

Beitrag zur Spectralanalyse des Blutes

von

Prof. Eduard Hofmann.

Lässt man mit Wasser entsprechend verdünntes Blut in Reagensgläschen unter Oelverschluss stehen, so vermag man in der Regel schon am nächsten Tage gewisse Veränderungen in dem mikroskopischen sowohl, als insbesondere in dem spektralen Verhalten der betreffenden Lösung zu konstatiren. Dieselbe ist nämlich dunkler und purpurfarben geworden, und zeigt vor dem Spectralapparat nicht mehr die beiden Streifen des oxydirten Hämoglobins, sondern bloss ein breites Absorptionsband zwischen D. und E. Dieses Spectrum entspricht vollkommen dem des reducirten Hämoglobins, welches man bekanntlich aus frischen Blutlösungen durch Zusatz von Schwefelammonium, Stokes'scher Lösung oder von anderen sauerstoffentziehenden Reagentien sofort erhalten kann. Auch geht dasselbe, sobald man die Lösung mit Luft schüttelt, sogleich in das des Sauerstoffhämoglobins über, während gleichzeitig die Purpurfarbe der gewöhnlichen Blutfarbe Platz macht. Es hat somit eine Selbstreduktion stattgefunden, deren Ursache zu eruiren nicht ohne Interesse sein dürfte.

Stokes, der zuerst diese Erscheinung beobachtete, schloss daraus, es müssten im Blute Stoffe vorhanden sein, die sich auf Kosten des Sauerstoffhämoglobins oxydirten.

Diese Vermuthung will Preyer (Die Blutkrystalle Jena 1871 p. 98) nicht gelten lassen, indem er fand, dass selbst absolut reine wässrige Sauerstoffhämoglobinlösungen bei nie-

driger Temperatur in einem luftdicht verschlossenen Gefässe stehen gelassen, am 10. Tage purpurn gefärbt erscheinen und das breite dunkle Band des reducirten Hämoglobins zeigten. Hieraus, sagt er, geht zwar nicht hervor, dass das Blut keine reducirenden Substanzen enthält, es ist aber durch diese Beobachtung bewiesen, dass das Sauerstoffhämoglobin auch in der Kälte seinen locker gebundenen Sauerstoff selbst verbraucht. Diese Sauerstoffzehrung sei bedingt durch eine theilweise Zersetzung des Farbstoffes, wovon man sich durch das Spektroskop, aber nur bei Anwendung sehr concentrirter Lösungen oder sehr dicker Schichten verdünnter Lösungen überzeugen könne. Man sehe dann nämlich einen Absorptionsstreifen gerade an der Stelle, welche durchaus unzersetztes Hämoglobin in concentrirtester Lösung von allen Lichtarten allein nicht auslöscht. Man könne daher, wenn in einer gewöhnlichen Blutlösung nach einiger Zeit der Stokes'sche Absorptionsstreifen auftritt, nicht schliessen, es seien reducirende Substanzen im Blute, denn die Sauerstoffzehrung könne möglicher Weise auch hier lediglich auf Rechnung des Hämoglobins kommen.

Hoppe-Seyler berührt in seiner neuesten Arbeit: „Ueber den Ort der Zersetzung von Eiweiss- und anderen Nährstoffen im thierischen Organismus.“ (Archiv f. Physiologie VII. 8. und 9. Heft p. 399) diesen Gegenstand. „Beim Stehen des Blutes“ sagt er p. 405 „bilden sich reducirende Stoffe allmähig, die den locker gebundenen Sauerstoff in Beschlag nehmen; dieses ist jedoch eine Erscheinung, die bereits als der beginnenden Fäulniss zugehörig betrachtet werden darf.

Bei Gelegenheit meiner zu anderen Zwecken vorgenommenen Untersuchungen über das Verhalten des Blutfarbstoffes unter verschiedenen Bedingungen, habe ich auch auf die erwähnte Erscheinung Rücksicht genommen und bin auf Grundlage zahlreicher Beobachtungen zur Ueberzeugung gekommen, dass die von Hoppe-Seyler gegebene Deutung jener Erscheinung, insoferne diese ausserhalb des Organismus sich selbst überlassenes Blut betrifft, die richtige sei. Man überzeugt

sich leicht, dass die Zeit des Eintrittes der Farbenänderung der betreffenden Blutlösung und das Auftreten des Stokes'schen Streifens mit jener zusammenfällt, in welcher gewöhnlich Blutlösungen zu faulen beginnen, und einfache Versuche genügen, um zu zeigen, dass, je nachdem man den Einfluss der bekannten Fäulnissbedingungen erleichtert oder erschwert, auch das Eintreten jener Veränderungen beliebig beschleunigt oder verzögert werden kann. Es erscheint z. B., wenn die Blutlösung an einem warmen Orte stehen gelassen wird, dieselbe schon nach 12—20 Stunden purpurfarben und zeigt im Spektrum das Band des reducirten Hämoglobins, während sich dieselbe Lösung in der Kälte Tage lang unverändert erhält. Wird frisches Blut unter solchen Vorsichtsmassregeln verdünnt und eingeschlossen, dass keine Fäulnissreger (Bakterienkeime) hinzukommen können, so tritt eine Reduktion des Hämoglobins überhaupt gar nicht ein, und die Lösung zeigt noch nach Monaten die ursprünglichen äusserlichen sowohl als spektralen Eigenschaften. Dies ist der Fall bei einem Blute, welches ich am 7. Juli v. J. mittelst einer Pravaz'schen Spritze der Jugularvene eines lebenden Hundes entnommen und sogleich in ein mit ausgekochtem Wasser gefülltes und mit ausgekochtem Oel verschlossenes Reagensglas gebracht habe. Die Lösung zeigt bis heute (nach 8 Monaten) die Farbe frischer Hämoglobinlösungen und vor dem Spektralapparat die unverändert schönen Absorptionsbänder des sauerstoffhaltigen Hämoglobins.

