflüsse sich leicht in zwei Substanzen spalten läßt. Der eine ist ein leicht im Wasser löslicher Eiweißkörper, das Globulin, ein dem Eiweißstoffe der Krystalllinse und des Glaskörpers des Auges verwandter Stoff, der 1,1 Prozent Schwefel, aber keinen Phosphor enthält; seine absolute Menge beträgt auf 1000 Theile Blut etwa 152. Mit ihm ist in innigster Verbindung der rothe Farbstoff des Blutes, das Blutroth oder Hämatin, dessen Menge man auf 7,7 auf 1000 Theile Blut anschlagen kann und der namentlich dadurch merkwürdig ist, daß er die einzige Substanz des Körpers ist, welche Eisen in ziemlich bedeutender Menge enthält. Dieses Eisen ist ein nothwendiger Bestandtheil der Blutkörperchen. Die Bleichsucht beruht wesentlich auf dem Mangel dieses Metalles und wird durch seine Einführung in das Blut geheilt. Außer dem Eisen enthalten die Blutkörperchen noch von unorganischen Substanzen besonders Chlorkalium und phosphorsaure Salze, worunter besonders phosphorsaures Kali und Natron, so wie kohlensaures Natron, die sich in der Asche wiederfinden.

Wir sahen so eben, daß das Serum des geschlagenen Blutes sich von der Blutflüssigkeit nur durch den Mangel des Faserstoffes unterscheidet. Die absolute Menge des Faserstoffes in 1000 Theilen Blut beträgt aber nicht mehr als 3,93 oder in runder Summe 4 Theile, während der Eiweißgehalt im Durchschnitt 40 Theile beträgt. Außerdem sind in dem Serum noch etwa 4 Theile verschiedener Salze aufgelöst, die zu mehr als der

Hälfte aus Kochsalz, dann aber wesentlich aus kohlensaurem Natron, phosphorsauren und salzsauren Salzen bestehen.

Diese mineralischen Bestandtheile der Blutkörperchen und der Blutflüssigkeit, wenngleich in ihrer Menge gegen die übrigen Blutbestandtheile sehr zurückstehend, erscheinen dennoch von eben so bedeutender Wichtigkeit für den Haushalt des Körpers, wie viele andere organische Stoffe, deren Gewicht kaum angegeben werden kann. Manche dieser Stoffe sind nur deshalb in so geringer Menge im Blute vorhanden, weil sie von den Drüsen beständig ausgeschieden werden; — andere gehen im Umschwunge des Kreislaufes zu Grunde und lassen sich deshalb eher in dem Blute der einen als der anderen Aern nachweisen. So findet sich in der Blutflüssigkeit stets eine äußerst geringe Menge von Harnstoff, von Gallenfarbstoff, von Traubenzucker, von Buttersäure, von Gallenfett und verschiedenen anderen verseiften und nicht verseiften Fetten. Nach der Ausrottung der Nieren nimmt der Harnstoffgehalt im Blute bedeutend zu, bei gehemmter Absonderung der Galle und gestörter Leberthätigkeit häuft sich der Gallenfarbstoff so sehr in dem Blute an, daß er endlich in den Geweben des Körpers abgesetzt wird und die Gelbsucht erzeugt. Dies sind also Stoffe, welche in dem Körper erzeugt und durch die Drüsen beständig abgeschieden werden, während Käsestoff und Zucker vom Darmkanale aufgenommen und letzterer wenigstens größtentheils in den Lungen zu Grunde geht, so daß er nur in dem Systeme der Leber, nicht aber in dem hellrothen Blute gefunden werden kann.

