

Archiv

für

pathologische Anatomie und Physiologie

und für

klinische Medicin.

Bd. XXIX. (Zweite Folge Bd. IX.) Hft. 1 u. 2.

I.

Kleinere physiologisch-chemische Untersuchungen.

Von Dr. Alexander Schmidt in Dorpat.

Im Nachstehenden veröffentliche ich einige physiologisch-chemische Untersuchungen, theils weil sie ihrem Resultate nach für's Erste als mehr oder weniger abgeschlossen gelten können, theils weil ich, bei Verfolgung anderweiter Zwecke, nicht im Stande bin, ihnen eine weitergreifende Bearbeitung zu widmen und sie doch vielleicht Anderen zu eingehenderen Forschungen von Nutzen sein könnten. Sie sind aus einer grösseren Reihe bei der Dorpater Veterinairanstalt begonnener, aber noch nicht vollendeter Arbeiten herausgegriffen. Ich fühle mich verpflichtet, dieser Anstalt, welche mit grosser Liberalität ihr Material mir zur Verfügung gestellt und mir die Mittel zur Fortführung meiner Arbeiten gewährt, hiermit meinen Dank auszusprechen. —

1. Zur Endosmose der Zellen.

Wenn es feststand, dass bei den Lebensvorgängen im Thierleibe die Osmose eine hervorragende Rolle spielt, so war es andererseits ein übler Umstand, dass für die wichtigste unter den gelösten Substanzen im thierischen Organismus, für das Albumin,

die Diffusionsfähigkeit sich fast gleich Null herausstellte, so dass man geradezu das endosmotische Aequivalent des Albumins als unendlich gross annehmen konnte. In Betreff des Durchtrittes von Albuminlösungen durch Capillargefässwandungen konnte man zwar über diese Schwierigkeit hinwegkommen, insofern man den Druck, unter welchem jene Flüssigkeiten stehen, in Rechnung zog, aber gerade in Betreff der Lebensvorgänge in den Zellen, die nothwendig osmotische Strömungen voraussetzen, war es wünschenswerth, die Möglichkeit zu diesen Strömungen auch in Bezug auf die Eiweisssubstanzen experimentell nachzuweisen.

Die bisherigen Diffusionsversuche sind meist mit Eier- und Serumalbumin angestellt worden, indem man letzteres und das in den Ernährungsflüssigkeiten der Gewebe gelöste Albumin einander gleichsetzte. Bei der verschwindend geringen Diffusionsfähigkeit des Albumins konnte man sich die endosmotische Wanderung desselben in das Innere der Zellen doch dadurch zu Stande kommend denken, dass auf der anderen Seite der Zellenmembran, in der Zellenhöhle, sich Stoffe befinden, die, mit einer besonderen Anziehung zum Albumin begabt, den Durchtritt desselben durch die Zellenhülle beförderten oder dadurch, dass das Albumin im lebenden Organismus unmittelbar vor seinem Eintritt ins Innere der Zellen eine Metamorphose erleidet, durch welche es diffusionsfähig wird, ähnlich wie die mit der Nahrung aufgenommenen Eiweissstoffe im Magen und Darmkanal vor der Resorption in die verhältnissmässig leicht diffundirenden Peptone umgewandelt werden. Befindet sich das Albumin in den thierischen Flüssigkeiten gar nicht ein Mal im Zustande wirklicher Lösung, sondern nur einer Quellung, so scheint eine solche Umwandlung desselben und Ueberführung in den gelösten Zustand zum endosmotischen Uebertritt in die Zellen a priori gefordert. —

Jedenfalls konnte die sich ergebende Diffusionsunfähigkeit des Albumins eine Schwierigkeit begründen nur für unsere Vorstellungen von der Endosmose der Zellen, nicht der Exosmose, denn da sich von vornherein annehmen liess, dass die Proteinstoffe des Zelleninhaltes andere waren, als die der umspülenden äusseren Flüssigkeiten, so konnte man aus den negativen Resultaten jener

Diffusionsversuche keinen Schluss ziehen auf das Diffusionsvermögen dieser Stoffe. Direkte Versuche mit den den Zellen eigenthümlichen und in ihrem Innern gebildeten Eiweisssubstanzen mussten hier entscheiden.

Es war also vor Allem nöthig, diese Substanzen zum Versuche sich zu verschaffen; das ist nicht so schwer, als es auf den ersten Blick erscheinen möchte. Meine früheren Untersuchungen über die Faserstoffgerinnung haben ergeben, dass den Blut-, Chylus-, Lymph-, Eiter- und Speichelkörperchen und meistens auch den Zellen des Bindegewebes eine eigenthümliche und überall wesentlich gleiche Proteinsubstanz innewohnt, die sich durch ihre Fähigkeit die Gerinnung fibrinogener Flüssigkeiten zu bewirken auszeichnet und die in ihrem chemischen Verhalten vollkommen dem Berzelius'schen Globulin entspricht. Es ergab sich ferner, dass eine nicht unbedeutliche Menge dieser Substanz in der die Zellen umspülenden Flüssigkeit sich befindet, deren Gerinnung sie veranlasst, und dass nach Beendigung derselben ein Ueberschuss der gerinnungsbewirkenden Substanz in der defibrinirten Flüssigkeit in Lösung bleibt. Diesen Ueberschuss kann man leicht von der Mutterflüssigkeit trennen und ihn zu anderweiten Versuchszwecken verwenden. Für die Identität der so gewonnenen Substanz mit dem eiweissartigen Inhalte der betreffenden Zellen spricht ihre wohlerhaltene fibrinoplastische Wirksamkeit, ferner das übereinstimmende chemische Verhalten beider. Diese Substanz wird nämlich aus ihrer schwach alkalischen Lösung durch Neutralisiren mit sehr verdünnten Säuren gefällt, löst sich aber im geringsten Ueberschuss der letzteren wieder auf; ich erinnere hierbei an das ganz entsprechende Verhalten der Chylus-, Lymph- und Eiterkörperchen, die, wie jeder Mikroskopiker erfahren hat, durch sehr verdünnte Essigsäure zunächst getrübt und dann erst bei weiterem Säurezusatz geklärt werden. Unter der naheliegenden Voraussetzung, dass das Globulin in den Zellen in schwach alkalischer Lösung sich befindet, entspricht diese Trübung und nachfolgende Klärung der Zellen ganz der durch verdünnte Essigsäure bewirkten Fällung und Wiederauflösung der aus den Intercellularflüssigkeiten gewonnenen fibrinoplastischen Substanz.

Aus anderen bereits früher von mir mitgetheilten Erfahrungen war zu erschliessen, dass diese Substanz nicht in den Inter cellularflüssigkeiten entsteht, sondern von den zugehörigen Zellen herrührt, dass somit die Gerinnung auf ihrem exosmotischen Uebergang in die äussere Flüssigkeit beruht. Wurde nun die Diffusionsfähigkeit dieses Zellenbestandtheiles experimentell bewiesen, so war damit nicht blos ein Schritt weiter gethan in der Erkenntniss der Zellenvorgänge, sondern es erhielt zugleich auch die obige Theorie der Faserstoffgerinnung eine weitere Bestätigung.

Meine sogleich anzugebenden Versuche beruhten also auf der Identität dieser in den entfaserstofften Flüssigkeiten überschüssig vorkommenden fibrinoplastischen Substanz mit dem Globulin in den Zellen. — Es fragte sich, ob jene Substanz diffundiren, ob Blutserum oder eine künstliche Lösung der fibrinoplastischen Substanz durch eine Membran hindurch, indem der wirksame Stoff dieselbe passirt, Gerinnung bewirken könne. — Ich spannte über einen gewöhnlichen Endosmometer ein Stück vegetabilisches Pergament und brachte in denselben etwas frisches Rinderblutserum, so dass die Höhe der Flüssigkeitssäule etwa $1\frac{1}{2}$ Linien betrug. Diesen Apparat tauchte ich in ein etwa die 3 bis 4fache Menge blutfreien Liquor pericardii enthaltendes Gefäss, wobei ich dafür sorgte, dass die Oberflächen beider Flüssigkeiten in gleichem Niveau standen. Der Endosmometer mit Membran und Inhalt stellte so gleichsam eine Zelle dar und die äussere Flüssigkeit, in welche er tauchte, die Inter cellularflüssigkeit. Nach 3 Stunden fand ich den Liquor pericardii fest geronnen. Da hier doch nur eine allmälige Einwirkung, ein allmäliger Uebertritt in die äussere Flüssigkeit stattgefunden haben konnte, so war anzunehmen, dass die Gerinnung schon bedeutend früher begonnen hatte. Jedenfalls war aus der Wirkung zu ersehen, dass hier fibrinoplastische Substanz durch die Membran nach Aussen gedrungen war.

Ich habe diesen Versuch mehrfach wiederholt, stets mit demselben Erfolge; ein Wechsel zeigte sich nur in Bezug auf den zeitlichen Verlauf des Processes. Früher als nach 2—3 Stunden habe ich bei diesen Versuchen die Gerinnung nicht eintreten sehen, oft aber auch erst nach 15—20 Stunden. Neben der Beschaffenheit

des Pergamentpapieres, besonders seiner Dicke und Dichtigkeit, hängt die Zeitdauer des Prozesses besonders von der Beschaffenheit der äusseren Flüssigkeit, von ihrer mehr oder weniger ausgeprägten Gerinnbarkeit ab, viel weniger von der inneren Flüssigkeit, da sich frisches Blutserum in fibrinoplastischer Beziehung fast immer ganz gleich verhält.

In anderen Fällen benutzte ich als innere Flüssigkeit statt des Blutserums eine aus demselben auf die früher beschriebene Weise dargestellte schwach alkalische Lösung der fibrinoplastischen Substanz selbst. Der Erfolg war derselbe, nur verlief der Prozess meist rascher, die Gerinnung trat früher ein, die Diffusion ging also schneller von Statten als bei Anwendung von Blutserum.

