

N^o 4130.2

Ueber

O z o n i m B l u t e .

Eine

zur Erlangung der

venia legendi

verfasste und

mit Bewilligung der Hochverordneten

Medicinischen Facultät der Kaiserlichen Universität zu

DORPAT

zur öffentlichen Vertheidigung bestimmte

Abhandlung

von

Dr. Alexander Schmidt.

CLVIII: 15



DORPAT.

Gedruckt bei E. J. Karow, Universitäts-Buchhändler.

1862.

Der Druck ist unter den gesetzlichen Bedingungen gestattet.

Dorpat, den 10. Novbr. 1862.

Dr. Rud. Buchheim,
(Nr. 210.) d. Z. Decan der med. Facultät.

Seit der Entdeckung Schönbein's, dass der Sauerstoff befähigt ist unter gewissen Einflüssen in einen Zustand der Erregung überzugehen, in welchem er sich durch eine ausserordentliche Steigerung seiner Oxydationskraft auszeichnet, war es ein naheliegender Gedanke, dass auch im Thierkörper eine solche Zustandsänderung des respiratorischen Sauerstoffes herbeigeführt werde; die auffallende Thatsache, dass beim physiologischen Verbrennungsakte die schwer verbrennlichsten Substanzen bei niedrigerer Temperatur zu Kohlensäure, Wasser etc. oxydirt werden, eine Wirkung wie sie ausserhalb des thierischen Körpers dem atmosphärischen Sauerstoffe nicht zukommt, während das Ozon mit so energischen Affinitäten begabt ist, dass es Verbrennungen bei jeder Temperatur einzuleiten vermag, gab dieser Annahme von vornherein einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit. Es ist jedoch bisher nicht gelungen die Thatsache der Ozonbildung im Blute festzustellen. Die Untersuchungen von Schönbein und Hiss haben ergeben, dass der Blutkörpercheninhalt, ähnlich den Eisenoxydulsalzen und dem Platinmohr, in ausgezeichnetem Grade das Vermögen besitzt, das Ozon von einem Ozonträger auf andre oxydable Körper, z. B. auf das Guajakharz zu übertragen; allein so wichtig diese Thatsache erscheint so blieb ihre physiologische Verwerthung doch immer eine hypothetische so lange der Nachweis fehlte, dass wirklich im Blute Ozon gebildet werde; dann erst erhielt jene Uebertragungsfähigkeit der Blutkörperchen reale Bedeutung.

Davon ausgehend, dass die Guajaktinktur sowohl als der Jodkaliumkleister durch Ozon gebläut werden, übergoss Hiss¹⁾ frisches, mit Luft geschütteltes Blut mit etwas Guajaktinktur, ferner brachte er einen Tropfen Blut neben einen Jodkaliumkrystall auf einen dicken Stärkekleister; weder hier noch dort stellte sich auch bei längere Zeit fortgesetzter Beobachtung eine Bläuung ein. Ebensowenig erhielt der atmosphärische Sauerstoff durch Berührung mit Blut die Eigenschaften des Ozons wie sich daraus ergab, dass ein Stück Ozonpapier sich nicht im mindesten bläute, mochte man dasselbe nun dem austretenden Strome durch Blut geleiteter Luft aussetzen oder es unter einer kleinen Glasglocke tagelang über einer mit frischem Blute gefüllten Schale hängen lassen. In derselben Weise angestellte Versuche haben mir keine anderen Ergebnisse geliefert; aber bei Herstellung der geeigneten Bedingungen tritt die Ozonreaction doch ein. — Der Uebersichtlichkeit wegen will ich die gewöhnlichen Ozonreagentien, Guajaktinktur, Jodkaliumkleister und Indigolösung, auf welche sich meine Versuche beschränkt haben, jedes für sich besprechen.

1. Guajaktinktur.

Wenn Sauerstoff, nachdem er mit Blut in Berührung und also der Einwirkung des präsumirten sauerstofferregenden Blutbestandtheiles ausgesetzt gewesen, sich durchaus indifferent gegen Ozonpapier erweist, so lässt sich denken, dass, ganz wie bei der Erregung desselben durch Phosphor, durch den elektrischen Funken u. s. w., immer nur ein unbedeutender Bruchtheil der ganzen vorhandenen Sauerstoffmenge in Ozon verwandelt

1) Ueber die Beziehungen des Blutes zum erregten Sauerstoff. Virchow's Archiv für path. Anatomie u. s. w. Band X. pag. 483.

wird und dass dieses geringe Quantum, eben wegen der energischen Affinität des Ozon's zu den oxydablen Blutbestandtheilen oder zu der erregenden Materie selbst, im Blute zurückgehalten wird. Anders wenn die Ozonreagentien in unmittelbare Berührung mit Blut gebracht werden, weil dann die eigne Verwandtschaft der ersteren zum Ozon mit in's Spiel kommt, d. h. durch dieselben dem Blute das irgendwie gebundene Ozon entzogen werden kann. Wenn dennoch bei Zusatz einiger Tropfen Blut zu Guajaktinktur keine Bläuung eintritt, so konnte das an einer durch die Gegenwart von Alkohol bedingten Störung liegen, etwa an einer durch denselben bewirkten Veränderung oder Zerstörung des sauerstofferregenden Blutbestandtheiles. Diese Erwägungen leiteten mich dahin den Versuch folgender Massen anzustellen. Ich tauchte einen Streifen ungeleimtes Papier in eine Guajaklösung, die 1 Th. Harz auf 6 Theile 80% Alkohol enthielt, liess den Alkohol abdunsten bis das Papier fast trocken erschien und brachte nun einen Tropfen frisches Rinderblut auf dasselbe. Nach ein paar Minuten hatte der Blutstropfen sich mit einem tiefblauen Ringe umgeben. Viel kräftiger und schneller, fast momentan, ist die Wirkung bei Anwendung mit Wasser verdünnten Blutes; es kommt also darauf an den Blutzelleninhalt¹⁾ frei zu machen, ihn in die Zwischenflüssigkeit zu bringen; das reine Blutserum ist ganz ohne Wirkung. Am günstigsten zeigt sich eine fünf- bis zehnfache Verdünnung, obgleich die Wirkung auch bei viel grösserem Wasserzusatz immer

1) Ich lasse, indem ich mich des gebräuchlichen Ausdruckes Blutzelleninhalt bediene, die Frage, ob die Blutkörperchen Bläschen oder solide Körper sind, auf sich beruhen; ist letzteres, wie neuerdings Rollet behauptet, der Fall, so muss man sich doch des „Stroma“ der Blutkörperchen mit den früher als Inhalt derselben angesehenen Substanzen, Hämatin und Globulin imbibirt denken; bei ihrem Uebertritt in die Blutflüssigkeit müssen auch dann immer noch die Gesetze der Endosmose gelten, da die Imbibition Grundphänomen der Endosmose ist.

noch deutlich genug bleibt. Selbst mit 50 Vol. Wasser verdünntes Blut ruft noch eine sichtbare Bläuung hervor. Die Färbung beschränkt sich auf den in unmittelbarer Berührung mit dem Blute stehenden Theil der Harzschrift und zwar tritt sie nur dort ein, wo die Blutschicht selbst am dünnsten ist, also am Rande des sich in's Papier einsaugenden Blutstropfens. Dieses scheint darauf zu beruhen, dass das Albumin des Blutes den Uebertritt des Ozon's zum Guajakharz behindert indem es dasselbe selbst absorbiert. Wird Blut sehr stark verdünnt, etwa mit 15 bis 20 Vol. Wasser, und von demselben mit der Fläche eines Glasstabes eine möglichst dünne Schicht auf den Guajakpapierstreifen gestrichen so sieht man ihn in der ganzen von der Blutschicht bedeckten Ausdehnung blau werden. Wird dagegen das Blut erst nur mit etwa 5 Vcl. Wasser verdünnt (um den Austritt des Blutzelleninhaltes zu veranlassen) und dann 10 bis 15 Volum blutkörperchenfreies Serum zugesetzt, wo also die Volumsvergrößerung des Blutes dieselbe ist wie beim vorhergehenden Versuche, so tritt unter gleichen Umständen nur eine die Blutschicht umgebende Randbläuung ein. Mit diesen Angaben stimmt die Thatsache überein, dass die durch einen Ozonträger gebläute Guajaktinktur durch Zusatz von Eiweiss wieder entfärbt werden kann.