Welcher Natur die „reducirenden Stoffe“ sind, die sich beim Stehen des Blutes allmählig bilden und den locker gebundenen Sauerstoff in Beschlag nehmen, unterliegt unter den erwähnten Umständen keinem Zweifel. Es sind dies jene mikroskopischen Organismen, welche die Erreger und konstanten Begleiter jeder stinkenden Fäulniss bilden und mit den Namen Fäulnissvibrionen und Fäulnissbakterien bezeichnet werden. Mit dem Auftreten dieser Mikrozoön beginnen die besprochenen Veränderungen in einer stehen gelassenen wässrigen Blutlösung und man vermag, mit dem Mikroscope sehr gut zu

verfolgen, wie das Dunkelwerden des Blutes und der spektroskopisch nachweisbare Uebergang des oxydirten in reducirtes Hämoglobin mit der Ueberhandnahme der Vibrionen Hand in Hand gehen. Damit stimmt auch die Thatsache, dass, wenn bereits faulendes Blut mit Wasser verdünnt in einem Reagensglas stehen gelassen wird, die Reduktion ungleich früher eintritt als bei frischem Blute, so dass während bei letzterem 20—48 Stunden hierzu erforderlich sind, bei faulendem Blute 1—2 Stunden genügen, um vollständige Reduktion zu bewirken. Doch muss bemerkt werden, dass dieses nur in den ersten Perioden der Fäulniss stattfindet, so lange ausser der bekannten lackartigen Veränderung keine weiteren das Hämoglobin zersetzende Vorgänge Platz gegriffen haben.

Ferner findet die ausgesprochene Ansicht über die organisirte Natur der „reducirenden Substanzen“ eine besondere Unterstützung darin, dass in verdünntem Blute die Reduktion des Hämoglobins ausbleibt oder mindestens sichtlich verzögert wird, wenn der betreffenden Lösung Stoffe zugesetzt werden, die, ohne den Blutfarbstoff anzugreifen, giftig auf jene mikroskopischen Organismen zu wirken im Stande sind. In erster Reihe gehört hieher das Chinin. Dass dieses ein starkes Antizymoticum ist, unterliegt keinem Zweifel und Binz (Virchow's Archiv LI. p. 173) sowie Plugge (Pflüger's Archiv V. p. 538) haben dieses Alkaloid hinsichtlich seiner Fähigkeit faulige Zersetzungen aufzuhalten der Carbolsäure nahegestellt. Diese Eigenschaft ist der Grund, warum in mit Chinin oder seinen Salzen versetzten Blutlösungen die Umwandlung des Blutfarbstoffes in die sauerstofffreie Modifikation verzögert und bei Abschluss von der äusseren Luft vollkommen gehemmt wird. Einschlägige Versuche hat bereits Bonwetsch („Ueber den Einfluss verschiedener Stoffe auf die Umsetzung des Sauerstoffes im Blute.“ Inaug. Diss. Dorpat 1869) gemacht, aus welchen sich ergab, dass das Chinin die Bildung reducirender Substanzen im Blute selbst hemmt. — Aehnliche Untersuchungen mit gleichen Resultaten wurden von

Müller („Ueber Chinin und Hämoglobin.“ Diss. Bonn 1872) und neuerdings wieder von Binz („Ueber Chinin und Blut“ Archiv für experimentelle Pathologie I. 1. p. 27) angestellt; doch wurde hierbei weniger auf die Natur der reducirenden Stoffe, als auf die Thatsache Rücksicht genommen, dass Chinin durch Gegenwart von Blut vermittelte Oxydationsvorgänge anderer Art aufzuhalten im Stande sei.

Ich habe solche Versuche in Menge angestellt und habe, wie die genannten Beobachter, gefunden, dass schon ganz geringe Mengen des Alkaloids das Auftreten der Reduktionserscheinungen in Blutlösungen verzögern oder dieselben, wenn die letzteren durch Oel abgesperrt werden, gar nicht zum Vorschein kommen lassen. Ganz besonders eklatant tritt diese Wirkung des Chinins hervor, wenn mit bereits in Fäulniss übergegangenem, aber nicht zu altem Blute experimentirt wird. Während nämlich in diesem, wenn es mit Wasser verdünnt in ein Reagensglas unter Oelverschluss gebracht wird, die Reduktion mitunter schon nach einer Stunde konstatirt werden kann, bleibt die mit Chinin versetzte Probe, wenn frei der Luft ausgesetzt, je nach der Menge des zugegebenen Alkaloids stunden- bis tagelang unverändert und kann bei angewandtem Luftabschluss und bei nicht gar zu geringer Dosis von Chinin auch unverändert beliebig lange erhalten werden.

In ähnlicher Weise wirken noch andere Alkaloide, wie Strychnin, Atropin und Morphin, doch je nach der Natur des betreffenden Alkaloids und nach der genommenen Dosis in verschiedenem Grade.