Statt des Pergamentpapieres habe ich mich als Scheidewand auch möglichst dünner Schweinsblase bedient; diese setzt dem Durchtritte des Globulins viel weniger Widerstand entgegen als das Pergamentpapier, die Gerinnung tritt hier noch früher ein als dort, aber es ist zu berücksichtigen, dass die Schweinsblase selbst der durchtretenden Flüssigkeit Spuren von Globulin beimengt. Ich erinnere in dieser Beziehung an die ähnlichen Erfahrungen, die ich an getrockneten Hornhäuten, an Nabelgefässen gemacht, aus welchen man durch Wasser eine fibrinoplastisch wirkende Substanz extrahieren kann.

Es fragte sich nun, wie es sich mit der Diffusion des Globulins an und für sich verhält, wenn keine fibrinogene Substanz, die offenbar eine Anziehung zur fibrinoplastischen besitzt, sich in der äusseren Flüssigkeit befindet. Zu dem Ende tauchte ich den ebenso wie früher mit Blutserum oder mit einer Globulinlösung gefüllten Endosmometer in destillirtes Wasser. Eine Diffusion fand auch hier statt; nach Verlauf von 8—12 Stunden wurde das Wasser beim Durchleiten von Kohlensäure etwas trübe durch Ausscheidung von Globulin. Aber der Endosmometer musste mindestens 24 Stunden im Wasser verbleiben, bevor letzteres eine deutliche fibrinoplastische Wirksamkeit erhalten hatte; auch dann noch rief dieses Wasser, zu einer gerinnbaren Flüssigkeit gesetzt, selbst wenn die ganze Wasserquantität dazu verbraucht wurde, die Gerinnung doch erst nach 6—10 Stunden hervor, während dieselbe fibrinogene

Flüssigkeit, direkt im endosmotischen Apparate als äussere angebracht, durch dieselbe Menge der inneren Flüssigkeit schon nach 2—3 Stunden coagulirt wurde.

Es würde hieraus hervorgehen, dass die fibrinogene Substanz vermöge ihrer Verwandtschaft zur fibrinoplastischen die Wanderung der letzteren durch die Scheidewand befördert, dass also die fibrinogene Beschaffenheit der Intercellularflüssigkeiten für die Exosmose der Zellen im Organismus von Bedeutung ist. Es wäre ferner aus dem nach der Fibrinausscheidung eintretenden Stillstande in der Globulindiffusion erklärlich, warum das Blutserum, wenn es einer länger dauernden Berührung mit den Blutkörperchen ausgesetzt bleibt, doch keinen grösseren Gehalt an Globulin aufweist, als wenn es unmittelbar nach der Gerinnung von den Blutkörperchen getrennt und ebenso lange unter gleichen äusseren Bedingungen aufbewahrt worden ist. Das Blutserum wirkt in beiden Fällen nur vermöge seines von der vorangegangenen Fibringerinnung herrührenden Gehaltes an überschüssigem Globulin. Kommen jedoch die Blutkörperchen, indem man das defibrinirte Blut mit gerinnbaren Flüssigkeiten vermischt, von Neuem mit fibrinogener Substanz in Berührung, so würde durch die letztere der Uebertritt des Globulins aus den Blutkörperchen in die Intercellularflüssigkeit wieder herbeigeführt, daher die unverhältnissmässig stärkere fibrinoplastische Wirksamkeit des rothen Blutes gegenüber dem Blutserum.

Man darf indess nicht übersehen, dass die eben angeführten Experimente doch nicht mit Sicherheit auf eine differente Diffusionsgeschwindigkeit des Globulins, je nachdem sich Wasser oder eine fibrinogene Flüssigkeit auf der andren Seite der Membran befindet, schliessen lassen. Man hat es hier immer mit so geringen Mengen der fraglichen Substanz zu thun, dass von einer Wägung des diffundirten Bruchtheiles derselben nicht wohl die Rede sein kann. Ausserdem geht, wenn die Diffusion in eine gerinnbare Flüssigkeit stattfindet, ein nicht bestimmbares Quantum der diffundirten Substanz in den ausgeschiedenen Faserstoff über. Man ist also in Betreff der Grösse der Diffusion nur auf den Vergleich der fibrinoplastischen Wirkungen angewiesen. Hierbei aber

muss berücksichtigt werden, dass in dem einen Falle, wenn eine fibrinogene Flüssigkeit sich ausserhalb der Scheidewand befindet, jedes durch die letztere nach Aussen wandernde Globulinmolekül sofort mit fibrinogener Substanz in Berührung kommt, also auch sofort seine fibrinoplastische Wirksamkeit zu äussern vermag, bevor sie noch durch den Contact mit der atmosphärischen Luft verändert werden kann, während im andren Falle, wo Wasser die äussere Flüssigkeit bildet, das in dasselbe übergehende Globulin während der ganzen Dauer des Versuches unvermeidlich diesem Contacte unterliegt, wodurch es an fibrinoplastischer Energie mehr oder weniger einbüsst.

Ich muss es aus diesen Gründen, trotz der scheinbar für eine solche Annahme sprechenden Resultate meiner Versuche, dahingestellt sein lassen, ob wirklich die Exosmose der Zellen durch den Gehalt der Interzellularflüssigkeiten an fibrinogener Substanz befördert wird.

Erwähnt muss ferner werden, dass bei allen diesen Versuchen niemals eine Gerinnung im Endosmometer eintrat, dass also niemals ein Austausch beider Fibrinfaktoren durch die trennende Membran stattfand. Im Organismus würde danach nur die Exosmose der fibrinoplastischen, nicht die Endosmose der fibrinogenen Substanz in die Zellen vorkommen. Letztere fand ich der Diffusion überhaupt unfähig. Ich habe früher angegeben, dass sich diese Substanz, ganz wie die fibrinoplastische, aus ihrer alkalischen Lösung durch Sättigung des Alkali mittelst Kohlensäure oder höchst verdünnter fixer Säuren als feinkörniger Niederschlag ausscheiden lässt; an der dabei eintretenden Trübung kann man die Anwesenheit der geringsten Spuren dieser Substanz erkennen. Ich brachte nun in den Endosmometer eine aus Hydroceleflüssigkeit dargestellte alkalische Lösung der fibrinogenen Substanz und tauchte denselben in destillirtes Wasser. Aber selbst nach 36stündiger Dauer des Versuches liess sich in der äusseren Flüssigkeit weder durch Kohlensäure noch durch verdünnte Essigsäure auch nur die geringste Spur der fraglichen Substanz nachweisen, viel weniger war von einer Gerinnbarkeit dieser Flüssigkeit die Rede.

Nach den Resultaten der Graham'schen Untersuchungen müsste

man das Globulin wegen seiner Diffusionsfähigkeit zu den krystallisirbaren Materien zählen. Aber es gelingt absolut nicht, dasselbe krystallinisch darzustellen, und ich zweifle an der Möglichkeit des Gelingens. Doch will ich hierbei daran erinnern, dass die krystallisirbare Materie der Blutkörperchen Globulin enthält, wie man schon aus der fibrinoplastischen Wirksamkeit des Hämatokrystallins ersehen kann, dass also das Globulin wenigstens in seiner Verbindung mit dem Blutfarbstoffe krystallisirbar ist. Dem entsprechend ist, was ich hier nur vorübergehend erwähnen kann, auch das Diffusionsvermögen des Hämatokrystallins (Hämatoglobulins) ein grosses.

2. Ueber die Veränderungen der Blutfarbe durch Sauerstoff und Kohlensäure.

Nachdem sich herausgestellt hatte, dass die Modifikationen der Blutfarbe wesentlich abhängig sind von der Form der Blutkörperchen, indem aus physikalischen Gründen ein Zusammenschrumpfen derselben, wie das namentlich durch concentrirte Mittelsalzlösungen bewirkt wird, Helfärbung und Undurchsichtigkeit des Blutes bedingt, während ein z. B. durch Wasserzusatz bewirktes Aufblähen der Blutkörperchen das Blut dunkler und undurchsichtiger erscheinen lässt, wurde besonders von Harless und Scheerer auch die Farbenveränderung des Blutes durch Sauerstoff und Kohlensäure von einer Gestaltsveränderung der Blutkörperchen, also von einer physikalischen Aktion dieser Gase auf die letzteren, abgeleitet. Dieser Anschauung trat Bruch entgegen und bewies die chemische Einwirkung von Sauerstoff und Kohlensäure auf den Blutfarbstoff durch die Beobachtung, dass stark gewässertes Blut, in welchem der Farbstoff sich frei in der Flüssigkeit befindet, durch Sauerstoff und Kohlensäure dieselbe Farbenveränderung erleidet wie das ungewässerte Blut. Diese Beobachtung ist richtig, aber es kommt bei den Bruch'schen Experimenten in Betracht, dass die Blutkörperchen auch im gewässerten Blute doch immer noch vorhanden waren. So lange man im gewässerten Blute von den Blutkörperchen Nichts als die zersprengten Hüllen übrig bleiben liess, konnte man in Betreff des Farbenwechsels von diesen Resi-

duen absehen; wenn es sich aber um eine solide Grundlage, ein Stroma der Blutkörperchen handelt, welches beim Wässern des Blutes nur den in seinen Poren angesammelten Farbstoff nach aussen abgibt, so konnte auch bei diesem entfärbten Stroma ein Aufquellen und Zusammenschrumpfen als möglich erscheinen. Vorausgesetzt, dass Sauerstoff und Kohlensäure überhaupt eine derartige Gestaltsveränderung der Blutkörperchen bewirken, musste dann auch diese Gestaltsveränderung bei Einwirkung jener Gase auf das gewässerte Blut eintreten können; dadurch mussten aber ähnliche Verhältnisse eintreten wie beim ungewässerten Blute. Auch die entfärbten Blutkörperchen müssen, wenn sie zusammenschrumpfen, das Licht stärker reflektiren, somit eine hellere Färbung und eine relative Undurchsichtigkeit der rothen Flüssigkeit, in welcher sie suspendirt sind, bedingen, vergleichbar der Farbenveränderung, welche die letztere durch etwas beigemengtes Kreidepulver erleidet, während sie im aufgequollenen Zustande weniger Lichtstrahlen reflektiren und mehr durchlassen, wodurch die Flüssigkeit durchsichtiger werden und ihre natürliche dunkle Farbe mehr hervortreten muss.