Die anorganischen Bestandtheile, die man als Asche beim Verbrennen wiederfindet, sind durchaus eben so wichtig für den Haushalt des Körpers, als die organischen. Der Mensch kann eben so wenig ohne Kochsalz und phosphorsaure Salze leben, als ohne Eiweiß oder Fett. Die meisten Salze aber finden sich in dem Serum des Blutes aufgelöst. Kochsalz wiegt unter ihnen an Menge vor. Ihm zunächst stehen kohlensaure und phosphorsaure Alkalien, und zwar sind die anorganischen Bestandtheile so vertheilt, daß Phosphorsäure und Kali vorzugsweise in den Blut-

körperchen, die Chlormetalle, das Natron, der Kalk und die Bittererde, Schwefelsäure und Kohlensäure dagegen in der Blutflüssigkeit enthalten sind. Die Menge und das Verhältniß der anorganischen Stoffe zu einander wechselt indessen außerordentlich, je nach der augenblicklichen Einsaugung und den entsprechenden Ausscheidungen. Brod und Körnernahrung vermehren die Menge der phosphorsauren Alkalien im Blute, Gemüse dagegen diejenige der kohlensauren Salze, indem die meisten organischen Pflanzensäuren beim Uebergange in das Blut sich in Kohlensäure verwandeln.

Vergleicht man die Zusammensetzung des Blutes im Ganzen mit derjenigen des Körpers, so wird man durch die Aehnlichkeit der Bestandtheile beider überrascht. Die Hauptorgane des menschlichen Körpers bestehen aus Eiweiß, Faserstoff und Fett, die sämmtlich in dem Blute nachgewiesen sind, und die Modificationen dieser Stoffe, die wir in dem lebenden Körper finden, scheinen sämmtlich aus den im Blute vorhandenen Bestandtheilen hervorgehen zu können. Die Auswurfstoffe fehlen ebenfalls nicht und die feuerbeständigen Stoffe der Asche sind ihren Elementen nach im Körper und im Blute gleich. Man kann demnach mit Recht sagen, daß das Blut der aufgelöste Organismus sei. Wir werden in der Folge sehen, wie in der That alle Stoffumwandlungen des Körpers in dieser beständig kreisenden Flüssigkeit ihren Mittelpunkt finden, wie alles, was der Körper aufnimmt, durch das Blut an den Ort seines Verbrauches hingschafft, alles, was er ausscheidet, ebenfalls an die Stelle der Aussonderung gebracht wird, und wie auf diesem Wege theils in der Blutmasse selbst, theils in den Organen, welche von ihr durchlaufen werden, die mannigfaltigsten Metamorphosen Platz greifen, deren Erforschung zum größten Theile noch eine Aufgabe der Wissenschaft ist. Es darf demnach nicht verwundern, wenn die mannigfaltigsten individuellen und temporären Verschiedenheiten in der Blutmischung sich nachweisen lassen, da man diese gleichsam als von drei verschiedenen Factoren abhängig ansehen kann: von der individuellen Beschaffenheit, von der Auf-

nahme fremder Stoffe und von der Ausscheidung unnütz gewordener Substanzen. Daß das Ineinanderspielen dieser drei Einflüsse die vielfachsten Wechsel erzeugen und somit der Untersuchung die mannigfaltigsten Hindernisse entgegenstellen müsse, ist klar. Vermehrt werden aber diese Hindernisse noch durch die Schwierigkeit und Länge der Untersuchung an sich und durch die Unzulänglichkeit der Mittel, welche die Chemie besitzt, wenn es sich darum handelt, kleine Mengen von Stoffen nachzuweisen, die keine wesentlich charakteristische Reaction besitzen. Wenn man bedenkt, daß die ungemein kleine Menge von Kuhpockengift, welche beim Impfen in die Blutmasse gebracht wird, in dieser eine so heftige Revolution bewirkt, daß Entzündung, Fieber, allgemeine Krankheit des ganzen Körpers, Ausschlag und Pockenbildung die unmittelbare, und eine, Jahrelang andauernde Veränderung der Empfänglichkeit für die Pockeninfektion die mittelbare Folge dieses unbedeutenden Eingriffes sind; wenn man andererseits bedenkt, daß die Menge des so eingebrachten Stoffes so gering, so verschwindend klein und die dadurch bewirkte Veränderung der Blutmasse so unbedeutend ist, daß weder Mikroskop, noch chemisches Reagens bis jetzt darüber haben Auskunft ertheilen können; so muß man sich gestehen, daß trotz aller unserer mühevollen Untersuchungen es bis jetzt noch nicht gelungen ist, die Vorgänge und Veränderungen, welche im Inneren der Blutmasse Statt finden, wissenschaftlich klar darzulegen.