Umgekehrt muss, damit eine deutliche Bläuung eintritt, die auf dem Papier zurückbleibende Guajakschicht eine möglichst dicke sein, man muss sich also einer concentrirten Guajaklösung bedienen. Die günstigsten Resultate gab mir die obenerwähnte Tinktur, die 1 Th. Harz auf 5 bis 6 Th. 80% Alkohol enthielt. Je dünner jene Schicht ist, desto weniger vermag sie dem Blute das Ozon zu entziehen. Benetzt man einen Papierstreifen mit einer Tinktur, die 1 Th. Harz auf 30 Th. Alkohol enthält, so ist die durch verdünntes Blut zu erzielende Bläuung kaum mehr sichtbar. Bei noch höheren Graden der Verdünnung wirkt das

Blut gar nicht mehr, während noch eine starke Bläuung eintritt, wenn man auf dem fast trocknen Guajakpapier einen Tropfen mit Alkohol verdünntes ozonisirtes Terpenthinöl ausbreitet und nun den Blutstropfen draufbringt.

Wie die durch irgend einen der bekannten Ozonträger, z. B. Terpenthinöl, Bittermandelöl, das Produkt der langsamen Aetherverbrennung u. s. w. mittelst Blutkörperchenlösung, Eisenoxydulsalze, Platinschwamm u. a. m. gebläute Guajaktinktur im Laufe einiger Stunden sich von selbst wieder entfärbt, indem das nur lose mit dem Harze „vergesellschaftete“ Ozon die Bestandtheile des letzteren allmählig tiefer angreift und verändert, sie wirklich oxydirt, so schwindet auch der auf dem Guajakpapier durch den Blutstropfen erzeugte blaue Ring oder blaue Fleck ganz von selbst und zwar am schnellsten, wenn das Blut ganz frisch ist.

Blutserum, sofern es frei von Blutkörperchen ist, verhält sich durchaus indifferent gegen das Guajakpapier; dasselbe Resultat gab ein Versuch mit Pferdechylus, der nur ganz vereinzelte Blutkörperchen enthielt. Leider befanden sich in diesem Chylus auch nur sehr wenige Chyluszellen, so dass ich es danach im Zweifel lassen muss, ob nicht doch auch den letzteren, sowie überhaupt allen Zellen eine ähnliche sauerstofferregende Wirkung zukommt wie den Blutkörperchen.

Wartet man nicht die Abdunstung des Alkohols vom Papierstreifen ab, so wirkt das Blut nur langsam und unvollkommen; ist es nicht verdünnt worden, so bleibt die Wirkung selbst ganz aus. Dieses Hinderniss, welches der Alkohol der Bläuung des Guajakharzes durch die Blutkörperchen in den Weg legt, zeigt sich noch deutlicher an folgendem Versuche. Verdünnte ich Blut statt mit Wasser mit dem gleichen Volum Alkohol von 74% und brachte ich dann etwas von der geronnenen Masse auf das Guajakpapier, so trat noch eine ganz schwache Bläuung ein;

setzte ich noch ein Volum Alkohol hinzu, so blieb sie absolut aus. Dagegen verlor das Blut die Fähigkeit, das Ozon von einem Ozonträger, wie z. B. von dem mit Sauerstoff beladenen Terpenthinöl auf die Guajaktinktur zu übertragen, nicht, auch nachdem es mit dem 10 bis 15fachen Volum Alkohol versetzt worden. Hieraus scheint hervorzugehen, dass die Fähigkeit des Blutes, den Sauerstoff zu erregen und die, den bereits erregten auf andre oxydable Körper zu übertragen, zwei getrennte Dinge sind; die eine kann vorhanden sein, während die andre verloren gegangen ist. Diese Thatsachen erklären zugleich, warum die Bläuung der Guajaktinktur durch Blutzusatz allein, der, schon um der intensiven Färbung durch das Blut selbst und um der massenhaften Fällung des Harzes und des Bluteiweisses zu entgehen, immer nur verhältnissmässig klein sein kann, stets misslingt.

In Einem Falle tritt indess doch die Reaktion der Tinktur gegen Blut ein, sofern man nämlich für möglichste Entfernung des Alkoholüberschusses sorgt. Ich dampfte zu dem Zwecke die obenerwähnte 1 Th. Harz und 6 Th. Alkohol enthaltende Harzlösung auf $\frac{1}{4}$ ihres ursprünglichen Volum's ein, wobei sie die Consistenz eines dünnen Syrups annahm. In dicken Schichten erschien diese Tinktur fast schwarz, in dünnen braungelb. Mischt man geringe Quantitäten Blut zu dieser alkoholarmen Harzlösung, so findet, was für die sogleich anzugebende Wirkung von Bedeutung sein mag, keine Gerinnung des Albumins Statt; es scheiden sich zwar anfangs einzelne unbedeutende Floken aus, welche sich aber bald wieder auflösen, wobei die Tinktur noch etwas dickflüssiger als früher wird. Diese Consistenzerhöhung deutlich herbeizuführen genügt 1 Tropfen Blut in 1 bis $1\frac{1}{2}$ Ccm. Tinktur.

Ich setzte zu 36 Tropfen des erwähnten Guajaksyrups 4 Tropfen ozonisirtes Terpenthinöl und 2 Tropfen stark verdün-

tes Eisenvitriol und schüttelte das Gemenge in einem Reagensglase. Nach wenigen Sekunden erschien dasselbe, wie sich an den beim Schütteln dem Glase anhaftenden Schichten deutlich erkennen liess, dunkelblau mit einem leichten Anflug von Grün; da das Grün bei weiterem Zusatz von Terpenthinöl vollkommen schwand, so beruhte seine Gegenwart im Gemenge darauf, dass nicht alles Harz zum blauen Guajakazonid oxydirt war. Bewirkte ich die Uebertragung des Ozon's vom Terpenthinöl auf das Harz durch einen Tropfen Blut, so zeigte die entstehende blaue Farbe schon einen sehr merklichen Gehalt von Grün, wozu offenbar die rothe Farbe des Blutes selbst in Verbindung mit dem Braungelb der noch nicht oxydirten Harztheile die Veranlassung gab. Will man die Wirkung auf das Harz durch Blut allein erzielen, so ist dazu natürlich eine grössere Menge des letzteren nöthig, als wenn es sich blos um eine durch Blut zu vermittelnde Uebertragung anderweitig dargebotenen Ozons handelt. Dies bedingt mehr noch als im zuletzt angeführten Falle die Entstehung einer Mischfarbe. Dazu kommt, dass das Blut, wie ich bereits an einem Beispiele gezeigt, das Guajakharz weniger kräftig bläut, als die bekannten Ozonträger, Terpenthinol, Bittermandelöl u. s. w., weil es das Ozon inniger an sich bindet. Man kann also auch annehmen, dass hier ein grösserer Theil des Harzes unverändert bleibt, als in den beiden erstangeführten Fällen. Setzt man zu ca. 30 Tropfen dickflüssiger Guajaktinktur 2 bis 3 Tropfen frisches Blut ¹⁾, so verändert dieselbe ihre Farbe nur insoweit, als das Braungelb noch etwas dunkler als früher erscheint; das Roth des Blutes wird total von der Farbe der Tinktur verdeckt; schüttelt man das Gemisch jedoch einige Zeit, so tritt plötzlich, gewöhnlich nach 1 bis $1\frac{1}{2}$ Minuten langem Schütteln, ein dunkles

1) Ein grösserer Zusatz von Blut bedingt einen anderen Uebelstand; es wird dadurch die Harzlösung so dickflüssig, dass sie sich nicht mehr schütteln lässt.

intensives Grün auf. Unmöglich kann diese Grünfärbung der Tinktur aus der Vermischung der beiden einzigen primär vorhandenen Farben, Braungelb und Roth, entstanden sein; sie setzt das Auftreten von Blau in der Mischung voraus und die so eben bei Gelegenheit der Ozonübertragung auf die concentrirte Guajak-tinktur besprochenen Verhältnisse machen es erklärlich, warum es bei Einwirkung von Blut allein nicht zu einer reinen Blaufärbung kommt. Nach Zusatz von Blutserum wurde der Guajaksyrup gleichfalls dickflüssiger, ohne dass aber die geringste Farbenveränderung eingetreten wäre.