Hiernach schien es mir, um aus der Farbenveränderung, die das gewässerte Blut durch Sauerstoff und Kohlensäure erleidet, mit Sicherheit auf eine chemische Aktion dieser Gase schliessen zu können, durchaus nothwendig, das gewässerte Blut vollkommen von den entfärbten Blutkörperchen (Blutkörperchenhüllen) zu befreien. Dieses ist mir ohne Mühe gelungen bei dem Pferde- und Hundeblut. Versetzt man solches Blut mit etwa 7—10 Volum Wasser, so verliert es zwar seine ursprüngliche Undurchsichtigkeit, aber die Flüssigkeit erscheint doch keineswegs vollkommen durchsichtig, eine deutliche von den Blutkörperchen herrührende Trübung bleibt stets übrig. Die bei dem angegebenen Grade der Verdünnung aufgequollenen Pferde- oder Hundeblutkörperchen lassen sich von der Flüssigkeit vollständig durch Filtriren trennen. Man erhält, wenn man nöthigenfalls doppeltes Filtrirpapier anwendet, ein vollkommen klares durchsichtiges Filtrat, in welchem das Mikroskop keine Spur körperlicher Elemente nachweist und in welchem sich kein Sediment von Blutkörperchenresten absetzt, wie

das bei der nicht filtrirten Flüssigkeit stets der Fall ist. Bei Rinderblut gelang mir diese Trennung der Flüssigkeit von den Blutkörperchen nicht.

Das verdünnte, nicht filtrirte, trübe Blut wurde, wie das bereits Bruch angibt, durch Kohlensäure dunkler, durch Sauerstoff heller roth; beim Evacuiren der Gase entstand eine Mittelfarbe, so dass darnach beide Gase eine positive Wirkung auf die Blutfarbe ausüben und nicht eines von beiden bloß durch Verdrängung des andren die Farbe des Blutes verändert. Ich muss hier übrigens hervorheben, dass beim Durchleiten von Kohlensäure das verdünnte Blut anfangs heller und noch trüber als früher wird; das liegt an der durch die Kohlensäure bewirkten Ausscheidung des Globulins (Serumkaseins), dessen fein vertheilte Partikelchen das Licht stark reflektiren. Bei länger dauernder Einwirkung der Kohlensäure sieht man jedoch trotz dieses Umstandes die Dunkelfärbung des verdünnten Blutes mehr und mehr eintreten. Beim abwechselnden Durchleiten von Sauerstoff und Kohlensäure zeigt sich auch hier der gewöhnliche Farbenwechsel. — Concentrirte Mittelsalzlösungen bewirken Hellfärbung des verdünnten Blutes. —

Anders verhält sich die von den Blutkörperchen durch Filtriren befreite Flüssigkeit. Sie wird durch Sauerstoff durchaus gar nicht verändert. Ich habe diese Filtrate bis zum völligen Aufhören der Blasenbildung ausgepumpt und andererseits durch eine andre Portion derselben Flüssigkeit eine Stunde lang und noch länger einen Strom atmosphärischer Luft gehen lassen, ohne dass sich die geringste Differenz in der Farbe der gasfreien und der sauerstoffreichen Flüssigkeit herausgestellt hätte. Kohlensäure bewirkt zunächst ebenfalls ein Hellerwerden der filtrirten Flüssigkeit durch Fällung von Globulin; entfernt man jedoch die trübende Substanz durch nochmaliges Filtriren, so sieht man das Filtrat bei weiterer Einwirkung von Kohlensäure dunkelroth werden. Um in jeder Beziehung gleiche Bedingungen herrschen zu lassen, habe ich bei andren Versuchen aus dem verdünnten und filtrirten Blute zuerst das Globulin durch Kohlensäure ausgeschieden, und dann die von demselben abfiltrirte und von der Kohlensäure unter der Luftpumpe befreite Flüssigkeit auf das Verhalten ihrer Farbe gegen beide Gase

geprüft. Ich fand stets, dass die gasfreie Flüssigkeit durch Kohlensäure dunkler gefärbt, durch Sauerstoff aber gar nicht verändert wurde; die durch Kohlensäure erzeugte dunkle Farbe machte beim Evacuiren oder beim Behandeln mit Sauerstoff gleichmässig der ursprünglichen helleren Farbe wieder Platz. — Mittelsalze bewirkten gar keine Farbenveränderung, ebensowenig Alkohol und Aether, wohl aber verdünnte Säuren und Alkalien, die beide eine sehr dunkle Färbung erzeugten, erstere mehr eine bräunliche, letztere eine schwärzliche.

Hieraus würde zu schliessen sein: die Kohlensäure verändert auf chemischem Wege die Blutfarbe, der Sauerstoff dagegen stellt durch Verdrängung der Kohlensäure die natürliche Farbe des Blutes wieder her, ohne dieselbe seinerseits chemisch zu verändern. Der Sauerstoff übt allerdings auch eine positive Wirkung auf die Blutfarbe aus, indem er das Blut heller macht, als es im gasfreien Zustande erscheint, aber diese Wirkung beruht auf einem physikalischen Vorgange, auf der durch den Sauerstoff herbeigeführten Gestaltsveränderung der Blutkörperchen.

Je reicher das gewässerte Blut an entfärbten Blutkörperchen ist, desto deutlicher erkennt man die von der Gegenwart dieser Gebilde abhängige positiv aufhellende Wirkung des Sauerstoffes. Um den Gehalt des stark gewässerten Blutes an Blutkörperchen beliebig steigern zu können, liess ich mit 10 Vol. Wasser verdünntes Hundeblood in einem Cylinderglase 24 Stunden lang an einem ruhigen Orte stehen. Sämmtliche Blutkörperchen waren unterdess zu Boden gesunken, wo sie eine durch ihre hellere Farbe deutlich von der über ihnen stehenden Flüssigkeit sich unterscheidende Schicht bildeten. Die Flüssigkeit liess sich bei einiger Vorsicht von dem Bodensatze abgiessen, zur grösseren Sicherheit wurde sie ausserdem noch filtrirt. Jetzt konnte ich einzelne Portionen des Filtrates mit beliebigen Mengen jenes Bodensatzes vermischen, somit Flüssigkeiten darstellen, die bei gleichem Verdünnungsgrade einen sehr verschiedenen Gehalt an Blutkörperchen besaßen. Bei diesen Präparaten zeigte sich mit unverkennbarer Deutlichkeit die positive Wirkung des Sauerstoffes, die Aufhellung, und das Dunkelwerden im Vacuum, um so deutlicher, je grössere Mengen ent-

färbter Blutkörperchen dem Filtrate beigemennt worden waren. — Im auffallenden Lichte treten übrigens diese von der Gegenwart der festen Blutkörperchenbestandtheile abhängenden Farbdifferenzen besser hervor als im durchfallenden.

Um das Verhalten des Blutfarbstoffes im Zustande normaler Concentration zu beobachten, engte ich gewässertes und filtrirtes Pferdeblut im Vacuum auf das normale Volum wieder ein. Die so erhaltene Flüssigkeit war schön dunkelroth und in dünnen Schichten durchsichtig; in Farbe und Durchsichtigkeit stimmte sie durchaus mit solchem Pferdeblute überein, in welchem durch geringe Mengen Aether oder Alkohol, unter Verhütung der Eiweissgerinnung, die Blutkörperchen zum Schwinden gebracht worden waren. Bei dieser concentrirten Flüssigkeit zeigte sich indess, dass der Sauerstoff denn doch ihre Farbe etwas veränderte, insofern sie nach lange anhaltendem Durchleiten eines langsamen Stromes atmosphärischer Luft um ein Geringes heller erschien als im gasfreien Zustande. Aber diese auf einer chemischen Einwirkung des Sauerstoffes beruhende Farbenveränderung des Blutes fällt jedenfalls unter normalen Verhältnissen fast gar nicht ins Gewicht, sie ist so unbedeutend, dass sie eben bei Verdünnung des Farbstoffes gar nicht mehr wahrnehmbar ist. Dagegen bewirkt Kohlensäure auch im concentrirten Zustande der blutkörperchenfreien Flüssigkeit ein starkes und schnell eintretendes Dunkelwerden derselben; mit Kohlensäure imprägnirt erscheint sie neben der gasfreien Flüssigkeit fast schwarzbraun. Entfernung der Kohlensäure durch Evacuiren oder durch Sauerstoff stellt die ursprüngliche Farbe wieder her. Ebenso wie im verdünnten, veränderten Alkalien und Säuren die blutkörperchenfreie Flüssigkeit auch im concentrirten Zustande, während die neutralen Alkalisalze, Aether und geringe Mengen Alkohol sie ebenso wie dort ganz unverändert liessen.

In dieser concentrirten Flüssigkeit erscheint das Hämatin in seiner natürlichen sehr dunklen Farbe, vergleicht man dieselbe mit der Farbe des normalen Blutes, so sieht man, wie bedeutend die natürliche Hämatinfarbe durch die Reflexion der Lichtstrahlen, die von den festen Bestandtheilen der Blutkörperchen ausgeht, modi-

ficirt wird, um ein Bedeutendes der Blutfarbstoff unter gewöhnlichen Verhältnissen heller erscheint als er wirklich ist. Die natürliche Farbe des Hämatins tritt ferner zu Tage, wenn man das Blut mit Aether schüttelt, indem letzterer die feste Grundlage der Blutkörperchen auflöst; dass durch Aether kein Dunklerwerden des Blutfarbstoffes selbst, keine chemische Farbenveränderung bewirkt wird, sieht man daran, dass bei dem mit Wasser verdünnten und filtrirten Blute es keinen Unterschied in der Farbe bedingt, ob dasselbe vorher mit Aether geschüttelt worden oder nicht, vorausgesetzt, dass in beiden Fällen Wasser und Blut in gleichen Verhältnissen gemischt werden. Alkohol in solchen Mengen zugesetzt, dass keine Gerinnung eintritt, verhält sich ganz ähnlich, wie Aether. Er veranlasst gleichfalls den Uebertritt des Blutfarbstoffes in die Blutflüssigkeit, löst aber die entfärbten Blutkörperchen nicht auf, sondern macht sie nur durch Quellung unsichtbar; durch Zusatz concentrirter Kochsalzlösung werden sie als farblose Kügelchen wieder sichtbar.