Am 28. Juli 10 Uhr Vorm. wurde frisches Schafsblut mit Wasser entsprechend verdünnt und davon je gleiche Mengen in 7 Reagensgläschen gebracht. Zu Nr. 1 wurde $\frac{1}{9}$ Gran Atrop. sulf. in 1 Cubikcentimeter Wasser gelöst zugegeben, zu Nr. 2 in derselben Weise $\frac{1}{9}$ Atrop. sulf. Ebenso zu Nr. 3 $\frac{1}{9}$, zu Nr. 4 $\frac{1}{9}$ Gran Morph. hydrochl. und zu Nr. 5 und 6 je $\frac{1}{9}$ und $\frac{1}{9}$ Gran Strychn. muriat. Zu Nr. 7 wurde bloss ein Cubikcentimeter Wasser zugesetzt, hierauf

alle Proben mit einer Schichte Oel von der äusseren Luft abgeschlossen und bei gewöhnlicher Zimmertemperatur stehen gelassen.

Am folgenden Tage um 10 Uhr Vormittag war Nr. 7 purpurfarben und zeigte im Spectrum den Absorptionsstreifen des reducirten Hämoglobins. Sämmtliche übrige Proben zeigten weder in der Farbe, noch im spektralen Verhalten irgend eine Veränderung.

Um 4 Uhr Nm. desselben Tages war bloss Nr. 1 Nr. 5 und Nr. 6 unverändert, Nr. 2 zeigte einen deutlichen Stich ins Violette und die Oxyhämoglobinstreifen im Verschmelzen begriffen; Nr. 3 und 4 waren vollkommen reducirt. Am 30. Juli früh 10 Uhr war auch Nr. 1 purpurfarben und reducirt, Nr. 5 unverändert, Nr. 6 in der Reduction begriffen. Am 31. war auch Nr. 6 reducirt, Nr. 5 blieb bis zum 3. August unverändert, worauf die Beobachtung unterbrochen wurde.

Es geht aus dieser Versuchreihe hervor, dass vorzugsweise das Strychnin die Fähigkeit hat, die Reduction des Sauerstoffhämoglobins aufzuhalten, dass diese Eigenschaft aber auch im schwächeren Grade dem Morphin, in etwas stärkerem dem Atropin zukommt. Auch mit Brucein und Narcein habe ich einschlägige Versuche angestellt, jedoch ein negatives Resultat erhalten.

Carbolsäure hält die Reduktion ebenfalls auf, doch gaben Versuche mit derselben kein reines Resultat, da Blutlösungen bei Zusatz etwas grösserer Mengen von Carbolsäure getrübt werden und bald Zersetzungs Vorgänge des Blutfarbstoffes Platz greifen. In ziemlich hohem Grade besitzt die erwähnte Eigenschaft die Arsenige-Säure. Faules Blut, welches mit Wasser verdünnt schon nach 2 Stunden vollkommen reducirt wurde, hielt sich, mit einigen Tropfen einer gesättigten Arseniklösung $1\frac{1}{2}$ Tage unverändert, wurde dann aber ebenfalls purpurfarben und zeigte im Spectrum nur den einen Streifen des sauerstofffreien Hämoglobins.

Aus allem Gesagten ergeben sich einige nicht unwich-

tige Folgerungen. Zunächst ergibt sich daraus, insbesondere aus der Thatsache, dass frisch dem Körper entnommenes Blut, wenn es unter Anwendung aller nöthigen Vorsichten luftdicht eingeschlossen wird, keine Reduktion und überhaupt keine nachweisbaren Veränderungen erfährt, dass sich im Blute keine reducirenden Substanzen vorgebildet befinden, sondern dass diese erst nachträglich von Aussen hinzukommen müssen, wenn die Reduktion sich einstellen soll. Diese Thatsache in Verbindung mit der kaum einen Zweifel zulassenden Annahme, dass die von Aussen hinzutretenden, die Reduktion des sauerstoffhaltigen Hämoglobins bewirkenden Stoffe mikroskopische Organismen sind, widerspricht der Ansicht derer, welche meinten, dass Bakterien oder ihre Keime schon im normalen Blute vorkommen, oder wenigstens dass eine spontane Genese dieser Körperchen aus den Bestandtheilen des normalen Organismus stattfindet unter Bedingungen, welche ihre Entwicklung überhaupt ermöglichen. In der That hat auch Klebs („Beiträge zur Kenntniss der Micrococcen“ Archiv f. experim. Pathologie I. 1. p. 36 u. f.) entgegen den früheren Angaben von Lüders und Hensen (Archiv für mikroskop. Anatomie III. p. 318) gefunden, dass gesunden Thieren unter den von ihm angegebenen sicheren Cautelen entzogenes Blut beliebig lange Zeit sich conserviren lasse, ohne dass sich Bakterien oder Monaden in demselben entwickeln.

Das Ausbleiben der Reduktion in solcher Weise dem Organismus entnommenen Blute spricht auch dafür, dass der locker gebundene Sauerstoff des Blutes nicht wie von einzelnen Beobachtern (A. Schmidt und anfangs auch Pflüger) angenommen wurde, zum grossen Theile vom Blute selbst verbraucht werde, sondern dass dies, wie neuerdings Pflüger und Hoppe-Seyler (l. c.) nachwiesen, nur höchstens im geringen Grade der Fall sei, dass demnach das Blut im Organismus gewissermaassen nur die Rolle eines Trägers des locker gebundenen Sauerstoffes spielt.