Auch die auf diese Weise dunkelgrün gefärbte Guajaktinktur entfärbt sich durch fortschreitende Oxydation nach einiger Zeit wieder von selbst und die kräftigere Wirkung des vom Terpenthinöl mittelst Eisenvitriol oder Blutkörperchen übertragenen Ozons zeigte sich darin, dass hier die Entfärbung schon nach einer halben Stunde vollendet war, während die durch blossen Blutzusatz bedingte Grünfärbung erst nach zwei Stunden geschwunden war.

Schönbein hat nachgewiesen, dass die blaue Guajaktinktur, nachdem sie sich von selbst entfärbt, noch einige Male durch Ozon gebläut werden kann, wobei sie sich immer wieder von selbst entfärbt, dass sie aber schliesslich ihre Empfindlichkeit gegen dasselbe, durch Veränderungen, die das Harz in seiner chemischen Constitution bei diesem Prozesse erleidet, einbüsst und dann bei weiterer Einwirkung von Ozon nicht gebläut wird. Dasselbe Resultat kann mit Einem Stosse erreicht werden, sofern man Ozonträger und ozonübertragende Mittel in hinreichender Menge anwendet. Ein ganz entsprechendes Verhalten zeigte der durch den ozonisirenden Einfluss des Blutes dunkelgrün gefärbte Guajaksyrup. Einige Stunden nach der spontanen Entfärbung desselben fügte ich noch ein Paar Tropfen Blut hinzu, ohne dass dadurch eine nochmalige Grünfärbung be-

wirkt worden wäre. Ausserdem verdünnte ich sowohl die mit Blut als die mit Blutserum versetzte concentrirte Harzlösung mit dem 3fachen Volum Alkohol, trennte die Flüssigkeiten von dem erst jetzt in ihnen entstehenden Albumingerinnsel durch Filtriren und benetzte mit den Filtraten Papierstreifen, die ich auf ihr Verhalten gegen den Blutstropfen prüfte; das der Einwirkung des Blutes in anderer Weise bereits ausgesetzt gewesene Harz zeigte sich jetzt vollkommen unempfindlich gegen dasselbe, während ich von dem Serumgerinnsel eine Tinktur abfiltrirt hatte, deren auf dem Papier zurückbleibende Harzschicht in ganz gewöhnlicher Weise durch einen Tropfen Blut gebläut wurde. Doch hatte das Blut nicht vermocht das Harz so eingreifend zu verändern, dass das Filtrat nicht noch durch Terpenthinöl mittelst Uebertragung hätte gebläut werden können, nur gegenüber dem offenbar schwächer wirkenden Blute war das Guajak unempfindlich geworden. Dagegen gelang es mir nicht mehr die Ein Mal durch 8 Tropfen Terpenthinöl mittelst Eisenvitriol gebläute concentrirte Guajaktinktur nach ihrer spontanen Entfärbung durch nochmalige Ozonübertragung wieder zu bläuen.

Eine stark verdünnte Lösung von Eisenvitriol ruft auf dem Guajakpapier dieselben Erscheinungen hervor, wie das Blut; die Bläuung ist nur viel schwächer und erfolgt bedeutend langsamer. Dieses würde nur beweisen, dass auch dieses Salz nicht bloss die Fähigkeit besitzt, den bereits erregten Sauerstoff auf andere Körper zu übertragen, in welcher Weise man sich das Zustandekommen dieses Vorganges auch denken mag, sondern dass es auch zugleich, wie das Blut, den gewöhnlichen Sauerstoff selbstständig zu erregen vermag, eine Ansicht, die auch Schönbein, gestützt auf andre Experimente, in Betreff der Eisenoxydulsalze ausspricht; so fand er z. B. dass gewöhnliche Eisenfeile beim Schütteln mit Wasser und Sauerstoff oder atmosphärischer Luft sich nur langsam in Eisenoxyd verwandelt, während unter glei-

chen Umständen die Oxydation des Metalles verhältnissmässig sehr rasch stattfindet, wenn das Wasser ein Eisenoxydulsalz gelöst enthält ¹⁾. Nach Schönbein bestände überhaupt der Vorgang der Ozonübertragung, durch welche Stoffe er auch vermittelt würde, immer wesentlich in einer Sauerstofferregung, indem diese Stoffe den im Terpenthinöl, Bittermandelöl u. s. w. bereits vorhandenen erregten Sauerstoff noch stärker zu erregen vermöchten und ihn erst in den Zustand versetzten, in welchem er die Guajaktinktur bläut, das Jodkalium augenblicklich zersetzt u. s. w. Nach einer anderen Auffassung handelt es sich um eine wirkliche Ozonübertragung; es beruht danach der Vorgang auf der starken Verwandtschaft der Blutkörperchen, Eisenoxydulsalze u. s. w. zum Ozon; indem sie dasselbe vom Ozonträger an sich reissen soll ein Theil auf das Guajakharz oder das Jodkalium übergehen. In dem Verhalten des Eisenvitrioles stellte sich übrigens der beträchtliche Unterschied von dem des Blutes heraus, dass ersteres die Fähigkeit den Sauerstoff zu erregen in der Siedhitze nicht verlor, wohl aber das Blut, worauf ich später zurückkommen werde.

Mit Guajaktinktur benetzte Papierstreifen, etwa 24 Stunden bei gewöhnlicher Temperatur der Luft ausgesetzt, werden nicht mehr durch Blut oder Eisenoxydulsalze gebläut, mag man sie trocken zum Versuche anwenden oder sie vorher mit Alkohol oder Wasser benetzen; noch schneller unempfindlich werden sie beim Aufbewahren an einem warmen Orte. Dagegen tritt noch eine starke Bläuung ein, wenn man den zum Benetzen des Papieres anzuwendenden Alkohol mit etwas ozonisirtem Terpenthinöl versetzt, den Alkohol verdunsten lässt und nun einen Tropfen Blut oder verdünntes Eisenvitriol auf das Papier bringt. Auch

¹⁾ Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel. Th. I. 1857 pag. 3.

hier hat also das Guajakharz nicht die Fähigkeit verloren, sich mit Ozon zu verbinden, aber es ist unter dem Einfluss von Luft und Wärme so weit verändert (oxydirt?) worden, um unfähig zu sein dem Blute das Ozon zu entziehen.

Zu meinen Versuchen habe ich mich meist der hiesigen officinellen Guajaktinktur, die grade nach dem Verhältnisse von 1 : 6 zusammengesetzt ist, bedient; indess haben mir Versuche, die ich der Sicherheit wegen mit einer frisch bereiteten Harzlösung angestellt, dieselben Resultate gegeben.

2. Jodkaliumstärkekleister.

Ein mit diesem Kleister benetzter Papierstreifen wird durch einen Tropfen Blut nicht verändert; ebensowenig tritt die geringste Spur einer Bläuung ein, wenn man Kleister und Blut in den verschiedensten Mengenverhältnissen zusammenmischt. Bekanntlich bläut das Ozon diesen Kleister, indem es das Jodkalium zersetzt, wobei das freiwerdende Jod mit dem Amylum zur blauen Jodstärke sich verbindet. Die bereits bei Gelegenheit des Guajakharzes angeführten Erfahrungen machten es mir wahrscheinlich, dass das negative Verhalten des Jodkaliumkleisters gegen Blut auf einer, im Vergleich mit dem Guajak, geringen Affinität des Jodkaliums zum Ozon beruhe. Wie beim Guajakharz mehrere Fälle eintraten, wo es soweit verändert worden, dass es seine Empfindlichkeit gegen Blut verloren und nicht mehr durch dasselbe gebläut werden konnte, ohne deshalb doch seine Bläuungsfähigkeit, seine Verbindbarkeit mit auf andrem Wege dargebotenem Ozon, eingebüsst zu haben, so konnte ein entsprechendes Verhalten beim Jodkalium die Regel sein. Ausserdem war es fraglich, ob bei Gegenwart von Blut im Kleister, wenn wirklich dabei Jod ausgeschieden würde, dasselbe an das Amylum treten kann und nicht vielmehr vom Blutalbu-

min absorbirt wird. Sowohl jene Vermuthung als dieses Bedenken haben sich, wie das Weitere ergeben wird, als berechtigt erwiesen.