Aus dem Bisherigen geht hervor, dass die durch Sauerstoff und Kohlensäure bewirkten Farbenveränderungen des Blutes nur zum Theil auf einer chemischen Einwirkung dieser Gase auf den Blutfarbstoff beruhen, zum Theil jedoch auf physikalischem Wege zu Stande kommen durch veränderte Lichtbrechung seitens der festen farblosen Bestandtheile der Blutkörperchen. Man hat also kein Recht die Mitwirkung dieses letzteren Momentes bei den bezüglichen Farbenveränderungen zu leugnen und die Scheerer'sche Erklärungsweise derselben für gegenwärtig beseitigt anzunehmen; beim Dunkelwerden des Blutes durch Kohlensäure mag die chemische Aktion von überwiegender Bedeutung sein, aber bei seiner Aufhellung durch Sauerstoff tritt dieselbe sicherlich gegenüber der physikalischen Aktion des letzteren zurück. Berücksichtigt man, wie schnell das Blut durch Sauerstoff hellgefärbt wird*), wie intensiv diese Farbe ist, wie bedeutend die Differenz zwischen der

*) Bruch gibt an, dass die Hellfärbung des Blutes durch Sauerstoff schneller eintritt als die Dunkelfärbung durch Kohlensäure; beim Mangel der festen Blutkörperchenbestandtheile zeigte sich gerade das entgegengesetzte Verhalten; um so wichtiger müssen die letzteren für jene Hellfärbung erscheinen.

Farbe des sauerstoffreichen und des gasfreien Blutes, und wie gering andererseits diese Differenz beim Fehlen der festen Blutkörperchenbestandtheile ausfällt, wie langsam hier diese schwache Sauerstofffärbung hervortritt, so kann man nicht anders, als den farblosen Grundlagen der Blutkörperchen die Hauptrolle beim Hellwerden des Blutes durch Sauerstoffaufnahme zuzuschreiben.

Bei Einwirkung von Säuren und Alkalien, wenn sie die Blutkörperchen auch auflösen (Alkalien) oder nur unsichtbar machen (Säuren), kommt die starke Farbenveränderung des Blutes doch hauptsächlich auf chemischem Wege, durch materielle Veränderung des Hämamins zu Stande. Neutrale Alkalisalze, Aether und Alkohol in geringeren Mengen dagegen greifen das Hämatin nicht an, sie verändern die Blutfarbe nur durch Abänderung gewisser physikalischer Bedingungen, und zwar in entgegengesetzter Richtung, die Salze, indem sie die Reflexion der Lichtstrahlen seitens der farblosen Blutkörperchentheile steigern, Alkohol und Aether, indem sie dieselbe aufheben, wodurch das Hämatin in seiner natürlichen Farbe zur Erscheinung kommt.

3. Zur Krystallisation des Blutes.

Bei einigen Versuchen, die ich über das Verhalten der Blutkörperchen gegen den atmosphärischen Sauerstoff angestellt, fand ich, dass ihre Widerstandsfähigkeit gegen denselben keineswegs so bedeutend ist, wie man gewöhnlich annimmt. Es ist zwar richtig, dass sich die Blutkörperchen in dem aus der Ader gelassenen Blute sehr lange, selbst wochenlang erhalten können, — ich selbst habe Rinderblutkörperchen noch 8 Wochen nach ihrer Entfernung aus dem Körper wohl erhalten gefunden, — aber diese Erfahrungen macht man nur unter Umständen, wo der Contact des Blutes mit dem atmosphärischen Sauerstoff entweder ganz abgeschnitten, oder doch so unbedeutend ist, dass er gar keine in Betracht kommende Wirkung äussern kann. So erhalten sich die Blutkörperchen ausserordentlich lange, wenn man das Blut im unversehrten Blutkuchen, unter dem spontan ausgepressten Serum aufbewahrt; dasselbe gilt vom defibrinirten Blute, wenn es in verschlossenen Gefässen gehalten wird oder doch in solchen, durch deren Form, bei

freiem Luftzutritt, eine im Verhältniss zur Blutmasse geringe Berührungsfläche mit der atmosphärischen Luft gegeben ist. Es lässt sich aber wohl annehmen, dass das Blut, welches zu den Beobachtungen über das bezügliche Verhalten der Blutkörperchen gedient hat, stets unter den eben angegebenen Umständen aufbewahrt worden ist, schon um das nur zu leicht eintretende Eintrocknen des Blutes zu vermeiden.

Es kam mir also darauf an, eine möglichst innige, länger dauernde Berührung des Blutes mit der atmosphärischen Luft herbeizuführen, d. h. das Blut in möglichst dünnen Schichten an der Luft aufzubewahren und dabei zugleich das Eintrocknen zu verhüten. Dies erreichte ich dadurch, dass ich so viel Blut in einen Glaskolben mit ebenem Boden und schmalem Halse goss, dass die Dicke der Blutschicht auf dem Boden des Kolbens kaum eine Linie betrug. Aus leicht begreiflichen Gründen wird hier die Wasserverdampfung bald auf ein Minimum reducirt, während die Blutkörperchen durch die schmale Halsöffnung fortwährend neuen Sauerstoff anziehen können, sofern sie überhaupt eine chemische Affinität zu demselben besitzen. Ich habe in dieser Weise dünne Blutschichten 14 Tage lang am Eintrocknen behindern können.

Meine Beobachtungen beziehen sich auf Hunde-, Pferde- und Rinderblut. Die äussere Temperatur betrug durchschnittlich 15°.

Beim Hundeblood zeigten sich nach 15—18 Stunden Veränderungen, die denen entsprachen, welche nach Rollet durch das Gefrieren und Wiederauftauen des Blutes oder durch den elektrischen Entladungsschlag herbeigeführt werden, d. h. das Blut erschien lackfarben, dunkel und durchsichtig. Das Hämatoglobulin war in die Blutflüssigkeit hinübergetreten, unter dem Mikroskop sah man Nichts von rothen Blutkörperchen mehr, sondern nur runde, farblose, sehr blasse Scheibchen, wie sie auch von Rollet bei Gelegenheit seiner eben erwähnten Versuche beschrieben und als die farblosen Grundlagen der Blutkörperchen bezeichnet werden. Diese Scheibchen waren meist kleiner als die ursprünglichen Blutkörperchen, ihre Menge geringer als die der letzteren; nach und nach wurden sie immer kleiner, ihre Anzahl verringerte sich immer mehr, endlich, nach weiteren 20 Stunden, waren sie voll-

kommen geschwunden. Jetzt war zwar ein deutlicher Fäulnisgeruch vorhanden, aber innerhalb der ersten 20 Stunden war Nichts davon zu bemerken, während andererseits das Blut, unter andren Umständen aufbewahrt, bis zu den höchsten Graden der Fäulnis vorgeschritten sein kann, ohne dass die Blutkörperchen die eben beschriebenen Veränderungen darbieten.

Die Blutkörperchen des Pferdes und Rindes zeigten eine grössere Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkung der atmosphärischen Luft als die des Hundes; das Endresultat ist zwar bei allen drei Blutarten ein und dasselbe, aber es währt beim Pferdeblut $2\frac{1}{2}$ bis 3 Tage, beim Rinderblute sogar 8 bis 10 Tage, bevor jene Veränderungen sich beobachten lassen, die beim Hundeblut schon nach 15 bis 18 Stunden eintreten.

Ich glaube nicht zu irren, wenn ich diese Veränderungen der Blutkörperchen auf den Luftsauerstoff beziehe und sie als Oxydationswirkungen betrachte; diese Annahme wird dadurch bestätigt, dass, wie ich sogleich zeigen werde, ganz dieselben Erscheinungen auch durch Einwirkung des erregten Sauerstoffes auf das Blut hervorgerufen werden, mit dem einzigen Unterschiede, dass der erregte Sauerstoff in Minuten und Stunden bewirkt, wozu dort Tage vonnöthen waren.

Die Blutkörperchen, besonders die des Hundes, werden also verhältnissmässig leicht durch Oxydation zerstört. Das erste Stadium der Oxydation kennzeichnet sich dadurch, dass der Zusammenhang zwischen der farblosen Grundlage der Blutkörperchen und dem Hämatoglobulin gelockert wird, so dass letzteres in die Blutflüssigkeit übergeht; im zweiten Stadium löst sich jene zurückbleibende Grundlage vollkommen auf, sie wird ebenfalls zu einem Bestandtheile der Blutflüssigkeit, aber auch das ausgetretene Hämatoglobulin erleidet im zweiten Stadium gewisse oxydative Veränderungen, die sich namentlich an dem Schwinden der dieser Substanz eigenthümlichen und im ersten Stadium vorhandenen Krystallisationsfähigkeit erkennen lassen. Somit gehört auch das Stroma der Blutkörperchen zu den leicht oxydirbaren, mit einer bedeutenden Affinität zum Sauerstoff begabten Körpern. Es lässt sich aber weiter schliessen, dass diejenigen oxydativen Veränderungen,

welche im zweiten Stadium bei den beiden Hauptbestandtheilen der Blutkörperchen, Stroma und Hämatoglobulin, nach ihrer Trennung von einander, sich deutlich beobachten lassen, bereits im ersten Stadium beginnen, dass somit jene durch den atmosphärischen Sauerstoff bewirkte Lockerung des Zusammenhanges zwischen ihnen, nicht bloß auf eine Veränderung des Stroma, vermöge welcher dasselbe die Fähigkeit verliert, das Blutroth an sich zu binden, zu beziehen ist, sondern auf eine gleichzeitige Veränderung beider.

