

**Zeitschrift:** Bericht über die Thätigkeit der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft  
**Herausgeber:** St. Gallische Naturwissenschaftliche Gesellschaft  
**Band:** 23 (1881-1882)  
  
**Artikel:** Das Blut im Haushalte des Menschen  
**Autor:** Fehr, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-834669>

### **Nutzungsbedingungen**

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

### **Conditions d'utilisation**

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

### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 22.02.2026

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

## VI.

# Das Blut im Haushalte des Menschen.

Vortrag,

gehalten zu Gunsten der Freibetten im Kantonsspital am 20. April 1882 im Concertsaal

von

**Dr. med. A. Fehr,**

Spitalarzt.

---

Es mag vielleicht etwas gewagt erscheinen, von einer Stätte aus, von welcher gewöhnlich der Töne Macht, die edle Musica, mit aller Gewalt an Herz und Ohr spricht, oder doch Vorträge, hauptsächlich historischen, ethnographischen oder belletristischen Inhaltes, die mehr allgemeines Interesse haben, gehalten werden, eine Vorlesung über einen recht prosaischen medicinischen Gegenstand an Sie zu richten und Ihre Zeit, die diesen Winter ohnehin von Vorlesungen und Vorträgen unverhältnissmässig stark in Anspruch genommen wurde, für diesen Abend damit in Beschlag zu nehmen. Der wirklich wohlthätige Zweck jedoch, zu welchem Sie sich in verdankenswerther Weise so zahlreich hier versammelt haben, mag mein Vorgehen hinlänglich entschuldigen. Ich werde mir Mühe geben, Ihnen einen der wichtigsten Bestandtheile des menschlichen Körpers vor Augen zu führen und Sie mit seinen hauptsächlichsten Eigenschaften, welche für das Leben und die Existenz des mensch-

lichen Organismus absolut nothwendig sind, bekannt zu machen, unter Weglassung von allen nicht genau erwiesenen Hypothesen und Theorien, nur auf die vielen Resultate und Entdeckungen der Physiologie und Pathologie der neueren Zeit fussend. Wenn ich mir auch wohl bewusst bin, dass ich Vielen unter Ihnen wenig Neues und Unbekanntes heute zu bieten im Stande bin, da meiner Ansicht nach eine Vorlesung in diesem Rahmen und vor einer aus so verschiedenen Elementen zusammengesetzten verehrten Zuhörerschaft in allgemein verständlichem Sinne gehalten werden soll und sich nicht in schwierige wissenschaftliche Fragen hinein verlieren darf, so hoffe ich doch, Ihnen ein allgemeines, klares Bild über die Wichtigkeit des Blutes im Haushalte des Menschen geben zu können. Das allgemeine Interesse und der Beifall, welcher dem Vortrag über das Herz letztes Jahr zu Theil wurde, hat mich ermuthigt, quasi als Fortsetzung das vorliegende Thema zu wählen; jedenfalls bitte ich Sie um Ihre gütige Geduld und Nachsicht.

Gestatten Sie mir zuerst eine kleine Excursion auf historischem Gebiet. Es wäre absolut unmöglich, die Entwicklung der Ansichten über die Bedeutung, das Wesen und die Functionen des Blutes im menschlichen Körper historisch auch nur annähernd etwas ausführlicher darzulegen, ohne nicht die Geschichte der Gesamtmedizin, die grossen Entdeckungen in der Anatomie und die zahllosen Umwälzungen in den Ansichten und Theorien der verschiedenen Zeitalter eingehender zu berühren. Dass dies aber nicht in den beschränkten Umfang eines Vortrages, der sich ein weiteres Feld gesteckt hat, gezwängt werden kann, versteht ein jeder unter Ihnen, der auch nur annähernd einen Begriff von dem kolossalen Umfange des auf diesem Gebiete vorliegenden Materiales hat. Ich muss mich daher in dieser

Beziehung so kurz wie möglich fassen, obschon ich wohl weiss, dass ein eingehenderer historischer Ueberblick keineswegs uninteressant, vielleicht sogar für Manchen von Ihnen viel unterhaltender wäre.

Dass das Blut schon im grauen Alterthum, wenn auch selbstverständlich von irgend einer wissenschaftlichen Begründung noch nicht die Rede sein kann, doch als höchst wichtiger Stoff für das Leben angesehen wurde, ergibt sich aus der Natur der Sache. Schon im alten Testament wird Blut und Leben als gleichbedeutend angesehen, und in den unsterblichen Gesängen Homer's entströmt manchem sterbenden Helden das Leben aus den Adern. Dass das Blut auch in krankhaften Zuständen als höchst bedeutungsvoll angesehen wurde, beweist am Besten die schon uralte Anwendung des Aderlasses. Wir finden nämlich die ersten Nachrichten über denselben schon 500 Jahre vor Christus, und zwar wurde er von einem Sohne des Aesculap selbst, von dem Arzte Podalirius, ausgeführt. Derselbe wurde auf seiner Rückreise von Troja an die Insel Syrus verschlagen und heilte daselbst die Tochter des Königs Damaethus. Dieselbe lag an den Folgen eines Falles vom Dache schwer krank darnieder, so dass der König schon an ihrer Genesung verzweifelte, da schlug Podalirius an beiden Armen die Ader, und sie genas. Ihr Vater, voll freudigen Erstaunens über den glücklichen Ausgang dieser damals ganz neuen und natürlich sehr gewagt erscheinenden Operation, willigte in die eheliche Verbindung der geretteten Prinzessin und belohnte seinen Schwiegersohn mit der ganzen Karischen Halbinsel, eine Remuneration, wie sie in unserer fortgeschrittenen Zeit, in welcher die ärztliche Kunst immer mehr und mehr zum einfachen Handwerk degradirt wird, wohl kaum mehr einem Arzte zu Theil werden dürfte. Auch



die älteste Theorie über den Schlaf von Alkmaeon und die Schule des Pythagoras gründet sich auf die Functionen des Blutes. Wenn, sagt er, das Blut in die grossen Blutgefässe zurücktritt, so entsteht der Schlaf, wird es aber wieder zerstreut, so wacht man auf, sammelt es sich völlig an, so stirbt der Mensch. Diese wenigen Beispiele mögen für heute genügen.

Ein Hauptgrund der völligen Unkenntniss über die wahre Bedeutung, die eigentlichen Functionen des Blutes im Alterthum, ist das völlige Dunkel, das über der Anatomie lag. Dieselbe konnte von dem entwickeltsten Volke der damaligen Zeit nicht ausgeübt werden, weil die Volksvorurtheile jede nicht völlig ehrenvolle Behandlung der Leichname verdammten und für strafwürdige Verbrechen erklärten. Dazu gab ein uralter Glaube Gelegenheit, dass die Seelen, von ihrer körperlichen Hülle befreit, an dem diesseitigen Ufer des Styx, voll Verlangen, an den Ort ihrer Bestimmung zu kommen, herumwandern müssten, bis ihre Leichname beerdigt oder verbrannt worden seien. Daher die eifrige Bemühung der Griechen, dem Leichname die Ruhe zu verschaffen, die zum Wohle der Seele erfordert wird; daher die Verpflichtung der Reisenden, jeden Leichnam, den sie antreffen, mit Erde zu bedecken; daher die grosse Ehrerbietung gegen die Gräber und die schweren Strafen derer, die dieselben und Leichname verletzten. Die atheniensischen Gesetze befahlen desshalb die schnelle Beerdigung als die heiligste Pflicht und verhängten die schärfsten Strafen, sogar den Tod, über die Uebertretung derselben. Ihre Handhabung ging so weit, dass sechs Feldherren, die im Treffen bei Arginusae einen vortheilhaften Sieg über die Spartaner erfochten hatten, bloss deswegen zum Tode verurtheilt wurden, weil man sie beschul-

digte, sie hätten die auf dem Meere schwimmenden Leichname nicht mit genügender Vorsicht sammeln lassen. Auch der berühmte Hippokrates, 400 v. Chr., der mit Recht bis auf den heutigen Tag als der Vater unserer Heilkunde angesehen wird, laborirte an diesen Vorurtheilen. Die Kenntniss der innern Theile des menschlichen Körpers bei ihm ist durchaus roh; er kannte weder den Unterschied von Arterien und Venen, noch von Sehnen und Nerven; ebenso wenig findet sich bei ihm auch nur eine Spur einer eigentlichen Physiologie. Eine grosse Bedeutung, besonders in krankhaften Zuständen, hat für ihn das Blut, der Schleim und die gelbe und schwarze Galle. Die eigentliche Ursache des Lebens ist die Wärme, und der Träger derselben ist ein luftartiger Stoff, das Pneuma, das sich fortwährend in den Adern bewegt; es bringt in den Schlagadern den Pulsschlag hervor. Von der Menge, dem Stillstand oder der übermässigen Bewegung des Pneuma hängen viele Krankheiten ab.