Mischt man, um einige den letzterwähnten Punkt betreffende Versuche anzuführen, etwa 3 Ccm. eines dünnen Stärkekleisters mit einem Paar Tropfen Blutserum zusammen oder auch mit ebensoviel mit dem gleichen Volum Wasser verdünntem und filtrirtem Eieralbumin und fügt man dann tropfenweise stark verdünntes Jodwasser hinzu, so findet man, dass um einen bestimmten Grad der Bläuung zu erzeugen, zwei bis drei Mal so viel Jodwasser verbraucht wird, als wenn man es mit reinem Stärkekleister zu thun hat und auch dann ist die Färbung nicht ein Mal eine bleibende; sie schwindet nach kaum einer Stunde von selbst und es wird noch ein weiterer, fast ebenso grosser Jodzusatzen nöthig, um eine bleibende Bläuung zu bewirken. Nimmt man statt Blutserum Blut, so werden noch grössere Mengen Jodwasser verbraucht, ehe die Färbung eintritt, mindestens das Doppelte der bei Anwesenheit von Blutserum nöthigen Quantität; danach zu schliessen, absorbirt die organische Substanz der Blutkörperchen das Jod kräftiger noch, als die des Serums. Die entsprechende Erfahrung macht man, wenn man Jodkaliumkleister, nachdem man ihn mit Blut oder Blutserum versetzt, durch einen Ozonträger oder durch Chlorwasser zersetzt und die dazu nöthigen Quantitäten der letzteren unter einander und mit der zur Zersetzung des unvermischten Jodkaliumkleisters verbrauchten vergleicht. Bläut man feuchtes Jodkaliumkleisterpapier in einer Ozonatmosphäre, etwa durch das Produkt der langsamen Aetherverbrennung¹⁾, und streicht man dann über dasselbe einen Tropfen Blutserum hin, so schwindet an der

1) Man erzeugt dasselbe, indem man in eine Flasche, deren Boden mit etwas Wasser und Aether bedeckt ist, eine mässig dicke, nicht ganz zum Glühen erhitzte, Platindrahtspirale einige Male nach einander hineinbringt.

bestrichenen Stelle die Farbe in wenigen Augenblicken vollkommen. Aus diesen Thatsachen geht hervor, dass das Albumin eine grössere Anziehung zum Jod besitzt, als das Amylum; gegenwärtig betrachtet man das Jodamylum ja auch überhaupt nicht mehr als eine chemische Verbindung, sondern als ein blosses Gemenge. Ein auf die früher angegebene Weise durch stark verdünntes Blut in grösserer Ausdehnung gebläutes Guajakpapier wird durch einen Tropfen Blutserum nicht entfärbt, ebensowenig, wenn die Bläuung des Papiers auf irgend einem anderen Wege herbeigeführt worden. Die blaue Guajak tinktur kann zwar, um so leichter, je mehr sie verdünnt ist, wie auch Schönbein angiebt, durch Albumin entbläut werden, aber die Entfärbung erfolgt nur langsam, falls nicht verhältnissmässig grosse Quantitäten Albumin zugesetzt werden, oder falls keine Temperaturerhöhung stattfindet. Aus dem Vergleiche dieser Affinitätsverhältnisse ergibt sich, dass die Bedingungen zur Bläuung durch Blut beim Guajakharz günstiger gestellt sind, als bei dem Jodkaliumstärkekleister. Die grösste Schwierigkeit, die das Guajak, wenn es durch Blut gebläut werden soll, zu überwinden hat, besteht offenbar in der eignen Verwandtschaft des Ozonträgers im Blute zum Ozon, weniger in der der übrigen Blutbestandtheile, während beim Jodkaliumkleister, abgesehen von jener Hauptschwierigkeit auch noch die Affinität der letzteren zum Jod in Betracht kommt.

Die ebenerwähnte Beziehung zwischen Ozonträger im Blute und Ozon ist indess allein schon ein genügender Grund um in Anbetracht des Jodkaliumkleisters nach einem mit grösserer Affinität zum Ozon begabten, d. h. nach einem empfindlicheren, leichter zersetzbaren Körper zu suchen als das Jodkalium. Einen solchen besitzen wir am Jodwasserstoff, welches sich schon unter der Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffes, freilich ur sehr langsam, zersetzt. Durch Ansäuern von Jodkalium-

kleister erhält man Jodwasserstoff in Lösung; es ist nur dabei vor allen Dingen nöthig, dass das zur Benutzung kommende Jodkalium absolut frei sei von jodsaurem Kali, weil dieses Salz den Jodwasserstoff sehr schnell zersetzt und dadurch den Kleister bläut; ich habe deshalb stets nur geglühtes Jodkalium benutzt. Zu diesen Versuchen wandte ich einen sehr dünnen, aus 1 Th. Jodkalium, 10 Th. Stärke und 1200 bis 1600 Thl. Wasser bestehenden Kleister an; die geringe Menge Jodkalium reicht hin, um, falls eine vollkommene Zersetzung stattfindet, den Kleister schwarzblau zu färben. Zum Ansäuern bediente ich mich meist der verdünnten Salzsäure, die ich durch Behandeln mit überschüssigen Quecksilber jedes etwaigen Gehaltes an freiem Chlor beraubte.

Ich füllte ein Reagensglas zur Hälfte mit solchem Kleister, versetzte ihn mit Salzsäure bis zur deutlich sauren Reaktion und überliess ihn dann sich selbst; nach 24 Stunden war er hellblau geworden. Jetzt theilte ich die Flüssigkeit in 3 gleiche Portionen; die erste überliess ich weiter sich selbst, zur zweiten setzte ich 2 Tropfen Blutserum, zur dritten 2 Tropfen Blut. Blut sowohl als Blutserum bewirkten sofortige Entbläuung des Kleisters, aber nach 24 Stunden fand ich die mit Blut versetzte Portion wieder blau geworden und zwar war die Färbung derselben eine viel dunklere als die in der ersten Portion durch den blossen Kontakt mit der atmosphärischen Luft bedingte. In dem mit Blutserum vermischten Kleister trat nicht die geringste Bläuung ein, während im bluthaltigen die Färbung von Tag zu Tage tiefer wurde, so dass er nach 5 Tagen schwarzblau und undurchsichtig erschien. Da beide Gemenge sich nur durch die Gegenwart, resp. Abwesenheit der Blutkörperchen von einander unterscheiden, so muss auch in diesen die Ursache der Bläuung der einen Flüssigkeit gesehen werden.

Wie hier die unter dem langsam oxydirenden Einfluss des

atmosphärischen Sauerstoffes stattfindende, auf einer partiellen¹⁾ Zersetzung des Jodwasserstoffes beruhende, Bläuung des Stärkekleisters durch Blutserum wieder aufgehoben wurde, so blieb sie ganz aus, wenn ich den Kleister gleich zu Anfang, unmittelbar nach dem Ansäuern mit Blutserum versetzte²⁾. Wird dagegen nach dem Ansäuern Blut zugesetzt, so entsprechen die Erscheinungen wiederum ganz den früher angeführten; die Flüssigkeit bleibt eine Zeit lang unverändert, dann aber, unter günstigen, später anzugebenden Bedingungen, schon nach 10 bis 12 Stunden beginnt sie sich zu bläuen und wird zuletzt schwarzblau und undurchsichtig. Der Zutritt der atmosphärischen Luft ist bei diesem Vorgange von untergeordneter Bedeutung; auch bei absolutem Abschluss derselben bläut das Blut den sauren Kleister vermöge seines eignen Gehaltes an aktivem Sauerstoffe, aber, wie natürlich, langsamer als bei freiem Luftzutritt.