Mit Bezugnahme auf die Angaben von Harless, dass die Froschblutkörperchen durch abwechselndes Zuleiten von Sauerstoff und Kohlensäure aufgelöst werden, habe ich meine Versuche dahin abgeändert, dass ich das dem Contact mit der atmosphärischen Luft ausgesetzte Hundeblut nach je 2 bis 3 Stunden in ein Cylinderglas goss, um es 15 bis 20 Minuten lang mit einem langsamen Kohlensäurestrom zu behandeln. Dann brachte ich das Blut zurück in den Kolben, schüttelte es einige Minuten lang mit atmosphärischer Luft und überliess es weiter sich selbst. Durch diese Manipulation ward jedoch die Auflösung der Blutkörperchen, wie durch Controlversuche leicht erhärtet werden konnte, keineswegs beschleunigt. Die Auflösung der Blutkörperchen wird danach nur durch den Sauerstoff bewirkt, die Kohlensäure trägt Nichts dazu bei, wenigstens gilt das für die Blutkörperchen der Säugethiere.

Es zeigt sich ferner bei den drei von mir benutzten Blutarten ein bemerkenswerther Parallelismus zwischen ihrer Krystallisationsfähigkeit und der Auflöslichkeit ihrer Blutkörperchen durch Sauerstoff. Das Hundeblut besitzt beide Eigenschaften in höherem Grade als das Pferdeblut, bei diesem sind sie wieder weit ausgeprägter als beim Rinderblut. Vergleichende Versuche mit Meerschweinchenblut habe ich nicht anstellen können, da diese Thiere hier sehr schwer zu beschaffen sind; aber aus der bekannten Thatsache, dass die Krystallisationsfähigkeit dieses Blutes viel bedeutender ist, als die des Hundeblutes, würde zu schliessen sein, dass auch die Blutkörperchen des Meerschweinchens noch viel leichter und schneller oxydirt werden als die des Hundes. Bei der Lehmannschen Methode der Krystalldarstellung aus dem Meerschweinchen-

blute würde demnach die Sauerstoffdurchleitung, die sich nicht als absolut nothwendig, wohl aber als sehr förderlich für die Krystallbildung erweist, darin ihre Begründung finden, dass durch den Sauerstoff, wie das auch Lehmann annahm, die Auflösung der Blutkörperchen befördert, somit die Wirkung des Wasserzusatzes zum Blute unterstützt wird. Die Wässerung darf aus leicht einzusehenden Gründen nicht zu stark ausfallen, wenn Krystallbildung erfolgen soll; bei blossem Zusatz von höchstens dem gleichen Volumen Wasser behalten aber die Blutkörperchen einen grossen Theil ihres Hämatoglobulins bei sich zurück, der erst durch die Wirkung des Sauerstoffes sich im Serum auflöst. — Dass bei dieser Methode auch das Durchleiten von Kohlensäure sich nothwendig erweist, darf nicht im Harless'schen Sinne, wie es wohl geschehen ist, gedeutet werden, sondern hat, wie wir sehen werden, andere Gründe. —

Ich hatte eine grössere Quantität Hundeblut in einem offenen, breiten Cylinderglase einige Zeit lang bei einer Temperatur von 8 bis 10° aufbewahrt. Am siebenten Tage waren von den Blutkörperchen nur noch jene blassen Scheibchen übrig, während das Hämatoglobin vollständig im Serum aufgelöst war. Dieses Blut benutzte ich zu den nachfolgenden Versuchen über die Krystallisation des Hämatoglobulins. Ein schwacher Fäulnissgeruch war vorhanden.

Obgleich die krystallgebende Substanz in vollkommenster Auflösung sich befand, so trat doch beim Abhalten der Verdunstung keine freie Krystallbildung in dieser Flüssigkeit ein; eine Uebersättigung derselben war also durch blosser Auflösung jener Substanz nicht zu Wege gebracht. Aber es konnte eine relative Uebersättigung durch Verminderung der Lösungsmittel herbeigeführt werden, also vor Allem durch Wasserentziehung. Ein Tropfen jener Flüssigkeit auf den Objektträger gebracht und der Verdunstung überlassen, verwandelte sich unter den Augen des Beobachters in eine dicht gedrängte Krystallmasse. Im Vacuum über Schwefelsäure entstand nach verhältnissmässig unbedeutendem Wasserverlust ein consistenter Krystallbrei; dasselbe geschah, offenbar ebenfalls durch Wasserentziehung bedingt, bei Zusatz von über-

schüssigem wasserfreien Natron zum Blute (etwa 1—2 Th. Salz auf 5—8 Th. Blut). In ein Uhrschildchen gebracht, bedeckte sich das Blut im Laufe weniger Stunden mit einer dicken nur aus Krystallen bestehenden Haut.

Die schönste Krystallbildung wurde durch Schütteln mit Alkohol oder Aether bewirkt. Man schüttelt nur einige Augenblicke und überlässt das Blut dann ruhig sich selbst. Um jedoch die Gerinnung zu verhüten, darf der Alkohol nur vorsichtig und in kleinen Mengen zum Blute gesetzt werden. Ich fand meist 1 bis 2 Tropfen 80° Alkohol zu 1 Ccm. Blut hinreichend, um innerhalb einiger Stunden die Flüssigkeit in eine feste Krystallmasse zu verwandeln. Schneller noch wirkt der Aether, bei welchem man nicht so vorsichtig zu sein braucht, da er keine Gerinnung des Bluteiweisses veranlasst*). Das Blut absorbirt, wie das auch von v. Wittich angegeben wird, ein geringes Quantum Aether, welches sich nicht mehr oben absetzt. Diese absorbirte Aethermenge reicht hin, um dieses Blut nach einiger Zeit krystallinisch erstarren zu lassen. Es war das daraus zu ersehen, dass das Blut eben so gut krystallisirte, wenn ich es vorsichtig nur mit so viel Aether vermischte, als gerade absorbirt wurde, wie in dem Falle, wo ich das Blut mit grösseren Quantitäten Aether geschüttelt hatte.

Da das Hämatoglobulin in Aether und Alkohol unlöslich ist, so ist anzunehmen, dass bei den ebenerwähnten Versuchen, wo die Krystallsubstanz bereits frei in der Blutflüssigkeit diffundirt war, ohne dass sich Krystalle spontan ausgeschieden hätten, die Krystallisation durch Aether und Alkohol dadurch zu Stande kommt,

*) Ich muss hier jedoch erwähnen, dass unter Umständen der Aether ebenso wie der Alkohol das Bluteiweiss und das Hämatoglobulin coagulirt. Dieses ist der Fall, wenn der Aether lange Zeit mit Luft in Berührung im Sonnenlichte gestanden. Er wird dadurch antozonhaltig, was daraus zu erkennen ist, dass er das Jodkalium bei Zusatz einer Spur höchst verdünnten Eisenvitriols zersetzt. Erreicht der Antozongehalt solchen Aethers eine gewisse Höhe, so gerinnt das Blut breiartig, namentlich bei längerer Berührung mit demselben. Frisch destillirter, antozonfreier Aether wirkt ebenso, wenn das Blut vorher mit antozonhaltigem Terpentbinöle geschüttelt worden ist, ja es genügt, um eine Coagulation durch frisch destillirten Aether herbeizuführen, die Oxydation, die das Blut bei stark vorgeschrittener Fäulniss erlitten hat.

dass beide die Lösungsfähigkeit der Mutterflüssigkeit für das Hämatoglobulin herabsetzen. Aether und Alkohol bewirken aber auch im frischen Hundeblut mit unversehrten Blutkörperchen Krystallbildung. In Bezug auf den Aether ist auf diese Thatsache bereits von v. Wittich¹⁾ aufmerksam gemacht worden, der dieselbe Wirkung des Aethers auch beim Blute der Ratte und Katze beobachtete*). In Betreff des Alkohols fand ich, dass er von den drei von mir beobachteten Blutarten nur das Hundeblut zum Krystallisiren brachte. Mischt man frisches Hundeblut mit etwa $\frac{1}{2}$ bis $\frac{2}{3}$ der Menge Alkohol, durch welche beginnende Eiweissgerinnung in demselben bewirkt wird und überlässt es dann sich selbst, so wird es nach einiger Zeit durch Auflösung des Hämatoglobulins lackfarben und durchsichtig, worauf es krystallinisch erstarrt. Die Blutkörperchen schwinden für das Auge vollkommen, sowohl nach Aether- als nach Alkoholzusatz, aber im letzteren Falle lassen sie sich durch concentrirte Eiweiss-, Zucker- und Mittelsalzlösungen als blasse farblose Scheibchen wieder sichtbar machen, nicht nach Aetherzusatz. — Wenn frisches Blut durch Alkohol oder Aether krystallinisch gemacht wird, so würde diese Wirkung nach dem Obigen in zwei Momente zu zerlegen sein. Zuerst würde die farblose Grundlage der Blutkörperchen derart verändert (aufgelöst? Aether) werden, dass sie das Hämatoglobulin in die Blutflüssigkeit entlässt; diese Wirkung tritt schnell ein; wie sich schon aus dem Verhalten der Blutfarbe gegen Aether und geringe Mengen Alkohol erschliessen lässt, findet dabei keine chemische Veränderung des Hämatoglobulins Statt; dann aber, als zweiter Akt, erfolgt die krystallinische Ausscheidung des letzteren aus der ihrer Lösungsfähigkeit für diese Substanz durch Aether und Alkohol mehr oder weniger beraubten Mutterflüssigkeit.

In ähnlicher Weise glaube ich auch die krystallausscheidende Wirkung wasserfreier Mittelsalze, namentlich des wasserfreien schwefelsauren Natrons erklären zu müssen. Es gibt kein Mittel, welches im frischen Hunde- und Pferdeblute, namentlich wenn das Serum möglichst entfernt worden ist, eine schnellere und massen-

*) Königsberger medicinische Jahrbücher Bd. III. S. 333.

haftere Krystallbildung herbeiführt, als das wasserfreie schwefelsaure Natron. Dieses Verhalten des Glaubersalzes ist zuerst von Bursy angegeben worden*). In Fällen, wo das Blut bereits so weit durch Zersetzung verändert war, dass weder durch Alkohol noch durch Aether Krystalle erzeugt werden konnten, gelang mir dieses doch nach Zusatz von wasserfreiem schwefelsauren Natron. Die Krystallbildung erfolgt am sichersten, wenn das Salz im Ueberschuss zugesetzt wird. Als erste Wirkung, die auch bei den nicht krystallisirbaren Blutarten eintritt, gibt Bursy den Zerfall der Blutkörperchen zu Molekularkörnchen an. Auch hier wird also der Bestand der Blutkörperchen derart verändert, dass sie das Hämatoglobulin in das Serum entlassen; indem sich aber nun weitere Salzquantitäten auflösen, wird dasselbe durch Wasserentziehung krystallinisch gefällt.