Einen bedeutenden Schritt vorwärts wird die Anatomie und dadurch auch die Physiologie durch den unsterblichen Aristoteles 384 v. Chr. geführt, obschon auch von ihm kaum wahrscheinlich ist, dass er je einmal einen menschlichen Leichnam zergliedert hätte; um so mehr hat er aber in der anatomischen Untersuchung der verschiedensten Thiere geleistet. Sein Schüler und Gönner, Alexander der Grosse, sandte ihm mit grossen Kosten aus allen Gegenden Asiens, wohin er kam, Thiere, um sie zu zergliedern. Plinius erzählt, der König habe einige tausend Menschen in ganz Asien und Griechenland beordert, die dem Aristoteles alle Thiere, welche sie beim Vogelfang, auf der Jagd und beim Fischen fangen würden, bringen sollten. Unter manchem Irrigen finden sich in den anatomischen Angaben, die er aus den zahlreichen Sectionen zog, die wichtigsten Entdeckungen,

vor Allem die, dass das *Herz* die Quelle des Blutes und der Ursprung aller Gefässe sei, wenn dasselbe auch falsch, nämlich als dreikammerig beschrieben wird. Ferner erkannte er, dass die Arterien ebenfalls *Blut* und nicht Luft führen, eine Entdeckung, die zum grössten Nachtheile der Wissenschaft später wieder verloren ging und erst 20 Jahrhunderte später durch Harvey von Neuem entdeckt und begründet wurde. Eine ganz eigenthümliche Meinung des Aristoteles darf ich hier nicht unerwähnt lassen, nämlich die, dass aus der Luftröhre direct Geist oder Luft in das Herz einströme und dadurch dasselbe in Bewegung gesetzt werde. Das Blut ist nach ihm die allgemeine Ernährungsflüssigkeit, durch dasselbe allein wird der Körper ernährt, da keine andere Feuchtigkeit eine so *milde* Beschaffenheit hat und es sich durch den ganzen Körper verbreitet. In seine flüchtige Beschaffenheit setzte er den unvernünftigen Thieren gegenüber das eigentliche Prärogativ des Menschenblutes, in ihm ist der Geist, und der Geist macht den wesentlichen Theil der Humanität aus; in ihm ist der Sitz der Seele, und das Blut ist geradezu die animale Seele selbst. Diese Lehren haben das ganze Mittelalter hindurch die naturwissenschaftlichen Anschauungen beherrscht. Die Nachfolger Alexander's waren wie dieser grosse Gönner und Förderer der Künste und Wissenschaften, so dass durch sie in Alexandrien bald die Vereinigung fast der gesammten Gelehrsamkeit damaliger Zeit herbeigeführt wurde. Sie waren es, die zuerst den Aerzten die Erlaubniss gaben, Leichname von Menschen zu zergliedern, ja selbst mit Hand anlegten und die Anatomen so von dem Namen Verbrecher befreiten, welchen man ihnen bis dahin gegeben hatte. Die Zergliederungskunst nahm daher einen äusserst raschen Aufschwung und Hand in Hand mit ihr die anatomischen Kenntnisse. Schon Erasistratus,

297 v. Chr., entdeckt den Ursprung der Nerven aus dem Gehirn, und er hat eine so klare Einsicht in die anatomischen Verhältnisse des Kreislaufes, dass er ohne Zweifel schon der Entdecker desselben geworden wäre, wenn er leider nicht an dem unseligen Irrthum von der Blutleerheit der Arterien und ihrer Erfüllung mit Pneuma festgehalten und die von ihm mit der grössten Genauigkeit beschriebenen Herzklappen nur für Regulatoren der Bewegung des Blutes, besonders aber des Pneuma, gehalten hätte. Der Luftgeist ist es auch, der in den Schlagadern den Pulschlag hervorbringt.

Die nachfolgende Schule der sogenannten Empiriker vernachlässigte dann wieder die Anatomie und Physik gänzlich und urtheilte auch sehr geringschätzig über die Nothwendigkeit des Studiums und die Erfolge derselben. Doch schon unmittelbar nach Christi Geburt entfaltete sich dann wieder diesen uranfänglichen Grundsätzen der empirischen Schule zuwider, doch innert derselben, ein ächt wissenschaftlicher Forschungsgeist, und die Grundstützen der Heilkunde, die Anatomie und die Heilmittellehre wurden wieder zu Ehren gezogen und sorgsamst gepflegt. Es fallen in diese Zeit mehrere bedeutende anatomische Entdeckungen, so z. B. die der Sehnerven, der Linsenkapsel im Auge, die verschiedene Grösse der Herzkammern, des Pankreas etc.; über das Blut speciell indessen und seine Bedeutung wurde zu dieser Zeit kaum etwas Neues zu Tage gefördert, und erst der grosse Arzt und Anatom Claudius Galenus, von 131—201 n. Chr., zeigt wieder bedeutende Fortschritte auch in dieser Hinsicht. Vortrefflich ist unter Anderem seine Beschreibung des Herzens und der grossen Gefässe; von besonderer Wichtigkeit ist aber, dass Galenus für den Ersten gehalten werden muss, der den richtigen Begriff von dem doppelten,

d. h. kleinen und grossen Kreislauf des Blutes in sich aufgenommen hat und denselben auch merkwürdig klar und deutlich beschreibt. Das Blut selbst nennt er den Inbegriff der Grundstoffe mit vorschlagender Wärme, und je nach dem Vorwalten des Einten oder Andern dieser Grundstoffe besitzt auch der betreffende Mensch ein besonderes Temperament. Die jetzt noch sehr populäre Bezeichnung derselben, überhaupt diese ganze Lehre rührt von ihm her und zeugt immerhin von einer bedeutenden Beobachtungsgabe.

Leider war der Einfluss dieses glänzenden Gestirns am wissenschaftlichen Himmel nur ein vorübergehender; denn bald nach ihm sind die auf uns gekommenen Schriften der Aerzte der damaligen Zeit sowohl ihrer Zahl, als ihrem Inhalte nach völlig bedeutungslos und zeugen von der traurigen Unwissenschaftlichkeit ihrer Verfasser, die alles Heil nur in dem Besitz einer zahllosen Menge äusserst complicirter Arzneivorschriften suchten.

Auch die Araber, welche im achten Jahrhundert durch Wiederherstellung der eine Zeit lang gänzlich zerfallenen Wissenschaften das Verlangen des neu erwachenden Geistes nach den ächten Quellen der höhern Bildung mächtig anregten und in der Mathematik, Physik, Chemie, Astronomie, Philosophie und besonders auch in der Heilwissenschaft Grosses leisteten, sind für die Anatomie und Physiologie fast bedeutungslos. Ihre ganze Medicin entbehrt nämlich der erstern vollständig. Aehnlich wie bei den alten Griechen sind es auch beim Islam religiöse Anschauungen, die einen Leichnam unantastbar erscheinen lassen. Der Islam lehrt nämlich, dass die Seele den Körper nur allmählig verlässt, so dass auch nach dem scheinbar eingetretenen Tode doch noch ein Theil derselben sich im Körper aufhalten kann und dass ferner erst Gericht gehalten wird über den Ver-

storbenen, wenn der Leichnam im Grabe liegt, womit natürlich jeder Gedanke an die überhaupt verunreinigende Zergliederung wegfallen muss. Aus diesem Grunde kann daher bei den Arabern auch von keiner Physiologie die Rede sein; sie lehnen sich in dieser Hinsicht beinahe ausschliesslich an die Schriften des Galen an, die ihnen wohl bekannt waren und in hoher Achtung stunden. Der Koran ist es hier, welcher das freie Urtheil und den Forschungsgeist eines geisteskräftigen und äusserst bildungsfähigen Volkes in unzerreissbare Fesseln schlägt; das Gesetz desselben, dass es dem Priester und dem Arzte *nicht anstehe*, über die Natur der Dinge viel zu grübeln, ist für den ganzen Geist dieser zum Fatalismus treibenden Religion bezeichnend genug.

Auch das ganze Mittelalter mit dem absoluten Darniederliegen jeder freien naturwissenschaftlichen Forschung, mit seinem Sumpfe von Alchymie, Theosophie und Aberglauben, mit seinen Ketzergerichten und Scheiterhaufen, mit seinen schwarzen Mönchskutten und Bannflüchen trieb wenige Blüthen und Früchte ächter Wissenschaftlichkeit, und macht sich auch in der Medicin wie in allen übrigen Disciplinen nicht nur ein vollständiger Stillstand, sondern ein wirklicher Rückschritt gegenüber dem Alterthum deutlich bemerkbar. Ich kann daher mit Fug und Recht in dieser kurzen Betrachtung vollkommen stillschweigend darüber hinweggehen.

Erst am Ende des 15. Jahrhunderts weht wieder ein frischer, kräftiger Luftzug über die stagnirenden Sümpfe der Scholastik und des Mysticismus; aus vollem Herzen schmettert U. v. Hutten seinen Jubelruf in die Welt hinaus: „Die Geister erwachen, es ist eine Lust zu leben!“ und mit der allgemeinen Wiederbelebung der Wissenschaften tritt auch ein gewaltiger Umschwung in der Medicin und ihren Hilfs-



wissenschaften ein. Als Ursachen desselben sind besonders anzusehen das erneuerte Studium der hippokratischen Schriften, die Wiederbelebung des Beobachtungsstudiums an Stelle der eiteln Speculation und Sophistik und besonders die Neubegründung der Anatomie. Auf das Studium dieser letztern warfen sich mit wahrem Feuereifer und unermüdlicher Beharrlichkeit Männer von eminenten Geisteskräften; Entdeckung auf Entdeckung folgte Schlag auf Schlag. Ich nenne hier nur die Namen Eustachius, Fallopi, Malpighi, Varoli und besonders Vesalius, von dem Burggraeve sagt: „er hat die Anatomie nicht bereichert, sondern er hat sie geschaffen“. Die Krone aller Entdeckungen gebührt aber dem unsterblichen William Harvey für seine schon im Jahr 1619 vorgetragene, aber erst nach sorgfältiger Prüfung im Jahr 1628 veröffentlichte Lehre vom Kreislaufe des Blutes. Die Entdeckung und Vervollkommnung des Mikroskopes, welches, wenn schon in noch unvollkommener Form, doch schon 1620 in England, Deutschland und Italien allgemein im Gebrauche war, trug wesentlich zur Bereicherung und Weiterentwicklung dieser wichtigen Entdeckungen bei. Wir werden auf dieselben, sofern sie speciell das Blut berühren, noch einmal zurückkommen müssen.