Es ist nicht möglich diese nach Blutzusatz eintretende Bläuung des Kleisters auf den Einfluss des gewöhnlichen Sauerstoffes zu beziehen, sie als spontane anzusehen, denn das im Blute enthaltene Albumin reicht hin, wie man aus den Versuchen mit Blutserum und aus dem erstangeführten Versuche mit Blut ersieht, um die Wirkung des atmosphärischen Sauerstoffes vollständig zu paralysiren, abgesehen davon, dass die Proteinstanz der Blutkörperchen eine stärkere Verwandtschaft zum Jod zeigt, als die des Blutserums. Wie wäre es von diesem Gesichtspunkte aus ferner erklärlich, dass die nach Blut-

1) Ueberall, wo ich es mit einer spontanen Bläuung zu thun hatte, erhielt ich durch Zusatz von Chlorwasser noch ein tiefes Schwarzblau.

2) Dass bei all diesen Versuchen nicht das Serumalkali die Entstehung von Jodamylum hindert, erweist sich daraus, dass neutralisirtes Serum sich nicht anders verhält. Ausserdem habe ich jedes Mal den Kleister so stark angesäuert, dass er nach Beimengung von Blut oder Blutserum noch deutlich sauer reagirte.

zusatz eintretende Färbung an Intensität hinter der spontanen, trotz jener Affinitätsbeziehungen des Jodes, nicht nur nicht zurückbleibt, sondern dieselbe sogar bei Weitem übertrifft. Blut sowohl als Blutserum absorbiren vollkommen die geringe Menge Jod, die bei der unbedeutenden, durch den Luftsauerstoff bedingten, Zersetzung von Jodwasserstoff frei wird. Wenn nun trotz dieser Hindernisse bei Gegenwart von Blutkörperchen in der Flüssigkeit doch eine Bläuung derselben, und zwar eine intensive, zu Stande kommt, so muss in diesen Elementen ein energisch oxydirendes Prinzip gegeben sein, durch welches die Hindernisse überwunden und eine so reichliche Zersetzung von Jodwasserstoff bewirkt wird, dass nicht alles freiwerdende Jod von der thierischen Substanz aufgenommen werden, sondern ein Theil an das Amylum treten kann. Das ist aber grade das wesentlichste Kennzeichen des erregten Sauerstoffes dass es Oxydationswirkungen verursacht, die durch den gewöhnlichen Sauerstoff gar nicht oder doch nur sehr langsam zu Stande gebracht werden. Ich habe angesäuerten und mit ein Paar Tropfen Blutserum versetzten Jodkaliumkleister in offenen Gefässen wochenlang beobachtet ohne die geringste Spur einer Bläuung eintreten zu sehen; 2 Tropfen Serum auf 3—4 Cem. des nach der gegebenen Vorschrift bereiteten Kleisters genügen, um mit Sicherheit dieses Resultat zu erhalten; ebenso sicher bewirken 2 Tropfen Blut unter denselben Verhältnissen die Bildung von Jodamylum. Was anderes macht in diesen Flüssigkeiten den Unterschied als die Blutkörperchen? Dass im Vergleich mit anderen Ozonwirkungen die Blutkörperchen den sauren Jodkaliumkleister nur langsam bläuen ist kein Beweis gegen die erregte Beschaffenheit des an sie gebundenen Sauerstoffes; die Energie einer Wirkung ist nicht bloss nach der Zeit zu bemessen, sondern auch nach der Grösse der Widerstände, die zu überwinden waren; abgesehen von allen Uebrigen ist es allein

schon die Innigkeit der Beziehung zwischen Ozonträger und Ozon, welche das Blut von den übrigen Ozonträgern auszeichnet und wodurch die bläuende Wirkung desselben behindert wird. Die Zeitbestimmung hat ja auch stets nur relative Geltung; wenn Etwas, was der atmosphärische Sauerstoff gar nicht zu leisten vermag, unter sonst ganz gleichen Umständen, durch den an die Blutkörperchen gebundenen überhaupt, abgesehen von der Zeit, bewirkt wird, so ist die Differenz zwischen der Wirkung beider doch immer eine unendlich grosse.

Es macht einen grossen Unterschied in der Zeitdauer der Wirkung, ob man die bluthaltige Flüssigkeit in einem Reagensglase oder in einem geräumigen Gefässe, auf dessen Boden sie nur eine dünne Schicht bildet, aufbewahrt; der Unterschied ist viel bedeutender als er sich unter denselben Verhältnissen bei einem sich von selbst bläuenden, blutfreien Kleister herausstellt; die Erklärung ergiebt sich leicht aus dem mehr oder weniger ermöglichten Contact der Blutkörperchen mit dem Luftsauerstoff; durch zeitweiliges Schütteln mit Luft wird daher auch bei Gegenwart von Blut die Bläuung viel bedeutender befördert, als wenn sie durch den Luftsauerstoff allein bedingt ist. Zugleich sieht man aus diesen Verhältnissen, dass die Oxydation des Jodwasserstoffes bei Gegenwart von Blut an besondere Bedingungen geknüpft ist und auf andere Weise zu Stande kommt, als die spontane Oxydation desselben.

Es ist bekannt, dass das Sonnenlicht die Ozonbildung sowohl als die Ozonwirkungen bedeutend befördert. Dasselbe zeigt sich bei der durch Blut bewirkten Zersetzung des Jodwasserstoffes, während für die von selbst eintretende auch dieses Moment von untergeordneter Bedeutung erscheint. Ich füllte zwei Reagensgläser zu $\frac{1}{3}$ mit angesäuertem Jodkaliumkleister und stellte das eine an einen den grössten Theil des Tages von der Sonne beschienenen Ort, das andere brachte ich

in einen finsternen Raum; ebenso verfuhr ich mit einer zweiten mit Blut versetzten Portion desselben Kleisters. Nach 24 Stunden waren beide dem Sonnenlichte ausgesetzte Flüssigkeiten blau geworden, die bluthaltige bedeutend tiefer als die andere; von den im Dunkeln aufbewahrten Flüssigkeiten zeigte sich die blutfreie schon nach 2 Tagen hellblau, während die andere während einer 10 Tage dauernden Beobachtung unverändert blieb. Auch hier sieht man, dass ein und dasselbe Agens, das Licht, sehr verschiedenen Effect hat, jenachdem sich Blut im Kleister befindet oder nicht, dass also die Bläuung in beiden Fällen von verschiedenen Bedingungen abhängt. Die durch Selbstersetzung des Jodwasserstoffes bedingte Färbung des Kleisters wird auch bei Einwirkung des direkten Sonnenlichtes durch ein Paar Tropfen Blutserum vollkommen gehindert; relativ noch grösser muss das Hinderniss sein, welches das Blutalbumin dem Effect der unbedeutenderen im Dunkeln stattfindenden Selbstersetzung des Jodwasserstoffes in den Weg legt; die Wirkung des atmosphärischen Sauerstoffes kommt also in beiden Fällen wiederum nicht in Betracht; wenn nun bei Gegenwart von Blutkörperchen das Sonnenlicht einen so belangreichen Einfluss übt, dass bei Absperrung desselben gar keine oder höchstens nur eine sehr langsame Wirkung erfolgt, so muss das oxydirende Prinzip hier ein anderes sein als der gewöhnliche Sauerstoff der atmosphärischen Luft, dessen Oxydationsfähigkeit durch das Licht in viel geringerem Grade gesteigert wird.

Versuchsweise habe ich den Kleister statt mit Salzsäure auch mit Schwefel-, Essig-, Wein- und Oxalsäure angesäuert. Es stellte sich dabei das auffallende Resultat heraus, dass die Essigsäure die Bläuung absolut verhindert; Schwefelsäure erschwert sie, doch tritt sie bei Luft- und Lichtzutritt immer, wenn auch verhältnissmässig langsam, ein. Woran dieses liegt

weiss ich nicht zu sagen, vielleicht verändern diese Säuren die chemische Constitution der sauerstofferregenden Materie im Blute. Wein- und Oxalsäure verhielten sich ganz wie Salzsäure.

3. Indigolösung.

Eine verdünnte Indigolösung wird durch Ozon entfärbt indem der Farbstoff zum hellgelben nach und nach farblos werdenden Isatin oxydirt wird. Doch ist die Indigolösung kein so empfindliches Reagens gegen Ozon wie das Guajakharz und der Jodwasserstoff und wird daher vom Blute nur langsam angegriffen; es kommt dazu der durch die eigne Farbe des Blutes bedingte Uebelstand, dass man es mit Mischfarben zu thun bekommt und daher wegen der grossen Färbekraft des Hämatin's nur mit verhältnissmässig kleinen Mengen Blut operiren darf.