Bekanntlich sind die Blutkrystalle in verdünnten Alkalien und Säuren leicht löslich. Der Alkaligehalt des Blutwassers erhöht also die Lösungsfähigkeit desselben für die nach der Zerstörung der Blutkörperchen freigewordene Krystallsubstanz, ein Theil der letzteren wird durch das Blutalkali in Lösung erhalten; dieser Theil wird beim Neutralisiren des Blutes ausgeschieden. Leitete ich durch das zu diesen Versuchen benutzte Hundeblut mit aufgelösten Blutkörperchen $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Stunde lang einen langsamen Kohlensäurestrom oder neutralisirte ich es vorsichtig mit sehr verdünnter Essig-, Schwefel- oder Salzsäure, so fanden sich am folgenden Tage Krystalle in der Flüssigkeit, die besonders in den mit den drei letzten Säuren versetzten Präparaten sehr schön entwickelt waren. Aber ihre Menge war bei Weitem nicht so gross wie bei den früheren Versuchen und bei nachträglicher Wasserentziehung entstand in denselben Präparaten eine zweite, viel reichlichere Krystallbildung, ebenso bei nachträglichem Zusatz von Alkohol oder Aether. — Diese Thatsachen erklären die Bedeutung der Kohlensäuredurchleitung bei der Lehmann'schen Methode der Blutkrystalldarstellung; bei derselben kann aber von dem durch Wasser und Sauerstoff in Lösung gebrachten Hämatoglobulin

*) Bursy, Ueber die Krystallisation des Blutes durch Salze. Inaugural-Dissert. Dorpat, 1863.

nur das Plus krystallinisch ausgeschieden werden, welches durch das Blutalkali in Lösung erhalten wird, daher man durch diese Methode selbst bei Meerschweinchenblut doch immer nur ein krystallinisches Sediment, niemals eine consistente Krystallmasse erhält. Ein für die Krystallausscheidung ungünstiges Moment bildet bei dieser Methode offenbar die zur Auflösung des Hämatoglobulins im Serum für nöthig erachtete Wässerung des Blutes. Beim Meerschweinchenblut, dessen Krystallsubstanz verhältnissmässig schwer löslich in Wasser ist, mag der Umstand weniger in Betracht kommen, wohl aber beim Hunde- und Pferdeblute, zu deren Krystallisation Lehmann daher auch noch einen Zusatz von Aether oder Alkohol, die die Zerstörung der Blutkörperchen befördern und die auflösende Wirkung des zugesetzten Wassers compensiren, nöthig fand. Jedenfalls wird auch beim Meerschweinchenblut die Krystallbildung viel reichlicher ausfallen müssen, wenn bei Auflösung des Hämatoglobulins die Vermehrung des Blutwassers vermieden wird, noch mehr bei einer Methode, die im Gegentheil mit der Wasserentziehung verbunden ist*).

Setzte ich endlich das in der angegebenen Weise krystallisationsfähig gewordene Hundeblut in dünnen Schichten noch weiterer Einwirkung des Luftsauerstoffes aus, so ging diese Fähigkeit, die bei Abschluss der Luft etwa 14 Tage lang sich ungeschwächt erhielt, innerhalb 24—36 Stunden durch oxydative Veränderungen des Hämatoglobulins wieder verloren. Aether und Alkohol bewirkten dann gar keine Krystallbildung mehr, wasserfreies schwefelsaures Natron nur noch eine spärliche; verhältnissmässig grössere

*) Ich gebe Rollet gern zu, dass meine erste Anschauung über die Bedeutung der Wässerung des Blutes bei der Krystalldarstellung eine unrichtige war. Dass es ein Irrthum war, dem Wasser eine fallende Wirkung zuzuschreiben habe ich übrigens erkannt, bevor Rollet's Arbeit erschienen war, wie aus meiner zweiten Arbeit über den Faserstoff (Dubois-Reichert's Arch. S. 431 u. 435) zu ersehen ist, wo ich ausdrücklich hervorhebe, dass die Krystallausscheidung um so mangelhafter ausfällt, je stärker man das Blut behufs Auflösung des Hämatoglobulins gewässert hat. Im Drucke erschien diese Arbeit freilich später als die Rollet's. Meine Erfahrung, dass die Blutkrystalle in Blutserum und in Hydroceleflüssigkeit leichter sich lösen als in Wasser, erkläre ich mir jetzt aus dem Alkali- und Salzgehalte derselben.

Krystallmengen schieden sich hier noch im Vacuum aus. Noch vollständiger wurde die Krystallisationsfähigkeit dieses Blutes zerstört durch Schütteln mit einigen Tropfen ozonhaltigen Terpenthin-öles; das Schütteln hat nür den Zweck, das Oel in kleinste Tröpfchen zu zertheilen und braucht daher nur einige Augenblicke zu währen, dann überlässt man das Blut sich selbst. Nach Verlauf einer Stunde war die Farbe desselben in ein tief dunkles Grün übergegangen und die Krystallisationsfähigkeit so vollkommen geschwunden, dass selbst im Vacuum sich keine Krystalle ausschieden.

Es kommt bisweilen vor, dass man bei frischem Hunde- oder Pferdeblut mit Alkohol oder Aether nicht zum Ziele gelangt, insofern durch dieselben zwar immer die Zerstörung der Blutkörperchen und der Uebergang des Hämatoglobulins in die Blutflüssigkeit, aber nicht immer die krystallinische Ausscheidung desselben bewirkt wird. Durch Schütteln von Pferdeblut mit Alkohol konnte ich niemals Krystallbildung, sondern immer nur jene Auflösung des Hämatoglobulins herbeiführen; durch weiteren Alkoholzusatz rückt man dem Ziele nicht näher, insofern dann Coagulation eintritt. Aber bisweilen versagt auch der Aether beim frischen Pferde- und Hundeblut den Dienst, namentlich wenn man versäumt hat, das betreffende Serum möglichst zu entfernen. Beim Blute der Füllen, das überhaupt schwerer krystallisirt als das erwachsener Pferde, erhält man häufig solche negative Resultate. In solchen Fällen gelangt man aber durch eine Combination der Methoden zum Ziele, indem man das durch Behandlung mit Alkohol oder Aether lackfarben und durchsichtig, also krystallisationsfähig gewordene Blut durch irgend eine verdünnte Säure oder durch Kohlensäure neutralisirt*), noch besser, indem man demselben Wasser entzieht.

Beim frischen Füllenblute habe ich bisweilen auch mit wasserfreiem Glaubersalz vergeblich gearbeitet; schüttelte ich aber in solchen Füllen das Blut zuerst mit etwas Aether oder Alkohol und

*) Durch blosses Neutralisiren des Blutes wird niemals Krystallbildung herbeigeführt; es muss stets die Auflösung des Hämatoglobulins im Serum vorgegangen sein.

brachte ich dann das Glaubersalz hinzu, so waren nach einiger Zeit Kryslalle in grosser Menge vorhanden. — Um eine beträchtliche Krystallausscheidung im Blute herbeizuführen, kommt es unter allen Umständen darauf an, die Verhältnisse so einzurichten, dass zuerst das Hämatoglobulin in Lösung übergeht, und dass dann die Lösungsmittel desselben beseitigt werden. Natürlich hängt in Bezug auf den letzteren Punkt viel von den ursprünglichen Löslichkeitsverhältnissen dieser Substanz ab. Beim Meerschweinchenblute z. B., wo sie verhältnissmässig schwer löslich ist, genügt, wie aus Rollet's Untersuchungen hervorgeht, die blosse Zerstörung der Blutkörperchen (durch Gefrieren oder durch den Entladungsschlag), um eine übersättigte Lösung der krystallisirenden Substanz darzustellen, aus welcher ohne weitere Manipulationen sich Krystalle ausscheiden, aber es kommt hierbei nach Rollet's Beschreibung doch nur zur Bildung eines Krystallsedimentes, zu einer Trübung der Flüssigkeit durch ausgeschiedene Krystalle, beim Hundeblood zur Bildung einer oberflächlichen Krystallhaut, während, wenn zugleich die Lösungsfähigkeit der Mutterflüssigkeit für die krystallisirbare Substanz auf irgend eine Weise vermindert wird, das Blut durch und durch zu einer consistenten krystallinischen Masse erstarrt, ohne dass, wie man sich leicht durch das Mikroskop überzeugen kann, etwa eine Eiweissgerinnung eingetreten wäre; es findet sich hierbei Nichts andres ausgeschieden, als eben nur Blutkrystalle. Wenn ich von dem wasserfreien Glaubersalze absehe, welches das Unangenehme hat, dass es eine nicht zu beseitigende Verunreinigung des krystallisirten Blutes bewirkt, so kenne ich keine Methode, durch welche man mit grösserer Schnelligkeit und Sicherheit ausnahmslos massenhafte Krystallbildung in Hunde- und Pferdeblut erzeugen und dieselben in einen consistenten Krystallbrei umwandeln kann, als durch Zusatz geringer Mengen Alkohol und Aether bis zur Auflösung der Blutkörperchen und darauf folgende Wasserentziehung im Vacuum.