\*       \*       \*

Wenden wir uns nach dieser kurzen historischen Excursion zu unserem eigentlichen Thema und gehen wir zur Betrachtung der Aufgaben des Blutes im menschlichen Körper, zu seiner Stellung im eigentlichen Haushalte desselben über, so werden wir finden, dass diese äusserst mannigfaltig und verschiedenartig sind. Das Blut ist das eigentliche Lebensmedium der Zellen des Menschenleibes, indem es durch seine lebendigen Beziehungen zu denselben die

lebendige Thätigkeit derselben wesentlich bedingt und ausschliesslich möglich macht. Wie bei dem einfachsten Wasserthiere das Leben der Einzelorgane, d. h. der Zellen, auf einem intimen Verkehre mit der sie umgebenden Flüssigkeit beruht, und sie auch nicht nur für einen Augenblick den innigen Contact mit derselben entbehren können, ebenso wenig kann einer lebendigen Zelle, auch des höchsten Organismus, der regelmässige, stetige Stoffaustausch mit seiner Lebensflüssigkeit, d. h. mit dem Blute, auch nur für die kürzeste Zeit ohne Nachtheil ganz entzogen werden. Der Verkehr zwischen beiden muss auf einer gewissen Höhe, einer gewissen Energie und Intensität erhalten werden, sonst tritt in kürzester Zeit Aufhören aller Lebensäusserungen, d. h. Kälte, Starre, der Tod ein, ein Erfahrungssatz, der ja leider dem Arzte nur allzu häufig in der Praxis recht handgreiflich vor Augen geführt wird. Ein geistreicher Physiologe sagt:

„Der Mensch trägt im Blute das nährende All, das Meer gleichsam in seinem Körper mit sich herum, von welchem seine Zellen umspült, genährt, ja, in welchem sie eigentlich fortwährend gebadet werden.“

Aber nicht nur führt das Blut allen Organen das direct nöthige, eigentliche Ernährungsmaterial, d. h. die Eiweissstoffe zu, sondern es besorgt auch für alle die Zufuhr eines nicht weniger wichtigen, für das Leben ebenso wenig entbehrlichen Stoffes, nämlich des Sauerstoffes; dies ist seine zuführende, direct ernährende Thätigkeit; daneben aber nimmt es bei seinem Durchgange durch die verschiedenen Organe auch noch Producte des Stoffwechsels auf, welche bei der normalen Lebensthätigkeit in denselben gebildet werden, besonders aber das rohe, unverarbeitete Ernährungsmaterial aus den Lymph- und Chylusgefässen, und dies ist seine



rückführende Thätigkeit. Damit aber diese mannigfaltigen Aufgaben in allen Beziehungen hinlänglich und vollständig erfüllt werden können, so ist es natürlich auch die erste Bedingung, dass es überall hin, bis zur äussersten Peripherie gelangen könne, und zu diesem Zwecke wird es in beständigem Kreislauf in in sich geschlossenen, vielverzweigten Röhren, einem den Lebensbedingungen des complicirt gebauten Organismus in höchster Vollkommenheit angepassten Canalsystems, dem sogenannten Gefässsystem, umgetrieben. Die treibende Pumpe ist das Herz, und so erscheint dieses nicht mit Unrecht als eigentlicher *vegetativer Lebensmittelpunkt* des gesammten Organismus; wir können uns daher nicht wundern, wenn schon die einfache Naturbetrachtung der Alten das Herz als das wichtigste Organ des animalen Lebens ansprach.

Dies in grossen und allgemeinen Zügen die *Aufgaben* des Blutes; sehen wir nun näher zu, *auf welche Weise* und *wodurch* es befähigt wird, dieselben zu erfüllen.

Das frische Blut des Menschen und der Wirbelthiere stellt, wie Ihnen hinlänglich bekannt, für das blosse Auge eine undurchsichtige Flüssigkeit von hell scharlach- bis dunkel kirschrother Farbe dar, es schmeckt schwach salzig und zeigt Spuren einer alkalischen Reaction. Erst durch das Mikroskop, durch welches in allen Naturwissenschaften bis heute so bedeutende Entdeckungen zu Tage gefördert wurden und noch täglich werden, und dem wir so bahnbrechende Resultate besonders in der Anatomie und Physiologie verdanken, ist man im Stande zu bemerken, dass das Blut keineswegs eine homogene Flüssigkeit darstellt, sondern dass es aus deutlich in einer Flüssigkeit schwimmenden Gewebselementen, eigentlich kleinen Organismen besteht. Diese höchst wichtige Entdeckung wurde quasi mehr zufällig bei

der Beobachtung und dem Studium des Kreislaufes an der durchsichtigen Schwimnhaut zwischen den Zehen der Hinterfüsse des lebenden Frosches gemacht. Wir beobachteten nämlich dabei vollkommen deutlich, dass kleine, rundliche, gelbröthlich gefärbte Scheibchen, die sogenannten Blutkörperchen, in einer schwach gelblichen und durchsichtigen Flüssigkeit, dem sogenannten Blutliquor, schwimmen, und zwar geschieht dies in grösseren arteriellen Gefässen rasch dahinschiessend, so dass die einzelnen Körperchen nur mit grösster Aufmerksamkeit deutlich erkannt werden können; in den Venen dagegen bewegen sich diese Körperchen in entgegengesetzter Richtung viel langsamer, und zwischen beiden, im Netze der feinen Capillaren, schieben sie sich der Kleinheit der Gefässlumina wegen nicht neben, sondern hinter einander langsam fort; sie können daher auch in diesen am deutlichsten beobachtet werden. Die Blutflüssigkeit, in anschaulicher Weise auch Suspensionsflüssigkeit genannt, scheint ihrer Durchsichtigkeit wegen sich nicht zu bewegen, und man meint, es bewegten sich in diesen Gefässen nur feste Körnchen, etwa wie die Sandkörnchen, die durch die Röhren einer Sanduhr laufen, während doch natürlich die ganze Masse in beständiger Bewegung sich befindet. Neben diesen deutlich gefärbten Körperchen finden sich aber noch in viel geringerer Menge im normalen Blute grössere, farblose, mehr kugelig gestaltete, welche ihres Mangels an Farbstoff wegen als „weisse Blutkörperchen“ bezeichnet werden; wir müssen später noch eingehender auf dieselben zurückkommen. Das Verdienst, die rothen Blutkörperchen entdeckt zu haben, gebührt einem der berühmtesten Mikroskopiker des 17. Jahrhunderts, Anton v. Leeuwenhoeck, Bürger von Delft, ein Mann, der ebenso geschickt war im Schleifen optischer Gläser, als im Beobachten mit denselben. Nachdem er am

lebenden Thiere zuerst die äusserst wichtige Entdeckung der Haar- oder Capillarröhrchen gemacht hatte, durch welche erst der ununterbrochene Zusammenhang, die directe Verbindung von Arterien- und Venensystem bewiesen war, fand er in weiterer Beobachtung und Verfolgung seiner Entdeckung am 15. August des Jahres 1675 im Blute „deutliche rothe Kügelchen“. Er sah, wie er sich selbst ausdrückt: „im Salzwasser des Blutes kleine, röthlichgelbe Körperchen in grösster Anzahl rollen“. Auch bleibt ihm nicht unbekannt, dass die rothe Farbe des Blutes lediglich von der Färbung dieser Körperchen bedingt und dass die Flüssigkeit, in der sie schwimmen, beinahe vollkommen farblos ist. Durch sorgfältige, äussert zahlreiche Beobachtungen fand er sogar die Unterschiede in der Form und Grösse der Blutkörperchen des Menschen und der Säugethiere einerseits und der Vögel, Fische, Reptilien und Amphibien anderseits, eine Leistung, die bei den noch äusserst mangelhaften optischen Instrumenten der damaligen Zeit geradezu staunenswerth erscheint. Von „weissen Blutkörperchen“ dagegen redete nach Albrecht v. Haller's Bericht erst etwas später zuerst Johann Bonhomme, dann Heinrich Bäcker, der ihnen den Namen „farblose Blutkörperchen“ gibt. Somit waren die Formelemente des Blutes entdeckt, die richtige Deutung aber ihrer Rolle im Körperhaushalt, ihrer physiologischen Functionen blieb erst späteren Zeiten vorbehalten. Leeuwenhoeck, als ächtes Kind seiner Zeit und ganz von der Lehre des Cartesius, dessen philosophisches System damals die Philosophie und die Naturwissenschaften vollständig beherrschte, eingenommen, glaubte in diesen Gebilden die Grundpartikelchen, die Moleküle, die den thierischen Organismus zusammensetzenden gleichartig belebten Urtheilchen entdeckt zu haben. Dass auf diese Entdeckung allgemein die grössten