Ich neutralisirte schwefelsaure Indigolösung durch pulverisirte Kreide, filtrirte und verdünnte sie soweit mit Wasser, dass sie in einem Reagensglase schon ganz durchsichtig aber noch tiefblau erschien. Zu 3½ Cem. dieser Lösung setzte ich 2 Tropfen mit dem gleichen Volum Wasser verdünntes Blut; die Flüssigkeit erhielt dadurch eine schöne, dunkelviolette Farbe. Ich stellte dieselbe sowie zwei gleich grosse Portionen derselben Indigolösung und das zur Verwendung gekommene verdünnte Blut in die Dunkelheit. Täglich ein paar Mal wurde die Flüssigkeit in den Gefässen (2 Unzen haltende Flaschen) geschüttelt. In den ersten Tagen war keine Veränderung bemerkbar; dann aber wurde die bluthaltige Flüssigkeit missfarbig, wobei sich bald ein deutliches Grün entwickelte, das von Tage zu Tage heller wurde; die Farbe der unvermischten Indigolösung verlor während dessen höchstens etwas von ihrer Dunkelheit. Nach Verlauf von 12 Tagen war erstere ganz lichtgrün geworden. Setze ich nun, um die Wirkung, die das Blut inner-

halb dieser 12 Tage auf den blauen Farbstoff ausgeübt, zu controlliren, zu der einen Portion der reinen Indigolösung 2 Tropfen frisches, mit dem gleichen Volum Wasser verdünntes Blut so entstand eine dunkelviolette Farbe, wie zu Anfange des Versuches. Es war also jedenfalls in dem Indigoblutgemische Blau geschwunden und Gelb aufgetreten; das dem Blute angehörige Roth wurde theils von diesen Farben verdeckt, theils hatte es sich durch Zersetzung des Blutes. soweit verändert, dass es zur Entstehung von Grün beitrug, wie sich daraus ergab, dass die zweite Portion der reinen Indigolösung mit dem vor 12 Tagen benutzten und jetzt schon faulenden Blute in dem angegebenen Verhältnisse versetzt keine violette sondern eine dunkelblaugrüne Farbe mit einem äusserst schwachen Stiche in's Violette (nur bei durchfallendem Lichte bemerkbar) zeigte. Beide Controlversuche erhärten, dass sich in den betreffenden Lösungen trotz des anhaltenden Contactes mit der atmosphärischen Luft der blaue Farbstoff fast seiner ganzen Masse nach unzersetzt erhalten hatte, während er im Indigoblutgemische fast ganz geschwunden war, so dass der Rest mit dem gleichzeitig auftretenden hellgelben Isatin und mit der Farbe des in Zersetzung befindlichen Blutes nur ein helles Grün geben konnte.

Ergänzende Versuche im Sonnenlichte musste ich wegen zur Zeit anhaltend bewölkten Himmels unterlassen.

Bevor ich auf meine weiteren hauptsächlich mit Guajakpapier angestellten Versuche übergehe, bemerke ich, dass von den von mir untersuchten Blutarten Rinder- und Pferdeblut am kräftigsten wirkten; Menschenblut wirkte im unverdünnten Zustande sehr schwach, Vogelblut gar nicht, beide aber sehr kräftig nach der Verdünnung. — Fast zu allen angegebenen Versuchen habe ich mich des Rinderblutes bedient.

Es fragt sich zuerst welcher Bestandtheil der Blutkörperchen es ist, der den aufgenommenen Sauerstoff in den erregten Zustand versetzt. Nach meinen bisherigen Untersuchungen ist es ausser Zweifel, dass wir in dem Blutfarbstoffe die wirkende Ursache sehen müssen. Setzt man zu 6 bis 8 Theilen Pferdeblut 1 Theil Wasser, wartet die Senkung der Zellen ab und prüft nun das über denselben stehende, durch ausgetretenes Hämatin roth gefärbte, Blutserum auf sein Verhalten gegen Guajakpapier so zeigt es die Fähigkeit dasselbe zu bläuen und zwar nach Maassgabe seines Gehaltes an Hämatin, während das normale Blutserum des Pferdes unwirksam ist wie jedes andere. Zweifelhaft konnte es nur sein ob die Bläuung von dem Farbstoffe abhing oder von der, gleichfalls den Blutkörperchen angehörigen und bei einer anderen Gelegenheit von mir bereits beschriebenen, die Gerinnung bewirkenden Substanz, dem Globulin (fibrinoplastische Substanz). Dieser Körper ist indess auch im Blutserum enthalten ohne dass dieses den Sauerstoff zu erregen oder den bereits erregten zu übertragen vermag. Wird mit 15 bis 20 Vol. Wasser verdünntes Blut zur Fällung des Globulin's mit Kohlensäure behandelt und vom Niederschlage abfiltrirt, so zeigt das Filtrat nicht die geringste Einbusse an sauerstofferregender oder ozonübertragender Kraft; dagegen verhält sich eine aus Blutserum dargestellte Lösung der fibrinoplastischen Substanz, sofern sie nicht durch Hämatin verunreinigt ist in beiden Hinsichten vollkommen indifferent. Auch die festen Bestandtheile der Blutkörperchen kommen bei diesen Wirkungen nicht in Betracht; man kann sie von dem Hämatin trennen, indem man Blut und Wasser in endosmotische Beziehung zu einander setzt. In dem Maasse als Wasser durch die Membran zum Blute geht und dadurch Blutfarbstoff frei wird geht letzterer auch wieder zum Wasser über; je mehr das Wasser sich röthet, desto deutlicher bläut es das Guajakpapier,

desto kräftiger überträgt es das Ozon von einem Ozonträger auf die Guajaktinktur.

Das Hämatin ist es also, welches sowohl, wie bereits Hiss angegeben und wie ich bestätigen muss, den Uebertritt des bereits erregten Sauerstoffes auf die Guajaktinktur vermittelt, als auch die selbstständige Erregung desselben im Blute bewirkt; beide Wirkungen hängen von einer und derselben Substanz ab. Die Blutkörperchen stimmen in diesem Verhalten vollkommen mit dem fein vertheilten Platin überein. Auch dieses absorbiert den Sauerstoff, verdichtet ihn, wie man sich ausdrückt, in seinen Poren und befähigt ihn zu energischen Oxydationswirkungen. Auch dieses vermittelt den Uebertritt des erregten Sauerstoffes von einem Ozonträger* auf andre oxydable Substanzen, während es zugleich auch, wie Schönbein nachgewiesen hat ¹⁾, die Fähigkeit besitzt, das Guajakharz ohne Vermittelung eines Ozonträgers durch selbstständige Erregung des atmosphärischen Sauerstoffes zu bläuen. Ein Unterschied besteht nur darin, dass der Alkohol die Wirkung des Platins nicht hindert. Schüttelt man eine verdünnte Lösung dieses Harzes mit etwas gasfreiem Platinmohr und atmosphärischer Luft, so bläut sich dieselbe; eine bis zur Syrupconsistenz abgedampfte Guajaklösung wird durch Platinmohr wie durch Blut nur dunkelgrün gefärbt; ein Körnchen Platinmohr oder Platinschwamm auf einen mit Guajaktinktur benetzten Papierstreifen gebracht, erzeugt einen blauen Fleck.

Zur Verdrängung des Sauerstoffes anhaltend mit Kohlensäure oder Wasserstoff behandeltes Blut verliert nicht die Fähigkeit das Guajakpapier oder den sauren Jodkaliumkleister zu bläuen. Auch bei Abschluss der Luft wirkte das sauerstofffreie

1) Abhandlungen der math.-physik. Klasse der königl. bayerischen Akademie der Wissenschaften. Band VIII. pag. 58, 59.