Die specifischen Unterschiede der beiden Blutarten, nämlich des arteriellen oder hellrothen und des venösen oder dunklen Blutes, beruhen hauptsächlich auf der Farbe und auf der Menge der einzelnen Bestandtheile. Formverschiedenheiten zwischen den Blutkörperchen dieser beiden Blutarten haben selbst die gewiegtesten Mikroskopiker noch nicht mit Sicherheit entdecken können; der einzige dem bloßen Auge sogleich auffallende sichere Charakter ist die Farbe. Selbst in sehr verdünnter Lösung zeigt sich die Verschiedenheit der Nuancen noch deutlich. Das hellrothe Blut gerinnt schneller und sein Blutkuchen wird fester, als derjenige des venösen; es ist reicher an Faserstoff, Salzen, Extractivstoffen,

Zucker und Wasser, dagegen ärmer an Blutkörperchen, Eiweiß und Fetten, als das venöse. Das specifische Gewicht des arteriellen Blutes ist auffallender Weise, den übereinstimmenden Beobachtungen der meisten Forscher zu Folge, geringer, als dasjenige des dunkelrothen Blutes; eine Erscheinung, die mit dem größeren Wassergehalte des arteriellen Blutes zusammenhängt. In der That fand man bei einer vergleichenden Analyse des Pferdeblutes in 1000 Theilen Blut folgende Verhältnisse :

	Venöses Blut	Arteriellcs Blut
Eiweiß und Salze . .	81,23	78,03
Faserstoff	4,97	5,30
Blutkörperchen . . .	98,67	96,87
Wasser	815,13	819,80

Vergleicht man diese Zahlen unter einander, so findet man, daß das Verhältniß der Blutkörperchen und des Eiweißes zum Wasser etwa dasselbe in beiden Blutarten ist, daß aber nicht nur die relative, sondern auch die absolute Menge des Faserstoffes im arteriellen Blute bedeutender ausfällt. Wir müssen diese Resultate hinnehmen, so wie sie die Chemie uns gibt; allein es ist nicht zu verkennen, daß sie mit den Ergebnissen des Athmungsprozesses nur schlecht im Einklange stehen. Diesem zufolge sollte das arterielle Blut weniger Wasser enthalten, concentrirter sein, als das venöse, da in dem Athmungsprozesse Wasser ausgeschieden wird. In der That geben auch einige Chemiker das arterielle Blut als concentrirter und weniger wässerig an, als das venöse; allein die Mehrzahl widerspricht dieser Behauptung. Vielleicht hängt der größere Wassergehalt des arteriellen Blutes von der Zufuhr der Lymphe ab; diese ist bekanntlich viel wässeriger als das Blut, und da sie sich unmittelbar vor dem Herzen in den venösen Strom ergießt, so betreffen die an venösem Blute angestellten Untersuchungen nur solches Blut, welchem sich die Lymphe noch nicht beigemischt hat.

Der Gehalt an Gasen, welche in dem Blute enthalten sind, scheint sehr nach den Umständen zu wechseln. In einem späteren Briefe werden wir genauer zu bestimmen suchen, an welche Be-

standtheile des Blutes diese Gase gebunden sind; hier genügt es zu wissen, daß man durch die Luftpumpe sowohl, als auch durch Schütteln mit indifferenten Gasarten aus dem Blute Kohlensäure, Sauerstoff und Stickstoff entwickeln kann, und zwar in folgenden Verhältnissen.

100 Cubiccentimeter Hundeflur (von fünf Hunden) enthalten im Mittel :

	Arteriellcs Blut aus der linken Herzkammer	Venöses Blut aus der rechten Herzkammer
Freie Kohlensäure . . .	28,27 CC.	31,59
Gebundene Kohlensäure .	0,97 "	2,63
Sauerstoff	15,41 "	10,28
Stickstoff	1,48 "	1,14
Gase im Ganzen	46,13 "	45,64

Als gebundene Kohlensäure hat man diejenige Menge dieses Gases bezeichnet, welche sich erst durch Zusatz von Säure, nicht aber durch Auspumpen der Luft über dem Blute und durch mäßiges Erwärmen desselben im luftleeren Raume lostrennen läßt.