Erwartungen von Philosophen und Naturhistorikern, von Gelehrten und Laien gesetzt wurden, darf bei *der Deutung*, die sie vom Entdecker erfuhr, keineswegs verwundern. Gar bald aber änderte dieser unermüdliche Forscher selbst seine Ansicht, nachdem er in verschiedenen animalischen Säften noch kleinere Kügelchen entdeckt hatte; er erklärt diese für sechs Mal kleiner als die Blutkörperchen und behauptet, dass erst, wenn sechs dieser kleinsten Kügelchen zusammentreten, die Blutkörperchen entständen, und diese könnten wieder zerspringen in dieselbe Zahl der sie aufbauenden Grundtheilchen. Im Jahr 1680 hatte sich sein Auge noch weiter geschärft, und so behauptete er, dass ein rothes Kügelchen im Menschenblut aus sechs kleinen Kügelchen bestände, dass aber jedes dieser sechs wieder aus sechs kleineren runden Molekülen, und dass sogar diese äusserst kleinen Kügelchen noch einmal wieder aus sechs noch kleineren zusammengesetzt seien. Ein einziges rothes Kügelchen sollte sich also im menschlichen Blute aus 36, oder sogar wohl aus 216 kleinsten Kügelchen zusammenballen und unter Umständen wieder in die gleiche Anzahl kugeliger Urtheilchen zerspringen. Dass sich aus diesen theoretischen Anschauungen verschiedene philosophische Gebäude aufbauten, ist leicht erklärlich; am bekanntesten unter ihnen ist die seiner Zeit berühmt gewordene Hypothese des als Theoretiker wie als Praktiker gleich bedeutenden Arztes Boerhaave; die bedeutendsten Aerzte bekannten sich zu derselben, so dass sie ihren Einfluss in den wichtigsten Problemen der Physiologie und Pathologie, ja sogar in der Heilungslehre geltend zu machen wussten. Es würde mich viel zu weit führen, Ihnen dies bis in alle Details sorgfältig ausgearbeitete System auseinander zu setzen; es mag Ihnen genügen, dass Boerhaave als letzte und zarteste Grundelemente, welche

wegen mangelnder Schärfe des Gesichtssinnes nicht mehr erkannt werden können, diejenigen Kügelchen bezeichnet hatte, welche aus einem „*flüssigen Wesen*“, den sogenannten „*Lebensgeistern*“, bestehen. Für diese soll es sogar ein eigenes Gefäßsystem, die „*Geistgefäße, Vasa spiritualia*“, welche sich nur im Gehirn und den verschiedenen Nerven vorfinden, geben. Die Lebensgeister sind somit verfeinertes Blut, das Blut vergrößerter Lebensgeist; Geist und Materie unterscheiden sich also nur *durch die verschiedene Grösse ihrer gleichgestaltig gedachten Grundtheilchen*. Allerdings der Materialismus in der nacktesten Form! Erst der neuesten Zeit blieb es vorbehalten, die richtige Deutung der für den Körper überaus wichtigen Functionen der rothen Blutkörperchen zu finden. Es sind dafür die Beobachtungen und Experimente von Magnus, Meyer, dem unlängst verstorbenen, berühmten Physiologen Claude Bernard und besonders in der allerneuesten Zeit von Pflüger bahnbrechend.

Betrachten wir diese wichtigen Formelemente etwas näher, so finden wir folgende Resultate: die rothen Blutkörperchen sind ganz eigenartige Zellen, so dass sich ausser im Blut in keiner Flüssigkeit des menschlichen Körpers mehr solche mit diesem besondern und eigenthümlichen Charakter vorfinden. Ihre Gestalt ist die einer kreisförmigen Scheibe, deren Rand abgerundet ist und deren beide Grundflächen in ihrer Mitte einen seichten, napfförmigen Eindruck besitzen; ihre Oberfläche ist vollkommen glatt. Stehen die Körperchen auf dem Rande, so zeigen sie die ihnen eigenthümliche Bisquitform, welche namentlich in frischem Blute dann leicht zur Ansicht kommt, wenn die Blutkörperchen die ihnen ebenfalls eigenthümliche geldrollenartige Anordnung annehmen. Sie sind, wie auch diejenigen aller Säugethiere, kernlos, während diejenigen der Vögel,

Fische, Reptilien und Amphibien einen deutlich sichtbaren Zellkern besitzen. Ihre *Umhüllung* besteht aus einer sehr elastischen, dehnbaren Membran, welche es ermöglicht, dass sie ihre Form sehr leicht vorübergehend oder dauernd verändern können. Das ist absolut nothwendig für den Kreislauf in den feinsten Haargefässnetzen, deren Querschnitt so dünn ist, dass die Blutkörperchen nur einzeln hinter einander hindurch treten können oder sich eigentlich hindurch zwängen müssen. In solch' engen Gefässen ereignet es sich, dass sie in die Länge zu eigentlichen Spindeln ausgezogen werden und überhaupt die mannigfaltigsten Formveränderungen erleiden, um nur den Durchgang durch die engen Röhren zu ermöglichen; sowie sie aber dem Druck entgangen sind, kehren sie vollständig in ihre alte Form zurück. Ihr sehr wichtiger *Inhalt* besteht ausser Wasser, gewissen Gasen und etwas Fett hauptsächlich aus einem zusammengesetzten Körper, dem sogenannten Haematoglobulin oder Haemoglobin; dieser lässt sich durch gewisse chemische Einwirkungen leicht in einen Eiweisskörper, das sogenannte Globulin und einen rothen, krystallisirbaren Farbstoff, das eisenhaltige Haematin, zerlegen. Innerhalb der lebenden Blutkörperchen ist das Haemoglobin nicht krystallisirt; die Krystallisation dagegen tritt sofort ein, wenn der Farbstoff durch Wasser aus den Blutkörperchen ausgewaschen wird. Die Gestalt dieser sogenannten Blutkrystalle ist verschieden; sie stellen sich als rothe Säulen, Nadeln oder Tafeln dar, alle jedoch dem rhombischen System angehörend. Von besonderer Wichtigkeit ist, dass unter der chemischen Einwirkung von Kochsalz und concentrirter Essigsäure sich das Haemoglobin in einen neuen, sehr charakteristischen, leicht krystallisirenden Farbstoff, das sogenannte Haemin, verwandelt. Es zeigen sich dann unter dem Mikroskop zwischen den farblosen Kry-



stallen des Kochsalzes und des essigsauren Natrons in grösserer oder geringerer Anzahl kleine rhomboidische, flache Stäbchen von hellgelb bis dunkel schwarzbrauner Farbe. Eine ausserordentlich geringe Menge trockenen Blutes oder mit demselben gefärbte Substanz reicht hin, um diese Haeminprobe erfolgreich anstellen zu können; sie wird daher hauptsächlich zu gerichtlichen Zwecken angewendet, und so wird gar oft ein röthlicher Flecken an den Kleidern oder an der Wäsche, an der Klinge oder am Heft eines Messers, oder auf dem Boden, von dem Mörder ganz unbeachtet geblieben, zum stummen Zeugen einer heimlichen Blutthat, zum beredten, nicht anzufechtenden Ankläger. In neuester Zeit sind wir übrigens auch durch das Spektroskop im Stande, den optischen Nachweis des unveränderten Haemoglobins bei frischem oder eingetrocknetem Blute mit Sicherheit auszuführen.

Ich kann nicht umhin, einige wenige forensische Beispiele Ihnen vor Augen zu führen. Ich entnehme sie dem Handbuch der gerichtlichen Chemie von Sonnenschein (Berlin 1881). Er schreibt unter Anderem folgendes:

Die Ermordung des Professors Gregy hatte Berlin in die grösste Aufregung gebracht, bis endlich die Thäter in L. Grothe und Genossen entdeckt wurden. Bei der Hausdurchsuchung wurden eine grosse Anzahl von theils verwaschenen, theils noch wohl erhaltenen Blutflecken aufgefunden, letztere namentlich an einem Bettpfosten. An den Wänden befanden sich Spuren von Gehirn und mit Kalkfarbe übertünchte Blutflecken. Nachdem die Uebertünchung mittelst verdünnter Salzsäure entfernt worden war, traten die Blutflecken wieder deutlich hervor und konnten auf das Bestimmteste als solche erkannt werden. Die Thäter waren damit überführt.

Ein Schäfer hatte einen andern mit einer Sense er-

schlagen. An dieser, sowie an den Kleidungsstücken eines der That Verdächtigen fanden sich nicht nur Blutspuren, sondern auch Haare des Erschlagenen. Er wurde verurtheilt.

In einem Comptoir war mittelst Einbruch ein Diebstahl ausgeführt worden. Hierbei war von dem Pulte ein Gefäss mit rother Tinte umgeworfen worden und hatte rothe Flecken auf den Schuhen des Thäters hervorgebracht. Der Untersuchungsrichter hielt dies für ein Indicium für die Schuld des Angeklagten, der behauptete, dass die Flecken von Nasenbluten herrührten. Die Untersuchung ergab die Unwahrheit seiner Angaben. Dieses und andere Umstände lieferten das Material zur Ueberführung des Angeklagten.