Blut; ein Tropfen des mit Kohlensäure gesättigten Blutes möglichst schnell auf einen Guajakpapierstreifen gebracht, der in einen mit Kohlensäure gefüllten Raum hineinzing, bläute denselben und zwar nicht schwächer und nicht langsamer als unter normalen Verhältnissen. Entsprechend verhielt sich Jodkaliumkleister, durch welchen ich zur Entfernung des absorbirten Sauerstoffes Kohlensäure geleitet, den ich dann mit Salzsäure angesäuert, mit dem gleichfalls mit Kohlensäure behandelten Blute versetzt und schliesslich luftdicht verschlossen hatte. Die Thatsache, dass auch bei Abschluss der Luft die Wirkung eintritt, lässt sich nur so erklären, dass im Blute von vornherein eine gewisse Menge ozonisirten, durch andre indifferente Gase nicht zu verdrängenden, Sauerstoffes enthalten ist, durch welchen es das Guajak und den Jodwasserstoff auch ohne Zutritt der Luft zu oxydiren vermag. In der Pflanzenwelt hat Schönbein Stoffe entdeckt, die sich ganz ähnlich verhalten; so befindet sich im ausgepressten Saft gewisser Pilzarten (*Boletus luridus* und *Agaricus sanguineus*) eine Materie, die den Sauerstoff kräftig erregt, die Guajaktinktur selbstständig bläut und zwar auch bei Abschluss der Luft ¹⁾ vermöge ihres ursprünglichen Gehaltes an Ozon. Das Hämatin ist eben nicht bloss ein Sauerstoffereger und Ozonübertrager, sondern wie so viele andere Stoffe auch zugleich ein Ozonträger, als welcher es das Ozon nicht im Zustande einer eigentlichen chemischen Verbindung enthält, sondern lose gebunden, im übertragbaren Zustande, so dass sich dasselbe auf andre oxydable Körper werfen kann.

Es macht jedoch, wie sich dies von selbst versteht, immer einen Unterschied, ob man den Verkehr des Hämatin's mit der atmosphärischen Luft und die dadurch ermöglichte Neubildung von Ozon während der Dauer des Versuches gestattet oder hemmt.

1) Verhandlungen der naturforsch. Gesellsch. in Basel. Th. I. 1857. pag. 347.

Die Wirkung auf das Guajakpapier ist eine so schnelle, dass sich hier die betreffenden Differenzen nicht gut beobachten lassen, dagegen treten sie am sauren Jodkaliumkleister sehr deutlich hervor. Sorgt man für möglichst innigen Contact mit der Luft oder sättigt man die betreffenden Flüssigkeiten mit Sauerstoff, so tritt die Bläuung 1 bis 2 Tage früher ein als wenn aus ihnen aller gewöhnliche Sauerstoff durch Kohlensäure entfernt worden und fernerer Luftzutritt unmöglich gemacht wird. Die Zeitdifferenz wird um so bedeutender je älter das angewendete Blut ist, je deutlicher in demselben die Symptome der Zersetzung auftreten; schon bei 8 bis 10 Tage altem Blute betrug die Differenz mehrere Tage. Das deutet darauf hin, dass das anfangs mit dem Hämatin nur „vergesellschaftete“ Ozon nach und nach zu tiefer greifenden Oxydationswirkungen verbraucht wird, was wiederum vollkommen dem Verhalten anderer organischer Ozonträger entspräche.

Wenn aber das Blut, nachdem es durch Kohlensäure oder Wasserstoff seines Gehaltes an Sauerstoff beraubt worden, unter Umständen, wo es diesen Verlust nicht ersetzen kann, doch noch fast ebenso kräftige Ozonwirkungen vermittelt, als unter gewöhnlichen Verhältnissen, so muss geschlossen werden, dass es nur der kleinste Theil des vom Blute aufgenommenen Sauerstoffes ist, welcher in Ozon verwandelt wird und dass zugleich dieser erregte Bruchtheil an der erregenden Materie fest genug haftet, um nicht durch Kohlensäure oder Wasserstoff verdrängt zu werden. Es liesse sich auch denken, dass zu energische, zerstörende Wirkungen eintreten würden, wenn die ganze Masse des im Blute enthaltenen Sauerstoffes durch das Hämatin ozonisirt würde; das Blut wäre vielmehr zugleich ein Sauerstoffreservoir, um den Ozonbedarf des Organismus zu decken. Auch durch andre chemisch ozonisirende Mittel wird der vorhandene Sauerstoff nur

theilweise ozonisirt und der erregte Bruchtheil vom Erreger selbst ganz oder grossentheils absorbiert.

Auch darin stimmt das Hämatin mit der von Schönbein im Saft von *Boletus luridus* und *Agaricus sanguineus* entdeckten sauerstofferregenden Materie überein, dass es seine Erregungsfähigkeit in der Siedhitze vollkommen einbüsst, ohne dass sie ihm durch Schütteln mit Luft oder durch Durchleiten von Sauerstoff wiedergegeben werden könnte. Doch scheint nur die Siedhitze diesen Effekt zu haben, wenigstens wirkte verdünntes bis 75° C. erhitztes Blut ganz normal. Dagegen geht die Fähigkeit des Blutes die Guajaktinktur unter Vermittelung eines Ozonträgers zu bläuen in der Siedhitze nicht verloren; namentlich gilt dies von dem, den grössten Theil des Hämamins enthaltenden, Coagulum, während die abfiltrirte Flüssigkeit wegen ihrer relativen Hämatinarmuth viel schwächer wirkt; aber selbst wenn ich die Gerinnung in der Hitze durch Essigsäure beförderte, enthielt das Filtrat immer noch Spuren von Hämatin und war deshalb immer noch bis zu einem gewissen Grade im Stande, die Bläuung der Tinktur durch Terpenthinöl zu vermitteln; es wirkte aber in dieser Hinsicht unvergleichlich schwächer als der feste Rückstand. Ebenso wie durch Siedhitze verliert das Blut auch durch starken Zusatz von Alkohol, wie bereits angegeben, vollkommen und unwiederbringlich sein Erregungs- nicht aber sein Uebertragungsvermögen. Auch hier wirkt die durch Alkohol ausgeschiedene Masse viel stärker übertragend als das gleichfalls immer noch mehr oder weniger gefärbte Filtrat. Wenn in diesem Falle auch angenommen werden kann, dass der Alkohol das Hämatin so sehr verändert, dass es seine Fähigkeit den Sauerstoff zu erregen verliert, so bleibt es doch unerklärlich, warum das ein Mal im Blute schon vorhandene Ozon nicht zur Wirkung kommt. Was den gleichen Effekt der Hitze anbetrifft, so wissen wir, dass das Ozon in hoher Temperatur

nicht bestehen kann, sondern sich in gewöhnlichen Sauerstoff umwandelt, ferner, was vielleicht auch hierher gehört, dass in vielen Fällen durch Temperaturerhöhung der Verbrauch des lose gebundenen Ozon's zu energischer Oxydation seines Trägers herbeigeführt wird.

Ich habe nicht gefunden, dass, wie Hiss angiebt, das farblose Alkoholextrakt von getrocknetem Blute die Bläuung der Guajak tinktur durch Terpenthinöl zu bewirken vermöchte. Auf dem Dampfbade eingedampft und dann bei 30° getrocknetes Blut lieferte mir kein vollkommen farbloses Alkoholextrakt. Ich erhielt ein solches nur durch Alkohol von 85% aus Blut, welches in sehr dünner Schicht im Vacuum über Schwefelsäure getrocknet war, aber mit diesem Extracte gelang es mir nicht das Ozon vom Terpenthinöl auf die Guajak tinktur zu übertragen; ebenso unwirksam verhielt sich der Rückstand des Alkoholextraktes; nach fünftägigem Stehen hatte der Alkohol Spuren von Blutfarbstoff aufgenommen und wirkte demgemäss jetzt äusserst schwach ozonübertragend. Im Wasser löste sich das im Vacuum getrocknete Blut grossentheils wieder auf; da bei dieser Art des Trocknens die Temperaturerhöhung vermieden war, so zeigte sowohl das in Wasser Gelöste als das Ungelöste beiderlei Arten der dem Hämatin eigenthümlichen, Ozonwirkung. Doch geht aus anderen Versuchen von Hiss hervor, dass das Vermögen, die Ozonübertragung zu vermitteln, ausser dem Blutfarbstoff auch nach anderen Substanzen des thierischen Körpers bald mehr bald weniger zukommt, so der Galle, der Milch, der Harnsäure, dem Harnstoff, dem Milch- und Krümelzucker, dem Taurin u. s. w. Was die Fähigkeit, den indifferenten Sauerstoff zu erregen, anbetrifft, so scheint sie nach meinen bisherigen, freilich noch nicht sehr ausgedehnten Untersuchungen, eine Eigenthümlichkeit des Blutfarbstoffes allein zu sein.