In besonderer Weise wird die Blutkrystallbildung durch die Verdunstung des Alkohols oder Aethers befördert. In Rinderblut erhielt ich durch keine der obigen Behandlungsarten Krystalle. Als ich aber dasselbe etwa mit dem gleichen Volum Aether schüttelte,

dann in ein Uhrgläschen ausgoss und den Aether verdampfen liess, fand ich es nach 3 Stunden mit einer sehr feinen Krystallhaut bedeckt. Die Krystalle bestanden aus dicht gedrängten, pallisadenartig neben einander gestellten Säulchen; sie waren ausserordentlich leicht löslich in Wasser und sehr weich, so dass sie bei leisem Druck in eine formlose Masse zusammenflossen. Wurde die Zerstörung der Rinderblutkörperchen durch Alkohol bewerkstelligt, so bildete sich im Verlaufe einiger Stunden eine etwas dickere Decke; dieselbe war ebenfalls sehr weich, so dass sie sich fast syrupartig schmieren liess. Nur bei grosser Vorsicht konnte ich Stücke dieser Decke mit einem Paar Nadeln abheben und auf dem Objektträger ausbreiten. Diese Masse erschien vollkommen durchsichtig, wie rothes Glas. Anfangs liess sich Nichts Krystallinisches in derselben wahrnehmen, aber beim Verdunsten unter dem Deckgläschen schieden sich aus dieser syrupartigen Masse Krystalle in grosser Anzahl aus. Es scheint hierbei eben auf die langsame Verdunstung des Aethers oder Alkohols anzukommen; als ich jenes mit Aether behandelte Rinderblut im Vacuum über Schwefelsäure concentrirte, schied sich nur eine amorphe, rothe Masse auf der Oberfläche ab, während Hundeblood, dessen Blutkörperchen durch Aether zerstört sind, im Vacuum viel grössere Krystallmassen absetzt, als wenn man es der freien Verdunstung im Uherschälchen überlässt. Uebereinstimmend mit v. Wittich fand ich, dass die durch Verdunstung des Alkohols oder Aethers bedingte Wärmebindung hierbei keine Rolle spielt. Nach Entfernung jener krystallinischen Aetherverdunstungsschicht enthielt das Rinderblut noch Krystallsubstanz in Lösung, die aber nicht spontan krystallisirte, sondern erst nach nochmaligem Schütteln mit Aether und Verdunstenlassen desselben. Wurde statt der zweiten Behandlung mit Aether das Blut in einer Frostmischung bis zum Gefrieren erkältet, so trat beim Aufthauen doch keine Spur von Krystallbildung ein. — Ich kann indess nicht verhehlen, dass ich bei einem zweiten Versuche mit Aether und Rinderblut negative Resultate erhielt; es zeigte sich jedoch, dass der hierbei benutzte Aether eine ziemlich starke Ozonreaktion gab. Leider weiss ich nicht, wie es sich in dieser Beziehung mit jenem günstig wirkenden Aether verhielt, so

dass ich auch nicht im Stande bin, anzugeben, ob das Misslingen des zweiten Versuches an einer besonderen Beschaffenheit des Aethers oder des Rinderblutes lag.

Die Erfahrungen, die ich in Betreff der Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffes gemacht, leiteten mich dahin, entsprechende Versuche mit dem erregten Sauerstoff anzustellen. Meine Erwartung, durch denselben in kürzester Zeit ganz dieselben Veränderungen im Blute herbeizuführen wie durch die atmosphärische Luft, hat sich in der That bestätigt. Schüttelt man Blut mit gewissen Mengen ozonhaltigen Terpenthinöles oder mit dem Produkte der langsamen Aetherverbrennung, so wird es lackfarben und durchsichtig, das Hämatoglobulin findet sich im Serum aufgelöst, die Blutkörperchen sind nur noch als blasse Scheibchen vorhanden, die bei nochmaliger Einwirkung von Ozon sich vollkommen auflösen. Hunde- und Pferdeblut sind damit krystallisationsfähig geworden. Die Krystallbildung erfolgt, wenn man das mit Ozon behandelte Blut mit Aether oder Alkohol (nur bei Hundeblut) schüttelt, spärlicher nach dem Neutralisiren desselben durch verdünnte Säuren, ferner nach Zusatz von wasserfreiem schwefelsauren Natron, am reichlichsten bei Wasserentziehung im Vacuum. Hundeblut gibt auch hier die günstigsten Resultate. In Fällen, wo die Krystallisation des frischen Blutes* durch Aether, Alkohol oder Glaubersalz allein nur unvollkommen oder gar nicht gelingt, bewirken dieselben Mittel reichliche Krystallausscheidung, wenn man die Blutkörperchen unmittelbar vorher durch ozonhaltiges Terpenthinöl zerstört hat.

Aber es kommt, wie sich schon aus dem bei Gelegenheit des atmosphärischen Sauerstoffes Gesagten schliessen lässt, vor Allem darauf an, die Oxydation des Blutes durch Ozon nicht ein gewisses Maass überschreiten zu lassen. Beim Zuviel der Ozonwirkung wird die Krystallisationsfähigkeit des Blutes durch weitere oxydative Veränderung des Hämatoglobulins absolut vernichtet, und es hält einigermaassen schwer, den Punkt zu treffen, wo bei Auflösung der Blutkörperchen durch Ozon diese Veränderung noch nicht eingetreten oder wenigstens nicht so weit vorgeschritten ist, um die Krystallbildung zu behindern. Oft findet man bei Ueberschreitung

jenes Punktes das Blut zwar noch nicht absolut krystallisationsunfähig geworden, aber die Krystalle, die man in demselben erzeugt, sind schlecht entwickelt, nicht roth, sondern bräunlich, mit stumpfen Ecken, mit zerfaserten, entweder büschelförmig sich ausbreitenden oder pinselförmig zugespitzten Enden.

Quantitative Angaben über das günstigste Mischungsverhältniss von Blut mit ozonhaltigem Terpenthinöl kann ich nicht machen, da es vor Allem auf den Ozongehalt des Oeles ankommt, der ein sehr verschiedener sein kann. Man muss das richtige Maass der Einwirkung jedes Mal eben erfahrungsgemäss zu bestimmen suchen. Wenn das Blut nach dem Schütteln mit ozonhaltigem Terpenthinöl nicht dunkelroth und durchsichtig erscheint, sondern grünlich oder gar missfarben und trübe, noch mehr, wenn es weisse Flöckchen enthält, die leicht an der Gefässwand hängen bleiben, so ist dieses Maass bereits überschritten und keine Krystallausscheidung mehr zu bewirken. Noch grössere Mengen ozonhaltigen Terpenthinöles verwandeln das Blut in eine harte, amorphe, fest an der Gefässwand anhaftende Masse. Am günstigsten für die Krystallbildung fand ich dasjenige Stadium der Ozoneinwirkung, wo die Blutkörperchen das Hämatoglobulin zwar bereits entlassen haben, selbst aber noch als blasse Scheibchen sichtbar sind.

Ich arbeitete meist mit französischem Terpenthinöl, das ich 3 bis 5 Tage lang dem Sonnenlichte ausgesetzt und täglich einige Mal mit Luft geschüttelt hatte. Wenn ich 8 bis 10 Ccm. Hundeblood mit etwa 3 bis 5 Tropfen dieses Oeles schüttelte, so veränderte sich ersteres nicht sofort, wurde aber im Laufe von $\frac{1}{2}$ bis 1 Stunde lackfarben und krystallisationsfähig. Beim Pferdeblut bedurfte es dazu gewöhnlich etwas grösserer Mengen Terpenthinöles; da ich aber bei diesem Blute stets das Serum von den niedergesunkenen Blutkörperchen abgehoben hatte, so hatte ich es hier auch mit relativ grösseren Mengen der letzteren und somit auch der Krystallsubstanz zu thun.

Einer durch den erregten Sauerstoff herbeigeführten Erscheinung muss ich hier noch Erwähnung thun. Lässt man die Körperchen des Pferdeblutes sich vollkommen zu Boden senken, hebt dann das Serum bis zur Grenze der Blutkörperchenschicht ab und

schüttelt den Rest mit so viel ozonhaltigem Terpenthinöl, dass innerhalb 1 bis 2 Stunden die Auflösung der Blutkörperchen vollendet ist, so findet man das Blut bald darauf gallertartig geronnen. Löst man vorsichtig den oberen Rand des Coagulums von der Gefässwand ab, so contrahirt sich dasselbe und presst die schön roth gefärbte Flüssigkeit aus; ein grosser Theil der letzteren bleibt jedoch im Kuchen zurück, der zu weich und zart ist, als dass man ihn durch Auspressen von diesem Reste befreien könnte. Man kann jedoch den Kuchen auswaschen unter wiederholter Erneuerung des Waschwassers; er zerfällt dabei zu zarten Flöckchen, die schliesslich einen vollkommen weissen Bodensatz bilden. Bei Hundeblood ist es mir nur ausnahmsweise gelungen, diese Art von Gerinnung durch den erregten Sauerstoff zu bewirken, bei Rinderblut niemals. Auch beim Pferdeblute gelingt der Versuch gut nur nach Entfernung des Serums; bei normalem Serumgehalt bleibt diese Gerinnung entweder ganz aus oder sie tritt erst nach 2 bis 3 Tagen ein. Ebenso verhielt sich Pferdeblut, in welchem das Serum durch destillirtes Wasser ersetzt worden war. Das Serum behindert also wohl nur durch Verdünnung die Ausscheidung der durch Ozon coagulabel gewordenen Substanz. Im Serum selbst wird durch Ozon nicht die leiseste Andeutung einer derartigen Veränderung bewirkt. — Die aus jenem Coagulum spontan ausgepresste Flüssigkeit enthält das Hämatoglobulin in Lösung und kann zu Krystallisationsversuchen benutzt werden; sie ist vollkommen frei von suspendirten körperlichen Elementen. Zerdrückt man jedoch Stücke des Coagulums auf dem Objektträger und betrachtet sie unter dem Mikroskop, so sieht man auch hier keine Blutkörperchen mehr, sondern nur jene Flöckchen, die als Fetzen von ausserordentlich feinkörniger Struktur erscheinen. — Die Substanz, die auf diese Weise gerinnt, steht nach dem Gesagten gewiss in einer Beziehung zu den Blutkörperchen, ob sie aber aus den farblosen Grundlagen derselben hervorgeht oder aus der Zersetzung eines Theiles des Hämatoglobulins, vermag ich nicht zu entscheiden. Jedenfalls ist es eine bemerkenswerthe Thatsache, dass durch kräftige Oxydation der Blutkörperchen dieselben nicht blos aufgelöst werden, sondern dass zugleich ein Vorgang eingeleitet wird, der

wenigstens eine gewisse Aehnlichkeit mit der Fibringerinnung zeigt. —

Wenn man zur Controlle dieser Versuche Blut mit ganz frisch destillirtem ozonfreien Terpenthinöl schüttelt, so wird man weder eine Auflösung der Blutkörperchen beobachten, noch wird man die eben beschriebene Gerinnung eintreten sehen. —

Die Thatsache, dass die Blutkrystallbildung durch Ozoneinwirkung vermittelt werden konnte, legte mir den Gedanken nahe, ob nicht Rollet's Entdeckung der Krystallisation des Blutes durch kräftige Entladungsschläge hierin ihre Erklärung fände, d. h. ob die der Krystallisation vorangehende Auflösung der Blutkörperchen nicht beruht auf einer Oxydation derselben mittelst des durch die Elektricität erzeugten Blutsauerstoffes.