Ein des Todtschlages verdächtiger Mann behauptete, die auf seinem Pelz befindlichen, rothen Flecken stammten theilweise von dem rothen Wandanstrich einer von ihm besuchten Bauernschenke, theils von dem Blute einer von ihm geschossenen Ente her. Ersteres wurde chemisch, letzteres mikroskopisch widerlegt, da keine elliptischen Blutzellen von Vögeln, sondern nur runde Zellen, wie sie bloss im Blute des Menschen und der Säugethiere vorkommen, nachweisbar waren.

Eine alte Frau, welche einen Handel mit Käse trieb, wurde erschlagen auf einem der Landstrasse parallel laufenden Nebenwege vorgefunden. Der Verdacht der Thäterschaft lenkte sich sofort auf den ungerathenen Sohn einer Familie, in welcher die Frau an demselben Tage Käse gekauft hatte. Blutspuren, welche angespritzt waren, dienten zu seiner Ueberführung.

Dass bei den geringen Dimensionen der Blutkörperchen eine genaue Grössenbestimmung keine leichte Sache ist, ist leicht begreiflich, und ist es daher auch erst der neuern Zeit mit ihren feinern Instrumenten und der grös-



sern Fertigkeit in Benutzung derselben gelungen, einigermaßen sichere Anhaltspunkte in dieser Beziehung zu geben. Walker ist der erste, der im Jahr 1863 als Mittel aus 130 Bestimmungen für die menschlichen Blutkörperchen den Durchmesser des grössten Querschnittes der Scheibe zu 0,007 mm, die grösste Dicke zu nur 0,0019 mm gefunden. Diese Beobachtungen müssen an ganz frisch angefertigten und möglichst rasch gegen Verdunstung geschützten Blutpräparaten vorgenommen werden, da beim Contact mit der Luft sofort Schrumpfung der Umhüllungsmembran und dadurch Verkleinerung des Körperchens eintritt. Neben diesen grösseren Körperchen hat der französische Mikroskopiker Hayem noch leicht veränderliche, kleinere Blutkörperchen, deren Grösse kaum die Hälfte, also nur 0,003 mm beträgt, im normalen Blute nachgewiesen. Er betrachtet sie als Vorstufen der rothen Blutkörperchen und bezeichnet sie als Hämatoblasten. Zwischen diesen nun und den vollständig ausgebildeten rothen Blutkörperchen liegen wieder Uebergangsformen in Bezug auf Grösse und Formbeständigkeit; wir nennen sie *Mikrocyten*. Trotzdem ihre Zahl unter normalen Verhältnissen nicht bedeutend ist, so sind sie wegen ihres häufigen Vorkommens bei einer besondern Erkrankung des Blutes erwähnenswerth; es ist dies die sogenannte progressive, perniciöse Anaemie, die Blutauszehrung im eigentlichen Sinne des Wortes. Biermer, früher Professor in Zürich, hat im Jahr 1871 zuerst auf diese eigenthümliche Erkrankung des Blutes aufmerksam gemacht und sie in ihrem Wesen näher beschrieben. Es erscheint nämlich der während des Lebens aus einer Fingerspitze mittelst eines leichten Nadelstiches entnommene Blutstropfen schon von blossen Auge auffallend blass, beinahe fleischfarbig. Im mikroskopischen Präparat ist die Menge der normalen rothen Blut-

körperchen bedeutend vermindert und sind dieselben in ihren Grössenverhältnissen auffallend ungleich, so dass sich neben normalen Körperchen eine abnorm grosse Anzahl von Mikrocyten vorfindet, und dieser Befund ist für die erwähnte Erkrankung des Blutes vollkommen charakteristisch und daher von grosser Bedeutung.

Werden verschiedene Thierspecies mit einander verglichen, so findet man bedeutende Differenzen in der Grösse der Blutkörperchen. Um Ihnen einen Begriff von dem Fleiss und der Ausdauer einiger Forscher in dieser Richtung zu geben, mag nicht unerwähnt bleiben, dass Manassein allein mehr als 40,000 Messungen an 174 Thieren der verschiedensten Arten vorgenommen hat, eine Leistung in Bezug auf Geduld, Genauigkeit und Anstrengung des Sehorganes, wie sie kaum leicht nachgemacht werden dürfte. Er hat dabei gefunden, dass im Allgemeinen der Grössenunterschied zwischen den Blutkörperchen des Menschen und der verschiedensten Säugethiere eine auffallend geringe ist; bei den meisten sind sie nur um  $0,008 \mu$  bis  $0,0015 \mu$  kleiner; nur der Elephant soll auch in dieser Beziehung eine Ausnahme machen, indem nur bei ihm die Blutkörperchen grösser sein sollen, als diejenigen des Menschen. Dagegen sind die mehr ovalen Blutkörperchen der Vögel um mehr als das Doppelte so gross, und die der Reptilien und Amphibien sind noch grösser und breiter. Derselbe Forscher hat zudem durch zahlreiche Beobachtungen auch die nicht uninteressante Thatsache nachgewiesen, dass durch gewisse Einflüsse bei einem und demselben Individuum nicht unbedeutende Schwankungen im Grössendurchmesser der Blutkörperchen eintreten können. Eine Verkleinerung derselben soll z. B. eintreten bei Fieberzuständen, bei einer die Körperwärme übertreffenden Temperatur der umgebenden Luft, beim Einathmen von Kohlensäure, nach einer sub-

cutanen Injection von Morpium. Eine Vergrößerung dagegen wurde beobachtet beim Einathmen von Sauerstoff, nach der längern Einwirkung von Kälte, Chinin, Blausäure und Alkohol. Ein Einfluss des Geschlechtes ist in dieser Beziehung nicht nachzuweisen; dagegen soll das Alter die Grösse so beeinflussen, dass jüngere Individuen grössere Blutkörperchen zeigen als ältere.

Nachdem die Grössenbestimmung der Blutkörperchen gelungen, lag das Bestreben nahe, auch die Zahl derselben in einem gewissen Blutquantum so genau wie möglich festzustellen. Wie schwierig diese Aufgabe ist, mag aus dem Umstand erhellen, dass sich in einem Cubik-Millimeter Blut eines gesunden Menschen ca. 5 Millionen rother Blutkörperchen vorfinden. Ich will Sie nicht ermüden mit Angabe und Beschreibung der verschiedenen angewendeten Methoden, durch welche eine solche Zählung überhaupt ermöglicht wird. Das Grundprinzip bei allen derselben besteht darin, das zu untersuchende Blut in bedeutendem, jedoch genau bestimmbarem Grade zu verdünnen, ein genau bestimmtes Minimalquantum dieser Flüssigkeit unter dem Mikroskope mit einem in viele gleich grosse Quadrate eingetheilten Glasscheibchen, einem sogenannten Glasmikrometer, zu bedecken und in den einzelnen Quadraten desselben dann die Blutkörperchen zu zählen. Nehmen wir im Durchschnitt auf einen erwachsenen Mann im Ganzen 10 Pfund Blut an und auf einen  $\text{mm}^3$  5 Millionen Blutkörperchen, so ergibt sich für das Gesamtblut die ungeheure Menge von 250 Milliarden rother Blutkörperchen. Dass auch hier unter normalen Verhältnissen die mannigfachsten Schwankungen vorkommen, ist natürlich. Einen wesentlichen Einfluss hat auch hier wieder das Alter; je jünger das Individuum, desto reicher an rothen Körperchen ist sein Blut; weibliche Individuen sollen eine geringere Menge zeigen als Männer desselben Alters. Auch Tages-

schwankungen kommen vor; so wurde von Vierordt unmittelbar nach der Mahlzeit ein Steigen, nach einigen Stunden wiederum ein Sinken der Menge beobachtet. Zunahme zur Winterszeit, Abnahme im heissen Sommer.

Einen weit grössern Einfluss auf die Menge der rothen Blutkörperchen üben aber Krankheiten der verschiedensten Art aus. Diese Zustände sind allgemein bekannt unter dem Namen Bleichsucht und Blutarmuth, in technischen Ausdrücken Anaemie, Chlorose, oder, um speciell die Verarmung des Blutes an rothen Körperchen deutlich zu bezeichnen: Oligocythämie. Diese kann unter Umständen einen sehr hohen Grad erreichen. Nach dem französischen Autor Andral sollen sich Fälle vorfinden, in denen die Zahl der Blutkörperchen auf 60<sup>0</sup>/<sub>0</sub> der Normalzahl sinken kann, ja bei den hochgradigsten Formen sogar bis auf 28<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Dass dadurch, namentlich in hochgradigen Fällen, die normale Ernährung und Thätigkeit der verschiedenen Organe in hohem Grade beeinträchtigt wird, ist leicht begreiflich; es ist besonders die Thätigkeit und Ernährung des Herzmuskels, die unter solchen abnormen Verhältnissen wesentlich zu leiden hat. Es tritt daher leicht, besonders nach einer grössern Anstrengung, eine momentane Ermüdung desselben ein, die Blutcirculation in den Lungen stockt dadurch, und die Folge davon ist ein mangelhafter Gasaustausch in denselben, d. h. eine Anhäufung von Kohlensäure im Blute. Die stark beschleunigte Herzthätigkeit, die vermehrte Athemfrequenz, durch welche der Organismus unwillkürlich diese abnormen Verhältnisse wieder auszugleichen sucht, mannigfache nervöse Zustände, wie Schwindel, Ohrensausen, Flimmern vor den Augen, Ohnmachten etc., wie sie bei blutarmen und bleichsüchtigen Kranken oft genug vorkommen und sowohl die Patienten selbst, als auch besonders deren Umgebung momentan in die grösste Auf-

regung und Angst stürzen können, finden in diesen abnormen Verhältnissen der Blutbeschaffenheit ihre vollständige Erklärung. Die Zeit gestattet es mir nicht, näher auf diese hochwichtigen Sachen einzugehen, und muss ich mich daher mit diesen wenigen Andeutungen begnügen.