Wird aber diesem Verhalten des normalen Blutes die

bedeutende „Sauerstoffzehrung“ entgegengehalten, welche Blut zeigt, in welchem Bakterien zur Entwicklung gekommen sind und wird berücksichtigt, dass der zymotische Charakter einer grossen Reihe von fieberhaften Erkrankungen nach dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft nicht wohl bezweifelt werden kann, so wird wohl der Gedanke sehr nahe gelegt, dass bei der im Fieber bestehenden Temperaturerhöhung und Respirationsbeschleunigung eben jener durch Mikrozyten herbeigeführten gesteigerten „Sauerstoffzehrung“ eine nicht unwesentliche Rolle zugeschrieben werden muss.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass der hemmende Einfluss, welcher, wie oben gesagt wurde, einzelnen Stoffen gegenüber der Reduktion des Sauerstoffhämoglobins durch Bakterien zukommt, die heilsame Wirkung dieser Stoffe, bei Fiebern einigermaßen erklärt. Denn wenn diese Stoffe in dem Körper entnommenem Blute die „Sauerstoffzehrung“ zu verzögern und selbst ganz zu verhindern vermögen, indem sie die Mikrozoön, welche dieselbe veranlassen, tödten, so ist es eben nicht unwahrscheinlich, dass dieselben, wenn sie bei zymotischen Krankheiten als Medicamente angewandt werden, dadurch das Fieber vermindern, dass sie die im Organismus, insbesondere im kreisenden Blute zur Entwicklung gekommenen Mikrozyten vernichten oder wenigstens unfähig machen, dem Körper, namentlich aber der Blutflüssigkeit den Sauerstoff zu entziehen.

Jedenfalls wird diese Anschauung durch die Thatsache unterstützt, dass gerade diejenigen Stoffe, welche in freiem Blute am kräftigsten die Reduktion des Sauerstoffhämoglobins zu verhindern vermögen, indem sie die Bakterien tödten, solche sind, die als fieberwidrige Mittel im bewährten Rufe stehen.*)

*) Dass als Ersatzmittel des theueren Chinins, Arsenik bei Wechselfiebern und anderen fieberhaften Krankheiten empfohlen und mit Erfolg angewendet wurde, ist bekannt. — Ueber erfolgreiche Behandlung von Wechselfieber mit Carbonsäure schrieben: Déclat (medic. Centralbl. 1873 p. 208,) Barrant (Berl. klin. Wochensh., 1869, Nr. 11,) Treulich

Doch soll damit nicht gesagt sein, dass die auf die erwähnte Weise bewirkte Hemmung der Reduktion des Sauerstoffhämoglobins die einzige Wirkung der betreffenden Stoffe auf Letzteres sei, es scheint vielmehr, dass unter dem Einflusse derselben auch gewisse Veränderungen in den physiologischen Eigenschaften des Blutfarbstoffes sich einstellen, die ebenfalls Berücksichtigung verdienen. Ich erwähne hier insbesondere die entschiedene Herabsetzung des Ozon übertragenden Vermögens, welche das Hämoglobin bei Gegenwart von Chinin erfährt, und verweise in dieser Beziehung auf die Arbeiten von Binz und seiner Schüler. Auch habe ich bemerkt, dass der Blutfarbstoff bei Gegenwart von Chinin oder Strychnin nach einiger Zeit gewisse Zersetzungen erleidet, die bei Abwesenheit dieser Stoffe unter sonst gleichen Verhältnissen sich nicht einstellen, wie folgende Beobachtung zeigt.

Am 8. August wurde verdünntes frisches Rindsblut zu gleichen Mengen in drei Reagensgläser gethan. Nr. 1 wurde mit $\frac{1}{3}$ Gran Chinin sulfur., Nr. 2 mit $\frac{1}{3}$ Gran Strychnin muriat versetzt und beide, sowie die Controll Nr. 3 mit ausgekochtem Oele von der äusseren Luft abgeschlossen.

Am 10. August war Nr. 3 vollkommen reducirt und hat sich seitdem weder in seinen äusseren, noch in seinen spektralen Eigenschaften irgendwie verändert. Nr. 1 zeigte bis inclusive 13. August Farbe und Absorptionserscheinungen des Oxyhämoglobins. Am 14. wurde die Lösung leicht getrübt und die Blutbänder weniger deutlich. Am 18. starke Trübung, kaum erkennbare Oxyhämoglobinstreifen und schwaches Absorptionsband in Roth. Am 23. September die Lösung blass, chamoisfarben, klar, am Boden des Gefässes reichliches schmutzig braunrothes Sediment.

(Wiener medic. Presse 1871 Nr. 12), Tessier (Berlin klin. Wochenschrift. 1873, Nr. 6.)

Dass dem Strychnin eine fieberwidrige Wirkung zukomme, wird dem Gesagten zu Folge wahrscheinlich. Von Versuchen in dieser Richtung dürfte aber die bekannte grosse Giftigkeit dieses Körpers abhalten.

Vor dem Spektralapparat zwei kaum erkennbare Streifen in Grün.

Nr. 2 war noch am 13. August unverändert. Am 18. August war die Lösung sichtlich blässer geworden, und hatte einen Stich in's Grünliche bekommen. Am Boden des Gläschens war ein bräunliches geringes Sediment. Im Spektrum deutliche, jedoch etwas blässer gewordene Oxyhämoglobinstreifen und ein ziemlich deutliches Band in Roth. Am 23. September bot die Lösung die Farbe einer schwachen Blutlösung und das Sediment war etwas reichlicher geworden. Bei der Spectraluntersuchung: deutlich erkennbare, aber schwache Absorptionsbänder des Oxyhämoglobins. Kein Band in Roth.

Das bisher Gesagte bezieht sich auf das Verhalten von Blut ausserhalb des Körpers; nun noch Einiges über das auch forensisch nicht unwichtige Verhalten des Blutes in der Leiche.