Man ersieht aus dieser Tabelle, daß die Menge der Gase überhaupt im arteriellen Blute nicht viel bedeutender ist, als im venösen; daß der Stickstoffgehalt etwa derselbe ist; daß aber das venöse Blut mehr freie und gebundene Kohlensäure, das arterielle dagegen weit mehr Sauerstoff enthält — ein Verhältniß, welches genau mit den Resultaten des Athemprozesses übereinstimmt, bei welchem Kohlensäure abgegeben und Sauerstoff eingenommen wird.

Das Verhältniß der Gase zum Blute ist sehr eigenthümlich und höchst wichtig zum Verständniß des Athmungsprozesses. Sauerstoff mit dunklem Blute geschüttelt färbt dasselbe hochroth und entbindet Kohlensäure; Kohlensäure mit arteriellem Blute geschüttelt färbt dessen rothe Farbe dunkel und wird verschluckt, aber ohne daß Sauerstoff entbunden würde. Durch Schütteln des so dunkel gefärbten Blutes mit Sauerstoff wird die hochrothe Farbe wieder hergestellt.

Nach Jahre lang fortgesetzten Streitigkeiten über die Ursache dieser Farbenveränderungen scheint es endlich festgestellt zu sein, daß die dunkle Farbe, wie sie in dem venösen Blute sich zeigt, die natürliche des Blutfarbestoffes ist, die durch Anwesenheit oder Abwesenheit von Kohlensäure nicht im Mindesten verändert wird, während im Gegentheile der Sauerstoff augenblicklich die Veränderung der dunklen Nuance in die hellrothe bewirkt.

So wie das Blut in stetem Kreislaufe, in beständigem, mechanischem Umschwunge durch den Körper sich befindet, so ist es auch in gleicher Weise in stetem Wechsel der Bestandtheile, in unaufhörlicher Umbildung, Zersetzung und Erneuerung begriffen. Schon an den Blutkörperchen selbst hat man die mannigfachen Anzeichen beständiger Umbildung wahrzunehmen geglaubt. Die Einen werden sehr schnell von Reagentien angegriffen, während die Anderen, welche daneben liegen, nur sehr langsam der Zerstörung nachgeben; hier sieht man, in ganz gesundem Blute, einzelne aufgeschwollene, scheinbar in Auflösung begriffene Körperchen; dort andere, in deren Innerem körnige Bildungen, Krümchen oder Kerne auf eine niedere Stufe oder Bildung deuten, während wieder andere, ohne Kerne, auf der höchsten Stufe der Entwicklung angekommen zu sein scheinen; in manchen Organen, wie namentlich in der Milz, findet man Blutkörperchen in Zellen eingeschlossen, in mancherlei Stufen der Auflösung oder Neubildung. Vielleicht findet auch in der Leber ein massenhaftes Zugrundegehen und Aufbauen der rothen Blutkörperchen Statt.

Die Neubildung des Blutes ist hauptsächlich durch ein secundäres Gefäßsystem bedingt, welches mit dem Blutgefäßsysteme im Zusammenhange steht und das man das Lymphsystem genannt hat. In allen Theilen des Körpers, mit Ausnahme des Gehirnes, des inneren Ohres und Auges, finden sich feine, dünnwandige Kanäle, welche mit blinden Enden oder mit maschenförmigen Netzen in dem Gewebe beginnen, sich allmählich zu Stämmen zusammensetzen, die meist den Hauptblutgefäßen folgen, und endlich in einem großen Hauptstamm, dem Milchbrustgang, sich sammeln. Der Milchbrustgang läuft längs der Wirbelsäule