Ein weiterer, sehr wichtiger Bestandtheil des menschlichen Blutes, speciell der Blutkörperchen, sind die Blutgase; erst durch die nähere Betrachtung dieser gelangen wir zur richtigen Würdigung der hohen Bedeutung dieser Zellen. Sie sind als Träger des Sauerstoffes die wichtigen Vermittler der Gewebsathmung, von welcher die normale Fortdauer der Gewebsfunctionen mehr oder weniger vollkommen abhängig ist. Auf dem regen *Wechselverkehr* der *Gase* der *Atmosphäre* mit den Blutkörperchen beruht eigentlich das *Leben* des Organismus. Schon von blossen Auge lassen sich im Körper zwei deutlich von einander verschiedenen gefärbte Blutarten erkennen, es ist das dunkelrothe, fast schwärzliche Blut der Venen und das aus den Lungen abströmende, hellrothe, arterielle Blut. Die Verschiedenheit dieser Färbung beruht ausschliesslich darin, dass sich im erstern, also im Venenblute, nur wenig Sauerstoff und mehr Kohlensäure, im arteriellen dagegen mehr Sauerstoff und weniger Kohlensäure findet. Im Blut erstickter Thiere z. B. fehlt der Sauerstoff fast ganz. Der Farbenwechsel, den das dunkle venöse Blut bei seinem Durchgange durch die Lungengefässe erleidet, zeigt sich auch ausserhalb des Organismus. Fangen wir dunkles venöses Blut in einem offen stehenden Glase auf, so zeigt sich nach kurzer Zeit eine deutliche Einwirkung der äussern Luft auf dasselbe; seine Oberfläche nimmt nämlich eine hellrothe Färbung an, und diese Schichte nimmt nach und nach nach unten zu. Viel schneller vollzieht sich natürlich dieser Farbenwechsel, wenn wir direct einen Sauerstoffstrom auf solches Blut einwir-

ken lassen. Die Aufnahme des Sauerstoffes ist zum grössten Theil unabhängig von den physikalischen Gesetzen der Gasdiffusion, sie erfolgt unter Einwirkung einer directen Anziehung desselben durch das Haemoglobin der Blutkörperchen, während der Blutflüssigkeit keine stärkern Beziehungen zu ihm zukommen, als wie sie jede andere Flüssigkeit von einem bestimmten Salzgehalte nach den allgemeinen Gesetzen der Diffusion besitzt. Man hat daher nicht mit Unrecht die Blutkörperchen mit kleinen Schwämmchen verglichen, die den Sauerstoff aufsaugen, wie die Badeschwämme das Wasser. Aber ebenso leicht, wie das Haemoglobin, in Verbindung mit Sauerstoff Oxyhaemoglobin genannt, im Stande ist, denselben aufzunehmen, kann es ihn auch wieder an andere Gewebe abgeben; die Verbindung zwischen beiden ist demnach eine ganz lose. Unter der Luftpumpe entweicht der Blutsauerstoff mit den übrigen Blutgasen, d. h. mit dem Stickstoff und der Kohlensäure, als wäre er nicht fester gebunden wie diese. Der Sauerstoff wird aber auch nur zum kleinsten Theile von den Blutkörperchen zu eigenen Zwecken, d. h. zur eigenen Oxydation verwendet; seine Hauptmenge wird von ihnen an die in fortwährender Selbstverbrennung begriffenen Organe und Gewebe des Körpers abgegeben. Mit der Feststellung dieser Thatsache, was hauptsächlich das Verdienst des Physiologen Pflüger ist, wird erst die hohe Bedeutung der Blutkörperchen für das animale Leben recht klar und deutlich. Das Blut in den Arterien fliesst als ein concentrirter Sauerstoffstrom zu den verschiedenen Organen, denselben den zu ihrem Leben absolut nothwendigen Unterhalt abgebend, sie daher immer zu erneuerter Thätigkeit anspornend. In ihm finden wir also das eigentliche Pneuma, die Anima der Alten, die Alles treibende Lebenskraft, die Feder des rastlos und ununterbrochen arbeitenden complicirten Uhrwerkes.



Von grosser Wichtigkeit für das Leben der Blutkörperchen und von grosser praktischer Bedeutung sind eine Reihe von Einflüssen, welche direct zerstörend auf dieselben einwirken in der Weise, dass sie ihren Farbstoff in die umgebende Flüssigkeit entlassen, während sie selbst als verkleinerte, blasse, runde, sehr schwach lichtbrechende, geschrumpfte Ueberreste zurückbleiben; sie werden dadurch vollständig unfähig gemacht, ihre Hauptrolle als Sauerstoffträger fortzuführen, und sind für den Organismus als eigentlich *tot* anzusehen. Das Blut nimmt dadurch auch für das unbewaffnete Auge eine eigenthümlich rothe Lackfarbe an. Von diesen deletären Einflüssen sind hauptsächlich erwähnenswerth bedeutender Zusatz von Wasser, von verschiedenen Salzen, besonders gallensauren, von Schwefelkohlenstoff, Aether und Chloroform. Beim gelben Fieber, in welchem nebst andern zerstörenden Einflüssen massenhaft Gallensäuren und gallensaure Salze sehr rasch in die Blutmasse übergehen, wodurch in auffallend kurzer Zeit die äussere Haut des Kranken ein so intensiv gelbes Colorit erhält, welchem die Krankheit ihren Namen verdankt, werden dadurch eine Menge Blutkörperchen rasch zerstört, und ist hauptsächlich diesem zerstörenden Einflusse der oft so rasch eintretende Tod, überhaupt die so bekannte Gefährlichkeit der mit Recht gefürchteten Krankheit zuzuschreiben.

Von noch viel grösserer und im praktischen Leben weittragenderer Bedeutung, als die angegebenen Factoren, ist aber der Einfluss *erhöhter Temperatur* auf die Blutkörperchen. Bei auch nur kurzer Einwirkung einer Temperatur von 50° C. und darüber bekommen sie erst seichte, dann tiefere Einkerbungen, welche weiterhin zu kugeligen Abschnürungen, zum Austreiben perlschnurartiger Fäden und nach und nach zu einem vollständigen Zerfall in grössere und kleinere kugelige, schwach gefärbte Theilstücke führt,

so dass zahlreiche Farbstoffschollen im Blute circulirend gefunden werden. Auf diese Weise gehen eine grosse Menge Blutkörperchen zu Grunde bei ausgedehnten Verbrennungen der Haut, wenn dieselbe auch nur ersten Grades ist, d. h. nur in starker Röthung, Schmerzhaftigkeit und Schwellung der Haut besteht, ohne Blasenbildung oder gar Verkohlung einzelner Theile derselben. Es ist ein schon längst bekannter Erfahrungssatz, dass namentlich die Ausdehnung der Verbrennung, d. h. die Grösse der Hautoberfläche, welche mit dem Feuer oder einer erhitzten Substanz in Berührung kam, in Bezug auf die Gefahr für das Leben von der allergrössten Bedeutung ist. Die gänzliche Verkohlung einer Hand oder eines Fusses z. B., ja eines ganzen Vorderarmes oder Unterschenkels wird, wenn die Verletzung auf diesen Theil beschränkt bleibt, sehr wahrscheinlich glücklich geheilt werden; Verbrennungen im ersten Grade aber über die ganze, ja, man nimmt an schon über  $\frac{2}{3}$  der Körperoberfläche, sind unbedingt tödtlich, und zwar kann der Tod schon am ersten oder zweiten Tage nach dem Unfall unter den Erscheinungen vollständiger Erschöpfung eintreten. Die Verletzten haben einen intensiv brennenden Schmerz über den ganzen Körper, sind in halb bewusstlosem Zustande, liegen meist ruhig, wie schlafend, oft leise delirirend da. Der Puls ist klein, sehr frequent, die Körpertemperatur sinkt unter die Norm. Klagen über heftige Kopfschmerzen, Erbrechen, grosser Durst, enorme Mattigkeit, immer zunehmende Schwäche und bald Erlösung durch den Tod. Diese schlechte Prognose, d. h. Vorhersage für die Verbrennungen, welche von der für andere an und für sich viel schwerer scheinenden Verletzungen bedeutend abweicht, bietet manches Merkwürdige und Unaufgeklärte. Es wurden daher schon seit langer Zeit von den bedeutendsten Chirurgen und pathologischen Anatomen die verschiedensten