Entnimmt man einer Leiche Blut unter solchen Vorsichtsmassregeln, dass von Aussen keine Luft hinzutreten kann, und bringt dasselbe vor den Spectralapparat, so sieht man unter gewöhnlichen Verhältnissen niemals die Streifen des sauerstoffhältigen, sondern stets nur das eine breite Band des reducirten Hämoglobins. Diese Erscheinung hat anfänglich eine irrige Deutung erfahren. Im Jahre 1867 hatte nämlich J. G w o s d e w (Reichert's Archiv 1867 p. 635) mit Rücksicht auf die Arbeiten Setschenoff's, durch welche festgestellt worden war, dass das Blut von Erstickten fast keinen freien Sauerstoff enthält, den Vorschlag gemacht, das Blut Erstickter spektroskopisch zu untersuchen. Es müsse dann reducirtes Hämoglobin enthalten, ein Umstand, der diagnostisch verwerthet werden könne. Untersuchungen, die er an erstickten Thieren durch einen complicirten Apparat entzogenem Blute anstellte, bestätigten diese Annahme.

F. Falk (Prager Vierteljahrsschr. 101. Bd. 1869) wiederholte diese Versuche mit einem von ihm konstruirten einfacheren Apparate, erhielt aber auch bei Erstickten sauer-

stoffhältiges Hämoglobin, jedoch wohl nur deshalb, weil sein Apparat den Luftzutritt nicht vollkommen ausschloss.

Endlich wurden einschlägige Untersuchungen von Kotelewski in Warschau unternommen, und zwar mit einem Apparat, der in der betreffenden Arbeit („Zur Spektralanalyse des Blutes“ Medic. Centralbl. 1870 p. 832) beschrieben und abgebildet ist. K. bestätigte zwar die Angaben Gwosdews, wies aber nach, dass reducirtes Hämoglobin sich nicht bloss im Blute Asphyktischer, sondern auch in dem anderer Leichen findet. Es ergab sich nämlich aus seinen zahlreichen Versuchen (l. c. p. 849):

1. Dass die Gewebe den Sauerstoff so schnell verzehren, dass in wenigen Augenblicken, nachdem die Lunge aufgehört dem Blute O. zuzuführen, das Venenblut reducirtes Hämoglobin enthalte.
2. Dass es unmöglich ist, Oxyhämoglobin im Blute einer Leiche nachzuweisen, wenn man dem Luftzutritt durch vorsichtiges Operiren vorbeugt.
3. Dass in Anbetracht dessen, dass das Blut sowohl asphyktischer als auch anderer Leichen reducirtes Hämoglobin enthalte, die Spektralanalyse zum Nachweis des durch Asphyxie erfolgten Todes nicht dienen könne.

Ich habe mit Rücksicht auf diese Angaben Kotelewski's sowol das Blut von Kindesleichen als auch solches von getödteten Thieren untersucht und kann die Richtigkeit derselben nur bestätigen. Gleichzeitig habe ich gefunden, dass zu derartigen Untersuchungen so complicirte Apparate, wie sie die erwähnten Beobachter angeben, keineswegs nothwendig sind, sondern dass man auf viel einfacherem Wege zu verlässlichen Resultaten gelangen kann. Ich benütze nämlich dazu bloss eine Pravaz'sche Injektionsspritze und ausgekochtes destillirtes Wasser und verfare auf folgende Weise. Nachdem ich mich überzeugt, dass der Kolben der Spritze luftdicht schliesst, fülle und entleere ich die Spritze mit frisch ausgekochtem destillirtem Wasser, welches durch Einstellen

in kaltes Wasser rasch abgekühlt worden war. Nach der letzten Füllung wird das Ansatzröhrchen fest aufgesetzt und indem ich die Spritze mit der Spitze senkrecht nach aufwärts halte, durch leichtes Vorwärtsschieben des Kolbens die Luft aus dem Röhrchen ausgetrieben und dieses gleichzeitig mit dem ausgekochten Wasser gefüllt. Nun wird die Spitze des Rohres in die vorher präparirte Vene eingestochen und sogleich durch geringes Rückwärtsziehen des Kolbens eine kleine Menge von Blut eingesaugt. Das Blut vertheilt sich in dem betreffenden Wasser anfangs wolkenartig, färbt aber dasselbe alsbald gleichförmig, worauf das Glasrohr der Spritze selbst vor den Spektralapparat gebracht und die betreffende Untersuchung vorgenommen wird. Bei einiger Uebung lernt man leicht die kleinen Vortheile kennen, die dabei angewandt werden müssen.

So wird leicht eine zu grosse Menge von Blut eingesaugt, der Inhalt des Spritzenrohres aber dann so dunkel, dass eine sichere Unterscheidung der Absorptionserscheinungen erschwert oder unmöglich gemacht wird. Es genügt aber eine minimale Menge von Blut ($\frac{1}{2}$ —1 Tropfen) um der geringen Quantität von Wasser, welche sich in dem Glasrohr der Spritze befindet, die zur spektralen Untersuchung nöthige Färbung zu geben. Dabei hat man den Vortheil, dass, je geringer die Blutmenge ist, desto weniger die Möglichkeit eines etwaigen Luftzutrittes gegeben ist. Uebrigens sei hier bemerkt, dass nur der Zutritt der äusseren Luft bei solchen Untersuchungen zu fürchten ist. Die in den Gefässen, namentlich nicht gleich nach dem Tode untersuchter Thiere, häufig sich befindenden Gasblasen stören, wie ich mich überzeugt habe, nicht, da sie keinen freien Sauerstoff enthalten.