im Innern der Brusthöhle hinan und ergießt sich in die linke Schlüsselbeinvene. Die Lymphgefäße zeichnen sich durch mehrere Eigenthümlichkeiten vor den Blutgefäßen aus. Vor allen Dingen enthalten sie eine so große Anzahl von inneren Klappen, daß sie meist nach der Einspritzung wie Perlschnüre aussehen. Außerdem sind ihre Wände dünner und die Zweige nur selten zu einzelnen Stämmen gesammelt. Selbst die größeren Stämme bilden mehr neßförmige Räume und nehmen sich etwa aus, wie ein mit reichlichen Inseln versehener Fluß. Außerdem sind die contractilen Ringfasern in ihren Wänden bedeutend entwickelt und meist in verhältnißmäßig weit größerer Thätigkeit, als in den Blutgefäßen. Sie reagiren durch Zusammenziehung sehr intensiv auf äußere Reize, und es ist nicht selten, bei Operationen an lebenden Thieren Zusammenziehungen des Milchbrustganges und der größeren Lymphgefäße zu sehen. Diese Ringfasern sind indeß auch der einzige mechanische Apparat an den Lymphgefäßen zur Fortschaffung des flüssigen Inhaltes. Bei dem Blutgefäßsystem ist der mechanische Apparat auf einen einzigen Centralpunkt, das Herz, zusammengezogen; bei den Lymphgefäßen sind die bewegenden Momente über den ganzen Verlauf verbreitet. Von Stelle zu Stelle, von der Peripherie gegen den Milchbrustgang hin fortschreitend, ziehen sich die Ringfasern zusammen und pressen die in dem Lymphgefäße enthaltene Flüssigkeit nach beiden Richtungen hin aus. Allein dem Ausweg gegen die Peripherie hin stellen sich die zahlreichen Klappen entgegen; die Flüssigkeit wird demnach gegen den Milchbrustgang hingetrieben. Sobald die Zusammenziehung nachgiebt und das Gefäß sich öffnet, strömt natürlich von der Peripherie her wieder neue Lymphe ein, die durch eine neue Contraction wieder weiter geschafft wird.

Unstreitig ist indeß diese selbstständige Zusammenziehung der Lymphgefäße nicht das einzig wirksame Moment zur Fortbewegung ihres Inhaltes. Man hat die Bemerkung gemacht, daß in starren Theilen, die keiner selbstständigen Bewegung fähig sind, nur sehr wenige Lymphgefäße vorkommen, während sie da, wo Muskelcontraction und räumliche Wechsel aller Art sich finden, in großer

Anzahl vorhanden sind. Der abwechselnde Druck der umgebenden Theile wirkt gewiß ganz in derselben Weise, wie die selbstständige Contraction. Er treibt die Flüssigkeit vorwärts und bei seinem Aufhören strömt wieder neue aus der Peripherie ein, welche, der Stellung der Klappen nach, bei erneuertem Drucke weiter befördert wird. Nicht minder wirkt die Aufsaugung in den feinen Enden der Lymphgefäße, die einen Strom nach innen erzeugt, der mit einer gewissen Kraft die Flüssigkeit nach den weiteren Ästen und Stämmen treibt.

Die Anfänge der Lymphgefäße im Gewebe sind noch nicht so bekannt, wie es wünschbar wäre. Die Anordnung der Klappen, welche bis in die feinsten Äste hin sich erhält, macht jede feinere Einspritzung der letzten Zweiglein außerordentlich schwierig, und unter dem Mikroskope gelingt es bei der hellen Farbe der darin eingeschlossenen Flüssigkeit nicht leicht, die feinsten Lymphgefäße aufzufinden und in ihrem Verlaufe zu verfolgen. In den Zotten des Darmkanals beginnen die Lymphgefäße jedenfalls mit einem einfachen oder gespaltenen Stamme, der gewöhnlich ein solbiges Ende zeigt; in anderen Organen, wie namentlich an der Leberoberfläche, zeigen sich weitmaschige Netze, aus Gefäßchen bestehend, die einen weit bedeutenderen Durchmesser haben, als die Capillaren der Blutgefäße. An manchen Orten hat man einen Zusammenhang dieser Anfänge mit den Nerven gefunden, welche die Körperchen des Bindegewebes bilden, und am Zwerchfelle hat man Oeffnungen gesehen, durch welche sogar noch größere Zellen, als rothe Blutkörperchen, wie von einem Strudel in die Lymphgefäße eingeführt werden, so daß also die Flüssigkeiten, welche in der Bauchhöhle innerhalb des Bauchfelles sich befinden und die Schlüpfrigkeit der Darmwände bedingen, beständig von diesen Oeffnungen eingesaugt und durch die Lymphgefäße in den Blutstrom gebracht werden.