Theorien aufgestellt, um dieses abnorm ungünstige Verhältniss bei Verbrennungen zu erklären. Dupuytren, ein sehr bedeutender französischer Chirurg, z. B. suchte im Uebermass der Schmerzen durch die ausgedehnte Nervenreizung in der verletzten und entzündeten Haut, englische Chirurgen im Shock, d. h. in der überstarken Reizung der Nervencentren von der Peripherie aus die Haupttodesursache in diesen Fällen; zudem soll noch die durch die Verbrennung bewirkte Unterdrückung der Functionen der Haut, also ihrer Secretion und Perspiration eine wesentliche Rolle dabei spielen. Erst in der neuesten Zeit wurde die Aufmerksamkeit auch auf das Verhalten des Blutes gerichtet und die schon beschriebene ausgedehnte Zerstörung der Blutkörperchen constatirt. Es darf nunmehr diese als ein wesentlicher Factor zum so unverhältnissmässig raschen Eintritt des Todes in solchen ausgedehnteren Verbrennungsfällen angesehen werden. Aber nicht nur diese höhern von aussen wirkenden Wärmegrade führen zum Untergange dieser Hauptelemente, sondern überhaupt jede überaus hohe Temperatur auch im Innern des Körpers, also um es kurz zu sagen, jeglicher Fieberzustand von einer gewissen Intensität und Länge der Zeitdauer führt zur Verarmung des Blutes und der Blutkörperchen; es sind dies die Erscheinungen der febrilen Consumption. Mit Recht hat schon vor einiger Zeit Virchow betont, dass eigentlich jedem Fieber, mag seine Ursache sein, wie und wo sie will, hektische, d. h. schwächende, consumirende Eigenschaften zukommen, und zwar lässt sich im Allgemeinen sagen, dass die Erscheinungen der Verarmung des Blutes an seinen wichtigsten Bestandtheilen sich im Verlaufe febriler Processe um so schneller efinden und um so höhere Grade erreichen, je intensiver das Fieber ist und je länger es besteht. Bei den gewöhnlichen Fiebergraden, d. h. zwischen 38—40° C. schwankend, schliessen wir hauptsächlich aus

dem Umstand, dass der Fiebernde bei Weitem mehr Harnfarbstoff producirt als der Gesunde, ferner, dass im Fieberharn die Menge der Kalisalze sehr beträchtlich (bis auf das siebenfache der gewöhnlichen Quantität) vermehrt ist, mit höchster Wahrscheinlichkeit auf einen massenhaften Untergang der gefärbten Elemente des Blutes, d. h. der Blutkörperchen, und zwar ist der Schluss um so gerechtfertigter, als der Harnfarbstoff ausschliesslich ein Derivat des Blutfarbstoffes ist und die rothen Blutkörperchen ausnehmend kalireiche Gebilde sind. Bei höheren Fiebergraden aber, wie sie hauptsächlich nur bei schwerem, beinahe stets tödtlich verlaufendem Wechsel- und Sumpffieber vorkommen, sind wir im Stande, noch weit directer und sicherer den perniciosösen Einfluss dieser hohen Temperaturen auf die Blutkörperchen nachzuweisen. Es findet sich nämlich nach einem solchen Fieberanfall eine so bedeutende Menge Pigment, d. h. veränderter Blutfarbstoff, von untergegangenen Blutkörperchen herrührend, dass er in dem bei Lebzeiten entnommenen Blute ganz leicht nachweisbar ist, und diese Art von Blutbeschaffenheit einen besondern Namen, nämlich Melanämie, wörtlich übersetzt: „Schwarzblut“ erhalten hat. Diese Anhäufung von Pigmentschollen kann einen solchen Grad erreichen, dass eine Anzahl wichtiger Störungen durch sie zu Stande kommen kann, indem sie ausgedehntere Capillargefässnetze verstopfen und dadurch Entzündungen, Gefässzerreissungen und bedeutende Functionsstörungen der betreffenden Organe verursachen; besonders erwähnenswerth sind in dieser Hinsicht gefährliche Hirnerscheinungen, wie Delirien, Ohnmachten, Convulsionen, ja zuweilen plötzlicher Eintritt des Todes durch Verstopfung einer grössern Hirnarterie durch solche Pigmentschollen.

Gleich im Anfange des Vortrages, als von der Beob-

achtung des Kreislaufes des Blutes im lebenden Thiere die Rede war, fanden wir im kreisenden Blute neben den weit an Zahl überwiegenden rothen Blutkörperchen, denen wir bis jetzt fast ausschliesslich unsere Aufmerksamkeit zugewendet haben, noch andere, nämlich *farblose Zellen*, bei deren näherer Betrachtung wir noch einen Augenblick stehen bleiben müssen. Sie unterscheiden sich von den rothen in mannigfacher Hinsicht. Die Hauptunterschiede beruhen auf dem Mangel jeglicher Färbung, auf ihrer Grösse, welche die der rothen mindestens um das Doppelte übertrifft, auf ihrem Gehalt an einem Kern im Innern, der durch Einwirkung von Wasser oder Essigsäure unter dem Mikroskope leicht sichtbar wird; dann besonders aber darauf, dass sie eine selbständige, active Bewegung zeigen, wegen welcher man sie auch als amöboide oder Wanderzellen bezeichnet hat. Nach der trefflichen Schilderung Ranke's in einer physiologischen Skizze über das Blut ist die weisse Blutzelle im Stande, ihre Körpergestalt zu verändern, sie streckt Fortsätze aus ihrem Leibe hervor, Scheinfüsse, mit denen sie sich bewegt und an den Gefässwandungen festheftet, ja, die sie wie ein vollkommen selbständiger Organismus auch als Organ zur Nahrungsergreifung verwendet. Wir können sehen, wie sie kleine, im Blute schwimmende Körnchen mit ihren Protoplasma-Fortsätzen ergreift und, indem sie die Scheinfüsse anzieht, in ihren Leib als Nährmaterial einpresst. Man hat wahre Fütterungsversuche mit den weissen Blutkörperchen angestellt. Kleinste Karminkörnchen, die man dem Blute zugemischt hatte, wurden von den weissen Blutkörperchen auf die angegebene Weise aufgenommen, und die rothe Farbe der Körnchen gestattete es, ihre Aufnahme in den Leib der Zelle mit aller Sicherheit zu constatiren. Mit einer Art von Grauen sehen wir in unserem Körper, den wir doch durch unser Selbstbewusstsein als eine

in sich geschlossene Einheit fühlen, selbständiges individuelles Leben in tausendfacher Anzahl sich abspielen, auf dessen Vorgänge wir nicht die leiseste Einwirkung auszuüben vermögen. Ihre Zahl ist bedeutend geringer, als die der rothen Blutkörperchen, es soll im Durchschnitt unter normalen Verhältnissen nur ein weisses auf 340—350 der letzteren kommen; doch spielen auch hier das Alter, die Constitution, sogar die Tageszeit eine nicht unbedeutende Rolle. Im Ganzen dürfte die Zahl von 1000 Millionen für das Gesamtblut approximativ die richtige sein. In gewissen krankhaften Zuständen jedoch, speciell Erkrankungen der Milz und der Lymphdrüsen, kann eine so bedeutende Vermehrung derselben stattfinden, dass das Blut auch von blossen Auge eine auffallend blassrothe, man möchte sagen: weissliche Farbe erhält, wesshalb dieser Krankheit die Benennung Leukämie oder Weissblütigkeit gegeben wurde. In hohen Graden derselben sollen diese farblosen Zellen beinahe um das 50—100fache vermehrt sein und somit eine solche statt auf 350 auf 70 oder sogar auf 30 rothe Blutkörperchen zu stehen kommen. Ihre chemischen Bestandtheile sind noch nicht mit Zuverlässigkeit bekannt, vermuthlich sind es mit Ausnahme des rothen Farbstoffes nahezu die der rothen. Was ihre Rolle und ihre Aufgabe im Haushalte des Körpers anbetrifft, so sprechen viele Gründe dafür, dass sie im Gegensatze zu den rothen direct mit der Organernährung, mit dem Lebensprocesse im eigentlichen Sinne des Wortes nichts zu thun haben, sondern, dass sie lediglich als eine niederere Entwicklungs-, eine Vorstufe, ein jüngerer Lebenszustand der rothen Körperchen zu betrachten sind; sie wandeln sich allmählig in gefärbte um. Was die Organe anbetrifft, in welchen dieser Umwandlungsprocess vor sich geht, so ist es auch wieder erst die neuere Zeit, welche positive Anhaltspunkte in diesem an mancherlei Hypothesen reichen

Capitel zu geben im Stande war. Es sind die Untersuchungen Neumann's und besonders jene von Rindfleisch und von Funke, welche, nachdem sie im rothen Knochenmark und in der Milz zahlreiche Zellenformen vorfanden, welche alle Stadien des Ueberganges zwischen weissen und rothen Blutkörperchen zu repräsentiren scheinen, die blutbildende oder hämatogenetische Thätigkeit dieser beiden Organe über allen Zweifel erhaben feststellten.