Wird die spectrale Untersuchung auf diese Weise ausgeführt, so lässt sich unschwer konstatiren, dass das Blut von Leichen, wenn nicht besondere Verhältnisse vorliegen, stets nur reducirtes Hämoglobin enthält. Was ist nun die Ursache dieser Erscheinung? Mit Rücksicht auf den Vorgang der, wie eben ausgeführt, im ausserhalb des Organismus

sich selbst überlassenem Blute sich einstellt, könnte man zunächst darauf denken, dass die Reduction des Blutes, welche in der Leiche stattfindet auf gleiche Weise nur mit beginnender Fäulniss in ursächliche Verbindung zu bringen sei. Dem widerspricht aber sogleich die Thatsache, dass schon wenige Augenblicke nach eingetretenem Tode im Blute der betreffenden Leiche nur reducirtes Hämoglobin nachgewiesen werden kann, also zu einer Zeit, wo von Fäulniss noch nicht die Rede sein kann. Auch wurde ja oben nachgewiesen, dass bei frischem Blute im Mittel 20—24 Stunden erforderlich sind, bevor durch Bakterienwirkung die Umwandlung des Blutfarbstoffes in die sauerstofffreie Modifikation beginnt. Es muss demnach bei der Reduktion, wie sie sogleich nach dem Tode innerhalb der Gefässe einer Leiche nachweisbar ist, eine andere Ursache im Spiele sein.

Ist der betreffende Mensch oder das betreffende Thier durch Erstickung ums Leben gekommen, so hat diese Erscheinung eben Nichts besonderes auf sich, da, wie Wilhelm Müller, Setschenoff, (Zeitschrift für rationelle Medic. Bd. 10), Pflüger („Ueber die Ursache der Athembewegungen etc. Arch. f. Physiol. 1868 I.) u. A. nachgewiesen haben, das Blut in den letzten Stadien der Erstickung so gut wie gar keinen freien Sauerstoff mehr enthält. Hat aber eine andere Todesart stattgefunden, so ist es klar, dass der Sauerstoff des Blutes erst nachträglich verschwunden sein musste. Kotelewski gibt hiefür wohl die richtige Erklärung, wenn er sagt, dass die Gewebe den nach Sistirung der Inspiration noch im Blute etwa vorhanden gewesenen Sauerstoff so rasch verzehren, dass wenige Augenblicke nach dem Tode nur reducirtes Hämoglobin in den Gefässen der betreffenden Leiche nachgewiesen werden könne. Diese Wirkung der Gewebe ist sehr natürlich, da es ja eine konstatierte physiologische Thatsache ist, dass die Lebenserscheinungen der einzelnen Gewebe auch nach eingetretenem Tode des Individuums nicht sofort aufhören, sondern diesen um eine verschiedenen

lange Zeit überdauern.*) Auch diese Lebensäusserungen sind gewiss noch mit Verbrauch von O. verbunden und die Gewebe entziehen ihn dem Blute, solange noch die Möglichkeit dazu geboten ist.

Um die auf diese Weise zu Stande kommende Reduction des Hämoglobins zu verfolgen, habe ich folgenden Versuch angestellt:

Ein Meerschweinchen wurde durch Schläge auf den Kopfe getödtet. Sogleich nach dem Tode wurde das den Gefässen entnommene noch flüssige Blut mit destillirtem vorher ausgekochtem Wasser entsprechend verdünnt, und sofort je gleiche Mengen davon in 6 gleich weite Reagensgläschen gefüllt. Hierauf wurde zu Nr. 1 das ganze Gehirn des so eben getödteten Thieres, zu Nr. 2 ein Stück der Nackenmusculatur von dem des Gehirns beiläufig gleichen Volumen, zu Nr. 3 ein ebenso grosses Stück Lunge, zu Nr. 4 eine gleich grosse Partie der Leber und zu Nr. 5 das ganze Herz gegeben, nachdem dessen Kammern früher eröffnet und das Blut aus denselben entleert worden war. Nr. 6 blieb ohne Zusatz und es wurde hierauf die Blutlösung in allen 6 Eprouvetten durch Aufgiessen einer Schichte ausgekochten Oeles von der äusseren Luft abgeschlossen. Sämmtliche Operationen wurden nach dem Tode des Thieres d. h. nachdem alle willkürlichen Lebenserscheinungen aufgehört hatten, so schnell vorgenommen, als diess überhaupt möglich ist.

Nach 2 Stunden war in Nr. 1—5 das unmittelbar an die eingeschlossenen Organe anstossende Blut deutlich purpurfarben, in der Weise, dass über den Organen in Nr. 1, 2, 4 und 5 je eine beiläufig 3 Linien, über der in Nr. 3 befindlichen Lungen aber eine $\frac{1}{2}$ Zoll hohe Schichte reducirten Hämoglobins stand, welche Schichte ziemlich scharf in die hellrothe Lösung des sauerstoffhaltigen Blutes übergieng.

*) Auf diese Thatsache gründet bekanntlich Karsten seine Theorie über die Bildung der „Nekrobiosen“ („Ueber Fäulniss und Ansteckung“ 1872.)

Nach weiteren 4 Stunden war das Blut in Nr. 3 vollständig reducirt, in den übrigen Eprouvetten die purpurfarbene Schichte so weit nach oben vorgeschritten, dass sie ziemlich die Hälfte der ganzen Höhe der über den Organen gelagerten Flüssigkeit betrug. Die Blutlösung in Nr. 6 war zu dieser Zeit noch vollkommen unverändert. Am anderen Tage (nach 24 Stunden war sämmtliches, über den einzelnen Organen befindliches Blut reducirt. Jenes in Nr. 6 zeigte einen Stich ins Violette und die Bänder des Sauerstoffhämoglobins erschienen im Verschmelzen begriffen. Nach weiteren 6 Stunden war auch Nr. 6 durchaus purpurfarben und zeigte nur den einfachen Streif des reducirten Hämoglobins.