Durch Schütteln mit beliebigen Mengen Aether wurden

die normalen Reaktionen des Blutes gegen das Guajak in Nichts geändert, ebensowenig durch anhaltendes Durchleiten von Kohlenoxyd oder Schwefelwasserstoffgas. Die neutralen Alkalisalze hinderten gleichfalls weder die ozonisirende noch die ozonübertragende Wirksamkeit des Blutes. Dagegen genügt ein Tropfen Normalsalzsäure auf 1 Ccm. mit dem gleichen Volum Wasser verdünntes Rinderblut um die sauerstofferregende Eigenschaft des Hämatins vollkommen zu vernichten; 4 Tropfen gewöhnlicher Essigsäure hatten den gleichen Erfolg, ebenso 6 Tropfen 3% Natronlauge. Die Wirkung der Säuren und Alkalien beruht nicht auf einer Veränderung des Guajakharzes, wodurch dasselbe unfähig würde, sich mit dem Ozon zu verbinden; es ist das Hämatin selbst, welches durch dieselben, wie durch den Alkohol, so weit verändert wird, dass es seiner normalen Einwirkung auf den gewöhnlichen Sauerstoff verlustig geht. Wurde das Guajakpapier mit etwas verdünntem ozonbeladenem Terpenthinöl befeuchtet und dann ein Tropfen obigen mit Säure versetzten Blutes draufgebracht, so entstand ein intensiv blauer Fleck. Es war also trotz der Säure das Harz vollkommen bläuungsfähig und andererseits das Hämatin vollkommen im Stande den bereits erregten Sauerstoff auf das Harz zu übertragen. Ebenso verhielt sich das mit Natron versetzte Blut, nur war hier die durch Uebertragung bedingte Färbung eine schmutzige, in's Grüne übergehende. Starke Säuren und Alkalien berauben das Hämatin also ebenso wie Alkohol und Siedhitze der Sauerstofferregungs-, nicht aber der Ozonübertragungsfähigkeit; erstere hängt viel inniger als letztere mit der normalen chemischen Constitution des Hämatins zusammen. — Diesen Thatsachen entsprechend haben Hoppe's Untersuchungen über das Verhalten des Blutfarbstoffes im Spektrum des Sonnenlichtes ergeben, dass dasselbe durch Aether, Kohlenoxyd,

Schwefelwasserstoff u. s. w. nicht, wohl aber durch Alkohol, durch Säuren und fixe Alkalien geändert wird ¹⁾.

Je mehr das Blut in Fäulniss übergegangen ist, desto langsamer und undeutlicher bläut es das Guajakpapier, aber selbst ganz faules, 4 Wochen altes Blut war nicht unwirksam geworden. Es entspricht das ganz der Thatsache, dass auch andre organische Ozonträger, z. B. das Terpenthinöl ausserordentlich lange mit dem Ozon vergesellschaftet bleiben können, bevor dasselbe sie wirklich oxydirt und sie selbst durch die Zersetzungen, die sie dabei erleiden, unfähig werden den Sauerstoff weiter zu ozonisiren.

Aber wenn aus dem eben angeführten Grunde ausserhalb des Körpers das Ozon nur langsame Oxydationswirkungen hervorbringt, so fragt es sich, wie denn die schnellen Zersetzungen im kreisenden Blute zu Stande kommen? Es würde sich dieses erklären, wenn in den Blutstrom fortwährend leicht oxydirbare Stoffe gelangten, die, mit energischerer Affinität zum Ozon als das Hämatin begabt, dasselbe an sich reissen könnten. Als solche sind vielleicht die zur Schlussoxydation vorbereiteten Produkte der regressiven Stoffmetamorphose zu betrachten; dieselben würden dabei nicht blos selbst zu den Endprodukten verbrannt werden, sondern es würde zugleich auch die Erscheinung der sogen. Ozonübertragung auf anderweitig in den Blutstrom gelangende verbrennliche Substanzen stattfinden können, gerade wie das Hämatin selbst, indem es das vom Terpenthinöl etc. fertig gebildete Ozon absorbiert, die kräftigste Oxydation dritter Körper vermittelt ²⁾. So wäre im kreisenden Blute die Möglich-

1) Virchow's Archiv etc. Bd. XXIII. pag. 446.

2) Die hier vorausgesetzten Differenzen in der Grösse der Verwandtschaft zum Ozon bei Stoffen, die einem und demselben Organismus angehören hat. Schönbein beim *Boletus luridus* nachgewiesen; es enthält dieser Pilz ausser der sauerstoffregenden, im ausgepressten Pilzsaft befindlichen Materie, auch noch einen

keit zu einer Reihe beständiger Ozonwirkungen gegeben, die bei der Entfernung desselben aus seinem natürlichen Behälter plötzlich stille stehen müssten; nicht im Leben und Tod des Blutes wäre der Grund für das verschiedene Verhalten inner- und ausserhalb des Körpers zu suchen, sondern in rein chemischen, stofflichen Einwirkungen, denen es in dem einen Falle ausgesetzt, in dem andern aber entzogen ist.

Während des Druckes dieser Arbeit bin ich auf eine Thatsache gestossen, die ich mittheilen muss, weil bei Unkenntniss derselben leicht das Experiment mit Guajakpapier misslingen könnte. Ich fand nämlich, dass die Reaction nicht eintritt, wenn die Tinktur bei vollkommener Abschliessung der Luft dargestellt worden ist, wenn man also etwa die Flasche, in welcher die Harzlösung bereitet werden soll, ganz mit Alkohol füllt und dann luftdicht verschliesst. Eine günstige Tinktur erhält man stets, wenn das Gefäss nur zu $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ gefüllt wird; man kann dasselbe jetzt vollkommen verschliessen, die darin enthaltene Luft reicht hin, um das Harz bläuungsfähig zu machen. Bei einer Temperatur von 25 bis 28° geht innerhalb 15 Stunden so viel Harz in Lösung über, um eine zum Experiment brauchbare Tinktur zu geben. Es muss also das Guajak unter dem Einflusse der Luft gewisse Veränderungen erlitten, vielleicht gewisse Vorstufen der Oxydation erreicht

harzartigen durch Alkohol ausziehbaren Körper, welcher den Sauerstoff nicht selbstthätig zu erregen vermag, wohl aber den vom Pilzsaftbestandtheile erregten an sich zieht, also eine grössere Affinität zum Ozon besitzt als der Erreger selbst. Auch das Eiweiss entzieht bei einer die Blutwärme nicht weit übersteigenden Temperatur dem Pilzsaft den erregten Sauerstoff; ein so behandelter Saft wirkt nicht mehr bläuend auf die Guajaktinktur, besitzt aber immer noch die Fähigkeit den atmosphärischen Sauerstoff zu ozonisiren, wie man daraus ersieht, dass er die Guajaktinktur wieder bläut, nachdem man ihn längere Zeit einem Luftstrome ausgesetzt. (Verhandl. d. naturforsch. Gesell. in Basel etc. pag. 349 ff.)

haben, um durch Blut gebläut werden zu können, während, wie ich bereits früher bemerkt, bei sehr innigem Kontakte mit der atmosphärischen Luft (Guajakpapierstreifen) diese Veränderung des Harzes so weit fortschreitet, dass die erlangte Empfindlichkeit gegen Blut wieder schwindet.

Thesen.

1. Der Organismus besitzt keine specifischen Merkmale.
2. Die Zelle trägt die Bedingungen zur Ewigkeit in sich.
3. Es existirt kein rationeller Unterschied zwischen lebendiger und mechanischer Bewegung.
4. Die unorganische Natur ist nicht todt.
5. Die physiologische Verbrennung findet vorzugsweise im Blute Statt.
6. Zur Erforschung der Zellen und ihrer Vorgänge ist das Reagensglas ebenso nothwendig wie das Mikroskop.
7. Zeitbedürfniss ist eine Cellularphysiologie.
8. An der Grenze des Wissens liegt das Nichtwissen.