Nachdem wir nun in eingehender Weise die Formelemente des Blutes in's Auge gefasst, erübrigt uns noch, die Blutflüssigkeit, das Blutplasma, in welchem die Blutkörperchen schwimmen, etwas näher zu betrachten. Kurze Zeit, d. h. 2—5 Minuten, nachdem das Blut aus dem Körper entfernt worden ist, verliert es nach und nach seine flüssige Beschaffenheit und nimmt eine gallertartige Consistenz an, d. h. es gerinnt, ein Vorgang, der Ihnen Allen wohlbekannt sein dürfte. Diese Anfangs ziemlich gleichförmige Gallerte zieht sich immer mehr und mehr zusammen und giesst aus sich eine trübgelbliche Flüssigkeit heraus, in welcher ein nach und nach fest gewordener rother Klumpen, der sogenannte Blutkuchen, schwimmt; das gelbliche Fluidum ist das Blutserum. Der erstere ist nichts anderes, als der im Blutliquor aufgelöst gewesene Faserstoff, der sich durch das Gerinnen in Form eines immer dichter und dichter werdenden Faserfilzes ausgeschieden und in seinen Maschen die rothen Blutkörperchen eingeschlossen hat. Wird der Farbstoff dieser letztern durch Auswaschen entfernt, so bleibt der Faserstoff als feste, zähe, weisse, aus fadenförmigen Elementen deutlich zusammengesetzte Masse zurück. Die Gerinnung des Blutes ist somit nur eine Gerinnung des im Plasma enthaltenen Faserstoffes. Von grosser Wichtigkeit ist der Umstand, dass dieser letztere auch innerhalb des Organismus gerinnt, sobald das Blut aus seinen



Gefässen tritt, mag dies nun durch Berstung derselben oder durch eine Verwundung von Aussen stattfinden; schon mancher Verwundete, dem nicht sofortige Hülfe geleistet werden konnte, wurde durch Verstopfung seiner Gefässwunde durch den sofort gerinnenden Faserstoff vor dem sonst unausbleiblichen Tode durch Verblutung bewahrt. Bewundern Sie in dieser bei oberflächlicher Betrachtung scheinbar höchst unwichtigen Eigenschaft des Blutes wieder die bis in's kleinste Detail gehende höchste Zweckmässigkeit der Natureinrichtung und die Weisheit ihres Schöpfers! Aber auch innerhalb der Gefässbahn kann unter Umständen eine theilweise Gerinnung des Blutes stattfinden; dies ist jedesmal der Fall, wenn sich das Blut längere Zeit in einem Blutgefässe staut, der Kreislauf also an diesem Ort unterbrochen ist, wie wir als bestes Beispiel hiefür die so oft vorkommende chirurgische Unterbindung eines Gefässes wählen können. Erst durch den Anfangs geronnenen, nachher sich organisirenden Faserstoff wird der Verschluss ein solider und durchaus haltbarer. Aber auch weit geringere Ursachen als zeitweise Stauungen führen zu kleinern Gerinnungen innerhalb des Kreislaufes. Jedes gröbere Hinderniss der Blutbewegung, z. B. Rauigkeiten an den innern Gefässwänden, wie sie im höhern Alter oft als Verkalkung, d. h. atheromatöse Entartung vorkommt, oder krankhaft veränderte Herzklappen, führt zu partieller Blutgerinnung an den betreffenden Stellen; dieses oft nur kleine Blutgerinnsel wird vom Blute fortgeschleppt und verstopft plötzlich eine zur Erhaltung des Lebens unentbehrliche Gefässbahn, etwa im Gehirn oder in den Lungen, wodurch plötzlicher Tod im erstern Fall unter dem Bild eines sogenannten Schlagflusses, im zweiten unter dem eines sogenannten Lungen-schlages eintritt; wir nennen diese kleinen, oft so pernicios wirkenden Gerinnsel Emboli, d. h. Verstopfer. Legen

wir uns nun die Frage vor, wodurch das Blut im lebenden Organismus am Gerinnen verhindert wird, so könnte in drei Momenten die Veranlassung gesucht werden. Erstens in der Körperwärme; dass diese es nicht ist, beweist der Umstand, dass Erwärmen des Blutes ausser dem Organismus die Gerinnung beschleunigt, Abkühlung dagegen dieselbe verzögert. Zweitens die Bewegung; auch diese ist es nicht; denn geschütteltes Blut gerinnt rascher und vollkommener als ruhendes. Es bleibt uns daher als drittes Moment nur übrig, die Annahme einer bis jetzt in ihrem Wesen unaufgeklärten, ich möchte fast sagen räthselhaften Einwirkung der gesunden, lebenden Herz- und Gefässwand. Es ist dies durch Brücke endgültig bewiesen. Er zeigte nämlich, dass Säugethierblut, welches bei 0° C. 15 Minuten lang der Berührung mit der Luft ausgesetzt, in das Herz eines eben getödteten Säugethieres zurückgefüllt und darin in einem mit Wasserdampf gesättigten Raume bei gewöhnlicher Zimmertemperatur aufbewahrt worden war, bis zu fünf Stunden flüssig erhalten werden kann, und dass das Blut von Kaltblütern bei demselben Versuche bis zu acht Tagen flüssig bleibt. Jeder während dieser Zeit aus dem Herzen entnommene Blutstropfen gerinnt aber sofort unter den gewöhnlichen Erscheinungen. Aehnliches wie das Herz leisten die Wandungen der Arterien und Venen.

Ausser diesem Faserstoff muss die Blutflüssigkeit als allgemeine Nährsubstanz der Organe des lebenden Körpers noch alle diejenigen Stoffe in sich enthalten, welche irgend ein Organ für seinen Aufbau und für die Erhaltung seines Lebens bedarf; es sind dies par excellence die Eiweissstoffe, welche das eigentliche nährende und plastische Material, mit dem die Körpergewebe sich erhalten und aus dem sie beständig sich von Neuem aufbauen, bilden. Sie können daher neben den rothen Blutkörperchen unter sämt-

lichen Bestandtheilen der allgemeinen Ernährungsflüssigkeit die höchste physiologische Dignität beanspruchen; sie beide sind vornehmlich die Träger der Kräfte des Blutes, welche die Lebensäusserungen der Gewebe auslösen, und eine Veränderung des normalen Gehaltes der Eiweissstoffe macht sich im kranken Körper sofort in ähnlicher Weise geltend, wie wir es bei der Veränderung der Blutkörperchen gesehen und ausführlicher beschrieben haben.

Der chemische Stoff, welcher in grösster Menge im Blute enthalten ist, ist wie in allen Organen das Wasser; das Blut ist normal das wasserreichste Organ, doch beträgt sein Wassergehalt nur wenige Procente mehr als jener des Fleisches oder des Gehirns.

Wir finden nach Hoppe in 1000 Theilen Plasma:

|              |              |
|--------------|--------------|
| Wasser       | 908,4        |
| feste Stoffe | 91,6 Theile, |

|                         |               |         |
|-------------------------|---------------|---------|
| und unter den letztern: | Faserstoff    | 10,1 ‰, |
|                         | Eiweissstoffe | 77,6 ‰, |
|                         | Fette         | 1,2 ‰.  |

Extractivstoffe, d. h. solche, welche im Organleben ausgedient haben und zur Ausscheidung aus dem Organismus bestimmt sind, wie Harnstoff, Harn- und Hippursäure Kreatin etc.

|                    |        |
|--------------------|--------|
|                    | 20 ‰,  |
| anorganische Salze | 7,1 ‰. |

Eine jede Veränderung in diesem quantitativen Verhältniss macht sich mehr oder weniger fühlbar, modificirt die normale Auslösung der Lebensthätigkeit, und das „gesunde Blut“ wird daher auch nicht mit Unrecht von jeher als die Universalmedizin für alle körperlichen Leiden, ja sogar für das Alter angesehen. Sagt nicht schon Ovid im VII. Buch der Metamorphosen an einer Stelle, wo Medea die Töchter des Pelias unter dem trügerischen Versprechen,



den Vater wie Aeson verjüngen zu wollen, zum Vaternorde verleitet:

„Zückt doch,“ sprach sie, „das Schwert und schöpft das veraltete  
Blut aus,  
Dass ich frisch ihm erfülle mit Jünglingsblute die Adern.“

Ja, auch der Altmeister Göthe sagt unter Anderem: „Blut ist ein ganz besonderer Saft,“ und dass dieser Ausspruch auch nicht unrichtig ist, glaube ich Ihnen heute Abend sattsam dargethan zu haben. Möge die Richtigkeit desselben immer mehr und mehr zum Bewusstsein der Herrscher und Machthaber unserer Zeit gelangen, damit die Zukunft nicht mehr allzu ferne liegt, wo der grause Anblick eines Schlachtfeldes mit seinem zum Himmel dampfenden Blute der Blüthe des Volkes jedem menschlichen Auge erspart bleibt; möge die Heiligkeit und Unantastbarkeit des Herzblutes der Völker sowohl wie jedes einzelnen Individuums immer mehr anerkannt werden, mögen aber auch die humanitären Anstalten, mag ihr Name sein, wie er wolle, als eigentliche Blutbildungsstätten, wenn ich mich so ausdrücken darf, für die Armen und Aermsten, die Kranken und Siechen des Volkes stets opferbereitwillige Menschen finden! Die Ansprüche sind gross, der Nutzniesser sind Viele! Dass auch bei Ihnen ein warmes Herz für die unglücklichen Kranken schlägt, haben Sie durch Ihre heutige Anwesenheit thatkräftig bewiesen, und danke ich Ihnen im Namen derselben herzlich dafür. Hier liegt die wahre Lösung der socialen Frage; auf diese Weise wird sie besser gelöst, als durch Dynamit und Petroleum, Bajonett und Pickelhaube!

---