Es ergibt sich sonach aus diesem Versuche, dass die organischen Gewebe in der That auch noch einige Zeit nach dem Tode des Individuums dem Blute den Sauerstoff entziehen, ein Prozess, der innerhalb des Gefässsystems einer unversehrten Leiche natürlich noch energischer vor sich gehen wird und es ist sonach die Thatsache, dass im Leichenblute bei gewöhnlichen Verhältnissen kein Sauerstoffhämoglobin nachweisbar ist, vollständig erklärt.

Bemerkenswerth ist hierbei der Umstand, dass die einzelnen Organgewebe die sauerstoffentziehende Eigenschaft nicht in gleichem Grade besitzen. Wenigstens ergab der angeführte Versuch, dass unter dem Einflusse von Lungengewebe der Reductionsprozess ganz auffallend rascher verläuft und sich beendigt als unter dem Einflusse anderer Organe.*)

Es scheint ferner, dass die vitale reducirende Kraft der organischen Gewebe nach dem Tode des betreffenden Individuums viel länger anhält, als die sonstigen Lebenserscheinungen in denselben. Von der Fleischbank geholtes, zum Verkaufe ausgelegtes, zwar ganz frisches jedoch zweifellos

*) Diese Erscheinung steht in interessanter Uebereinstimmung mit der physiologischen Funktion des Lungengewebes. Sie unterstützt auch in ausgedehnter Weise die Angaben Kühne's über die Raschheit, mit welcher Flimmer-epithel den Sauerstoff dem umgebenden Medium entzieht. (M. Schultze's Archiv II. Bd. pag. 374.)

schon mehrere Stunden dem geschlachteten Thiere entnommenes Fleisch reducirte frisches Ochsenblut noch so kräftig, dass schon nach 2 Stunden in der unmittelbaren Umgebung des eingelegten Fleischstückes die charakteristische Purpurfarbe im Blute eintrat und dass nach weiteren 4 Stunden über demselben bereits eine $\frac{1}{3}$ Zoll hohe Schichte von reducirtem Hämoglobin gelagert war.

Aus allem Gesagten ergibt sich, dass das Leichenblut nicht bloss bei Erstickten, sondern in der Regel auch bei anderen Todesarten kein anderes Spectrum als das des reducirten Hämoglobins zeigen wird. Insbesondere gilt dieses von den Leichen der an mechanischen Verletzungen Gestorbenen und von den natürlichen Todesarten.

Dagegen können nach Vergiftungen Ausnahmen eintreten und es ist in dieser Beziehung bekannt, dass nach dem Tode durch Gifte, welche mit dem Hämoglobin gewisse Verbindungen eingehen, das Leichenblut das diesen Verbindungen zukommende Spectrum zeigen kann. Ich verweise insbesondere auf den Befund bei Kohlenoxydgasvergiftungen, deren Diagnose sich vorzugsweise aus dem charakteristischen spektralen Verhalten des betreffenden Blutes ergibt.

Auch Blausäure und Schwefelwasserstoff gehen mit dem Hämoglobin Verbindungen ein, die vor dem Spektralapparat sich eigenthümlich verhalten. (Vide Preyer l. c. p. 153, und Hoppe-Seyler „Ueber die Einwirkung des SH auf den Blutfarbstoff“ Mittheilungen 1. Heft.) Es lässt sich daher erwarten, dass unter Umständen bei Vergiftungen mit diesen Stoffen das Leichenblut das betreffende charakteristische Spektrum liefern kann.

In der Regel scheint dieses jedoch, wie ich mich durch Versuche überzeugt habe, nicht der Fall zu sein und ich glaube, dass dieses davon herrührt, dass meist nur ein verhältnissmässig sehr kleiner Theil des Blutfarbstoffes mit dem betreffenden Gifte sich verbindet, während die Hauptmasse des Blutes in dieser Beziehung unverändert bleibt.

Eine sehr charakteristische Wirkung üben bekanntlich

die meisten Säuren auf Blut aus, indem schon sehr geringe Mengen unter Hervorrufung eines mehr weniger starken eiweisartigen Niederschlages sofort oder in wenigen Augenblicken den Blutfarbstoff zersetzen. Diese Zersetzung gibt sich theils durch eine Farbenänderung theils durch das Auftreten eines anderen Spectrums zu erkennen. Die hellblutrothe Farbe der Lösung geht meistens ins Braune über, die Absorptionsstreifen des Sauerstoffhämoglobins verschwinden oder werden undeutlich und im Roth zwischen C und D erscheint das sogenannte Säureband.

Gleiche Veränderungen werden zweifellos auch bei den nicht seltenen Vergiftungen mit Säuren im Blute der betreffenden Individuen Platz greifen, doch liegt es in der Natur der Sache, dass solche Veränderungen sich nicht auf die gesammte Blutmasse, sondern nur auf einen Theil derselben erstrecken werden.

Bei einem mit verdünnter Schwefelsäure vergifteten Meerschweinchen liess sich schon bei gewöhnlicher Besichtigung das von der Schwefelsäure veränderte Blut von dem unverändert gebliebenen unterscheiden.

Ersteres fand sich in den dem Oesophagus und Magen zunächst gelegenen Gefässbezirken, theils als mürbe zusammenhängende schwarze Masse, die sich in langen Cylindern aus den Gefässen ausdrücken liess, theils als kirschrothes Blut von syrupdicker Consistenz. In entfernteren Gefässbezirken, insbesondere in den Gefässen der Extremitäten zeigte das Blut die normale Beschaffenheit. Wurden die erwähnten Cylinder mit Wasser behandelt, so färbte sich dasselbe braun und die Flüssigkeit ergab ein schönes Säureband. Das syrupdicke Blut zeigte unmittelbar nach der Verdünnung mit Wasser eine unrein rothe Färbung und im Spectrum neben einem deutlichen Säureband ziemlich ausgeprägte Streifen des Sauerstoffhämoglobins.