Eine weitere Eigenthümlichkeit der Lymphgefäße besteht in den zahlreichen sogenannten Drüsen, durch welche sie hindurchgehen. Diese Gebilde, welche sich namentlich am Halse, in der Achselgrube und der Schenkelbeuge, sowie in dem Gefröse des

Darmes in sehr großer Menge vorfinden, bestehen aus kleinen, meist etwa haselnußgroßen, bohnenförmigen, halbfesten Körpern, innerhalb deren die zuführenden Lymphgefäße in ein Höhlensystem mit seitlichen Ausfackungen münden, die mit Drüsenföckchen einige Aehnlichkeit haben. Aus diesen Höhlungen gehen dann wieder die ausführenden Lymphgefäße hervor. Welchen Zweck diese Verknäuelungen der Lymphgefäße, auf denen sich zahlreiche Blutgefäße verbreiten, haben, ist noch nicht ermittelt worden; doch scheinen sich dort hauptsächlich lose Zellen zu bilden, welche dann als Lymphkörperchen von der Lymphe fortgeschwemmt werden. Jedenfalls stockt die Fortbewegung der Lymphe in den Drüsen und deshalb sind sie es auch, welche vorzugsweise bei Einsaugung fauliger Substanzen, sowie in manchen Krankheiten, wie z. B. der Strophelsucht, afficirt werden. Schon mancher Anatom hat eine kleine Verletzung, welche er sich bei der Section einer in der fauligen Zersehung begriffenen Leiche zugezogen, mit den heftigsten Entzündungen und Vereiterungen der Achselbrüsen, ja mit dem Tode büßen müssen.

Der Beschaffenheit der Flüssigkeit nach, welche in den Lymphgefäßen nach dem Venensystem zu geleitet wird, unterscheidet man zwei Arten von Saugadern: die eigentlichen Lymphgefäße mit klarem, hellem, durchsichtigem Inhalte, welche aus allen Theilen des Körpers stammen, und die Chylus- oder Milchgefäße, welche von dem Darmkanal ausgehen, und sich durch ein meist trübes, milchiges Ansehen der in ihnen enthaltenen Flüssigkeit auszeichnen.

Die Lymphe selbst, welche man schon in einigen seltenen Fällen aus Wunden am Fußrücken in ziemlich reichlicher Menge sammeln konnte, bietet in morphologischer und chemischer Hinsicht viel Aehnlichkeit mit dem Blute dar. Sie gerinnt wie dieses und bildet, indem ihr Faserstoff die in ihr enthaltenen Körperchen umhüllt und einschließt, einen Kuchen wie das Blut, der nur dadurch sich unterscheidet, daß er farblos ist. Es schwimmen in ihr Körperchen, welche mit den farblosen Körperchen, die man im Blute in geringer Anzahl findet, identisch sind, und an denen man mehr oder minder deutlich einen Kern und

eine Hülle unterscheiden kann; sie sind bedeutend größer als die Blutkörperchen.

Der Chylus oder Milchsaft unterscheidet sich nur durch seinen bedeutenden Gehalt an Fett von der Lymphe. Dies Fett ist in kleinen Tröpfchen oder Kügelchen in ihm abgelagert, und der Chylus erhält dadurch ein milchartiges Ansehen. Die Menge dieses Fettes richtet sich durchaus nach der Nahrung. Bei hungernden Thieren ist der Chylus blaß, selbst ganz durchsichtig; bei Genuß von stärkeemehlhaltigen Substanzen wenig trübe, mehr noch nach Fleisch und Milch, völlig weiß und undurchsichtig nach Genuß von Butter.