Ich setzte Hundeblood der Einwirkung eines constanten Stromes aus, den ich durch eine Grennet'sche Kette von 4 bis 8 Elementen erzeugte. Als Elektroden benutzte ich ein Paar Stücke Platinblech. Sofort begann die Wasserzersetzung, aber nur am negativen Pole war Schaumbildung bemerkbar. Am positiven Pole bedeckte sich statt dessen das Platinblech mit einer dunkelfarbigem, schmierigen Masse. Dieselbe bestand, unter dem Mikroskop betrachtet, aus einer amorphen gelbbraunen Substanz, in welcher grosse Mengen grossentheils zu Haufen zusammengelagerter Blutkrystalle eingebettet waren. Ausserdem enthielt die Grundsubstanz noch kolossale Haufen dichtgedrängter Blutkörperchen in den verschiedensten Stadien der Veränderung, bald noch mehr oder weniger gefärbt, bald ganz verblasst. Häufig erwiesen sich die gefärbten Haufen beim Zerdrücken als aus einem Gemenge von Blutkrystallen und entfärbten Blutkörperchen bestehend. Beim Hundeblood beobachtet man den Eintritt der Krystallbildung schon innerhalb 1 Minute nach Schliessung der Kette, beim Pferdeblood dauert es etwas länger, beim Rinderblute setzt sich nur jene amorphe gefärbte Masse am positiven Pole ab, ohne jemals Krystalle zu enthalten.

Die am positiven Pole sich abscheidende Masse wird um so zäher und fester, je länger der Strom dauert; nach Verlauf von einer Stunde bildet sie eine Schicht von 1 bis 2 Linien Dicke. Immer sind es nur die oberflächlichsten, also jüngsten Schichten,

welche Krystalle enthalten. Diese Schichten sind weicher als die tiefer liegenden und lassen sich leicht mit der Fläche eines Glasstabes von denselben abschaben. Je mehr man in die Tiefe dringt, desto weniger Krystalle findet man, desto mehr schwinden auch jene Blutkörperchenreste, zuletzt hat man es nur mit einer homogenen gelben Masse zu thun, die auf dem Objektträger mit dem Deckgläschen zerdrückt, klar wie gefärbtes Glas erscheint. Demnach scheint der krystallinische Bau bei weiterer Einwirkung des constanten Stromes wieder verloren zu gehen, und die Krystalle dann in jene amorphe Masse zusammenzufließen.

Am negativen Pole entwickelt sich zuerst ein dunkelgrüner Schaum; lässt man den Strom einige Zeit einwirken, so findet man die Blutkörperchen in der Nähe dieses Poles eigenthümlich verändert. Man thut am besten, von Zeit zu Zeit etwas von jenem Schaum unter das Mikroskop zu bringen. Man sieht, dass die Blutkörperchen immer blasser und blasser werden, während die Flüssigkeit das Blutroth aufnimmt; dabei zeigen sie bei einer gewissen Dauer der Stromeswirkung eigenthümliche Consistenzveränderungen, wie sie auch Rollet nach Einwirkung des Entladungsschlages beobachtet hat; sie erscheinen sehr weich und dehnbar. Versetzt man sie durch Druck auf das Deckgläschen in Bewegung, so nehmen sie die verschiedensten Gestalten an, sie ziehen sich in die Länge und dann wieder zusammen, indem sie an einander stossen, buchten sie sich ein, krümmen sich eines um das andere, oft scheinen ein Paar bei der Berührung zusammenzufließen, andere wieder durch Ausdehnung zu zerreißen u. s. w. Dabei wird ihre Anzahl immer kleiner und kleiner, endlich sind sie gänzlich geschwunden und das Hämatoglobulin in der Umgebung des negativen Poles vollkommen in der Flüssigkeit aufgelöst.

Um die Vorgänge an beiden Polen gesondert beobachten zu können, tauchte ich die beiden Elektroden in zwei kleine mit Hundebut halb gefüllte Glascylinder, die durch ein U-förmig gebogenes, ebenfalls mit Blut gefülltes Röhrchen mit einander verbunden waren. Trotz der starken Stromwiderstände, die bei dieser Einrichtung gegeben waren, war nach $2\frac{1}{2}$ Stunden in dem Gefässe, in welches die negative Elektrode tauchte, die Auflösung der Blut-

körperchen vollendet. Krystallausscheidung als direkte Stromeswirkung, wie am positiven Pole, trat hier nicht ein, aber das Blut am negativen Pole war krystallisationsfähig geworden; in ein Uhrschildchen gegossen, krystallisirte es durch Verdunstung.

Ohne die angeführten Thatsachen als Beweise für meine Ansicht ausgeben zu wollen, will ich doch daran erinnern, dass am positiven Pole durch Wasserzersetzung Ozon entwickelt wird. Die Blutkörperchen besitzen, wie bekannt, ein ausserordentlich starkes Absorptionsvermögen für den erregten Sauerstoff; daraus erklärt sich der Mangel der Gasentwicklung am positiven Pole. Schloss ich die Kette statt mit Blut mit Blutserum, so trat sofort an beiden Elektroden Blasenbildung ein.

Aber man könnte hiernach die Krystallbildung am positiven Pole sich doch nur mit der Wasserzersetzung, nicht mit einer elektrischen Erregung des Blutsauerstoffes zusammenhängend denken. Dieser Einwand trifft indess eben nur die Vorgänge am positiven, nicht die am negativen Pole, wo durch Wasserzersetzung nur Wasserstoff entwickelt wird. Bei Anwendung jenes aus zwei durch eine U-förmige Röhre verbundenen Gefässen bestehenden Apparates waren ausserdem die Stromwiderstände so bedeutend, dass gar keine bemerkbare Wasserzersetzung bewirkt wurde, dennoch kam es zur Krystallisation am positiven und zur Auflösung der Blutkörperchen am negativen Pole. Dem allerdings begründeten Einwande, dass auch hier eine, wenn auch sehr schwache Wasserzersetzung stattgefunden, weiss ich nicht zu begegnen. Vergleichende Versuche mit sauerstoffreichem und sauerstofffreiem Blute würden, falls sich quantitative Differenzen in den durch den elektrischen Strom bewirkten Vorgängen herausstellen sollten, die Möglichkeit geben, das Moment der Wasserzersetzung aus der Rechnung auszuschliessen. Ein solcher Versuch wäre aber mit der Schwierigkeit verknüpft, das sauerstofffreie Blut, während es in die Kette eingeschaltet ist, von der Berührung mit der atmosphärischen Luft absperrn zu müssen.

Sieht man jedoch von den Vorgängen am positiven Pole wegen des daselbst durch Wasserzersetzung auftretenden Ozons ab, so fragt es sich immer, wie die Auflösung der Blutkörperchen am ne-

gativen Pole zu Stande kommt. Man könnte zunächst an die Zerlegung der Blutsalze, deren Basen sich am negativen Pole ansammeln, denken. Aber zur Auflösung der Blutkörperchen durch Alkalien sind doch so bedeutende Mengen der letzteren nöthig, dass dieser Einwand nicht wohl erhoben werden kann. Ausserdem gelingt es, nachdem man die Blutkörperchen durch Alkalien vollkommen aufgelöst hat, aus leicht begreiflichen Gründen nicht mehr, dieses Blut durch Wasserentziehung zum Krystallisiren zu bringen. Das Blut in der Umgebung der negativen Elektrode ist aber, wie bereits angegeben, krystallisirbar geworden und krystallisirt beim blossen Verdunsten. Grade diese Krystallisationsfähigkeit beweist, dass die Menge der durch Zersetzung der Blutsalze freigewordenen Alkalien eine verhältnissmässig geringe sein muss. Dies Alles lässt es mir nicht unmöglich erscheinen, dass die Auflösung der Blutkörperchen am negativen Pole auf einer Oxydation derselben beruht, herbeigeführt durch elektrische Erregung des Blutsauerstoffes, die, wenn sie überhaupt stattfindet, auch an jedem Punkte der überall von der Elektrizität durchflossenen Blutmasse bewirkt werden muss. Die Erregung beträfe das ganze Sauerstoffquantum des Blutes und wäre eine mächtigere als die durch das Hämatin selbst gegebene. Beruht nach Meissner die Erregung des Sauerstoffes auf einer Vertheilung der Elektrizitäten, ist Antozon positiv elektrisirter und Ozon negativ elektrisirter Sauerstoff, so würde am negativen Pole der Antozon sich ansammeln. Aber dieses löst, wie die Versuche mit Terpenthinöl lehren, die Blutkörperchen ebenso auf, wie das Ozon; das Antozon erhält durch die Blutkörperchen selbst die Reaktionen, die oxydirenden Eigenschaften des Ozons, es wird nach Schönbein's Ausdrücke durch Blutkörperchen, durch Eisenoxydulsalzlösungen und viele andere Stoffe in Ozon umgekehrt.