Nach wenigen Augenblicken verschwanden jedoch letztere, die Lösung wurde braun und zeigte bloss das Absorptions-

band in Roth. Das Blut aus den periferen Gefässen ergab das Verhalten normalen Blutes.

Bei Vergiftungen mit Alkaloiden kann ein spezifisches spektrales Verhalten des Leichenblutes nicht erwartet werden, da selbst nach Zusatz von grösseren Mengen von Alkaloiden zu Blutlösungen in diesen in den ersten Tagen ausser einer Verzögerung der durch Mikrozoën erfolgenden Reduktion des Sauerstoffhämoglobins keine weitere Veränderung sich einstellt.

Auch die Reduktion des Oxyhämoglobins unmittelbar nach dem Tode durch die Gewebe wird wohl nach Alkaloidvergiftungen in gleicher Weise und mit gleicher Schnelligkeit eintreten wie bei den meisten anderen Todesarten. Denn wenn man auch mit Rossbach („Ueber die Einwirkung der Alkaloide auf die organischen Substrate des Thierkörpers“ Verhandl. d. phys.-med. Gesellschaft in Würzburg N. F. 3. Bd.) annimmt, dass die perniciöse Wirkung jener Giftstoffe in der Bildung von Alkaloidalbuminaten beruht und zugibt, dass letzteren die vitale Reduktionskraft der unveränderten Gewebe nicht mehr oder in viel geringerem Grade zukommt, so lässt sich doch begreifen, dass bei dem Umstande, dass in der Regel schon minimale Mengen des Giftes, die sich überdies im ganzen Körper vertheilen, den Tod bewirken, nur verschwindend kleine Partien der organischen Substrate des Thierkörpers jene Veränderung erleiden, während die Hauptmasse der Gewebe in ihrem physiologischen Verhalten keine Alienationen, insbesondere nicht was ihre Reduktionswirkung betrifft, erfährt.

Damit stimmt nun auch die Thatsache überein, dass nach Vergiftungen mit Alkaloiden das Leichenblut in der Regel dunkel und flüssig gefunden wird, eine Erscheinung, aus welcher bekanntlich geschlossen wird, dass solche Gifte in letzter Linie durch Erstickung tödtlich werden.

Bewogen durch die Ausführungen Rossbach's und die durch diese angedeutete Möglichkeit einer gehemmten Reduktionsfähigkeit der Gewebe eines durch Alkaloide getödteten Organismus habe ich folgenden Versuch angestellt.

Drei junge Meerschweinchen vom gleichen Wurfe wurden getödtet. Nr. 1 durch Strangulation, Nr. 2 durch subcutane Injection von $\frac{1}{3}$ Gran Strychninum muriaticum, Nr. 3 durch subcutane Injection von ebensoviel schwefelsaurem Atropin. Nach 6 Stunden wurde das Blut dieser Thiere mittelst der Pravaz'schen Spritze auf die oben angegebene Weise aus der Cava superior hervorgeholt und vor den Spektralapparat gebracht.

Bei allen drei Thieren zeigte das Blut Farbe und Spectrum des reducirten Hämoglobins.

Bei der Section ergab das Blut in sämtlichen Thieren die purpurföussige Beschaffenheit des Erstickungsblutes.

Von dem Blute jedes Thieres wurde eine Portion mit ausgekochtem Wasser verdünnt und davon je gleiche Mengen in 2 Reagensgläschen gebracht und nachdem in das eine noch das betreffende aufgeschnittene Herz gegeben wurde, durch eine Oelschichte von der äusseren Luft abgesperrt, am Fenster bei der damals herrschenden Temperatur von $+ 2-4^0$ R. stehen gelassen.

Schon nach einer Stunde erschien das Blut in der nächsten Nähe der betreffenden Herzen purpurfarben und nach weiteren drei Stunden hatte sich bereits über diesen Organen eine 3—4 Linien hohe Schichte von reducirtem Hämoglobin gebildet. In den übrigen, bloss verdünntes Blut enthaltenden drei Reagensgläschen zeigte sich dieses ganz unverändert und bot auch nach weiteren 10 Stunden, zu welcher Zeit bereits eine Zollhohe Schichte reducirten Hämoglobins über den Herzen stand, noch Farbe und Spectrum des Sauerstoffhämoglobins. Tags darauf war das Blut in sämtlichen Eprouvetten vollkommen reducirt.

Es zeigte sonach das Blut der mit Atropin und Strychnin vergifteten Thiere ein ganz gleiches Verhalten wie das des erstickten und es liess sich insbesondere konstatiren, dass die Reduction des verdünnten Blutes sowohl beim blossen Stehen als unter Einwirkung der betreffenden organischen

Gewebe in ganz gleicher Weise bei dem vergifteten wie bei dem erstickten Thiere erfolgte.

Der Versuch bestätigt sonach die obige Behauptung dass ein spektroskopisch-spezifisches Verhalten des Leichenblutes nach Alkaloidvergiftungen sich nicht erwarten lässt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte des naturwissenschaftlichen-medizinischen Verein Innsbruck](#)

Jahr/Year: 1874

Band/Volume: [4](#)

Autor(en)/Author(s): Hofmann Eduard

Artikel/Article: [Beitrag zur Spectralanalyse des Blutes. 39-58](#)