Je näher der Chylus und die Lymphe dem Blutgefäßsystem kommen, desto ähnlicher werden sie auch dem Blute selbst, ohne indeß dessen Zusammensetzung gänzlich zu erreichen. Die Körperchen selbst, sowie die Flüssigkeiten werden allmählich röthlich, doch scheint dies eher von Beimischung rother Blutkörperchen, die bei den nöthigen Operationen kaum ganz vermieden werden kann, als von der Umwandlung der Lymphkörperchen in Blutkörperchen herzurühren.

Die chemische Zusammensetzung wird bei der Lymphe weniger wechseln, als bei dem Chylus, dessen Bestandtheile größtentheils aus der Nahrung, also einer höchst wechselvollen Quelle abstammen. Die Lymphe des Menschen, die man aus ungeschlossenen Wunden von oberflächlichen Lymphgefäßen sammelte, wechselte nach den verschiedenen Analysen zwischen 935 bis 985 Theilen Wasser auf tausend Theile; der Salzgehalt beträgt ziemlich constant 7,5 Theile; der Faserstoff nur einen halben Theil; das Uebrige ist Eiweiß und Extractivstoffe. Die Salze bestehen größtentheils aus Kochsalz (5,67 Theile), schwefelsauren Alkalien, phosphorsauren Alkalien und Erden. Unter den Extractivstoffen befindet sich stets Zucker und Harnstoff.

Der Chylus zeigt außerordentlich wechselnde Mengen von Fett, je nach der Nahrung, von welcher auch die Menge und Qualität der Salze, sowie des Zuckers abhängt, der zuweilen ganz fehlen kann; Harnstoff scheint unter allen Umständen vor-

zukommen, als Beweis, daß derselbe zum Theil unmittelbar aus der Nahrung stammt, und nicht, wie man behauptet hat, einzig und allein aus dem Umsatz der Gewebe.

Vergleicht man die Zusammensetzung des Chylus mit derjenigen des Blutes, so springen die Unterschiede in die Augen. Während der Chylus im Ganzen wasserhaltiger ist, als das Blut, bieten die relativen Faserstoff- und Eiweißmengen nur geringe Verschiedenheiten dar; die in dem Blute enthaltenen Körperchen dagegen werden in dem Chylus durch eine bedeutende Menge von Fett gewissermaßen ersetzt. Auch die Extractivstoffe, besonders der Zucker, wiegen in dem Chylus bedeutend vor und ebenso sind die Salze relativ in weit bedeutenderer Menge im Chylus als in dem Blute vorhanden. Der Milchsaft bietet demnach eine beständige Ersatzquelle des Faserstoffes und Eiweißes, während er zugleich einen Ueberschuß von Fett, Zucker, Salzen, Extractivstoffen und Wasser in das Blut überführt. Noch mehr als der Chylus nähert sich die Lymphe, da sie weit weniger Fett enthält, in ihrer Zusammensetzung dem Blute. Sie ist eine verdünnte Blutflüssigkeit, in welcher im Verhältniß zum Eiweiß und Fett die löslichen Salze und Extractivstoffe vorwalten.

Der Stoffverkehr, welchen die Lymphgefäße besorgen, darf nicht unterschätzt werden. Nach den von verschiedenen Beobachtern angestellten Untersuchungen beträgt die Flüssigkeitsmenge, welche der Milchbrustgang innerhalb 24 Stunden in den Blutstrom ergießt, $\frac{1}{6}$ bis $\frac{2}{3}$ des Körpergewichtes, also bei einem 65 Kilogramm wiegenden Manne 10,5 bis 26 Kilogramm. Da nun ein erwachsener Mann mit 3 Kilogramm Nahrung, worunter 2600 Gramm Wasser, sich ausreichend ernährt, so wird die größte Menge dieser in das Blut ergossenen Flüssigkeit von der aus den Geweben zurückkehrenden Lymphe geliefert und nur ein kleiner Bruchtheil von der Nahrung — ein wichtiger Fingerzeig für die Ernährung der Körpergewebe überhaupt.

Berücksichtigt man nun, daß die Lymphe und der Chylus in unmittelbarer Nähe des Herzens in die Schlüsselbeinvene ergossen werden und nur das rechte Herz und die Lungen zu