

action des Wassertropfens auf gewöhnliche Weise mit Lakmuspapier geprüft. Durch dieses Verfahren kann man z. B. leicht nachweisen, dass eingetrocknetes und wieder in Wasser gelöstes ganz reines Hämoglobin freie Säuren enthält, dass nur zum Theil in der Wärme coagulirte Hämoglobininlösungen sich ebenso verhalten, und dass der Inhalt der rothen Blutkörperchen eine viel schwächere alkalische Reaction besitzt, als das Serum. Besonders gut verwendbar ist der Löffeldialysor zur Untersuchung der Reaction des Blutes. Da man aus Leichen wohl niemals hämoglobinfreies Blutserum gewinnen kann, so bleibt es unbegreiflich, wie die vielen früheren Angaben über ungewöhnliche Reactionen des Blutes entstanden sind.

5.

Ueber Ozon im Blute.

Von Dr. W. Kühne und Dr. G. Scholz aus Altwasser.

Der Nachweis einer Modification des Sauerstoffs im Blute, und zwar des sogenannten negativ polarisirten, welchen Schönbein Ozon genannt hat, war bekanntlich His *) misslungen. A. Schmidt zeigte später **), dass einige Reactionen, welche für die Anwesenheit von Ozon als beweisend erachtet werden, auch mit dem Blute unter Beobachtung gewisser Vorsichtsmaassregeln gelingen, und leitete daraus den Schluss ab, dass ein Theil des im Blute enthaltenen O ozonisirt sei. Ohne Kenntniss der Schmidtschen Versuche erklärte Schönbein ***), dass das Blut niemals Ozon enthalten könne, da dieser Sauerstoff unverweilt zu inneren Oxydationszwecken, sei es der Bestandtheile der Blutkörper-

*) W. His, Ueber die Beziehungen des Blutes zum erregten Sauerstoff. Dieses Archiv Bd. X. S. 483—500.

**) A. Schmidt, Ueber Ozon im Blute. Dorpat, 1862. Verlag v. Karow.

***) Schönbein, Ueber das Verhalten des Blutes zum O. Sitzungsber. d. Acad. d. Wissensch. zu München, 1863. I. S. 274—291.

perchen, sei es derjenigen der Blutflüssigkeit verbraucht werden müsse. Andererseits aber deducirte er, dass dennoch die Blutkörperchen das Vermögen hätten, gewöhnlichen O in negativen Θ , Ozon, und positiven Θ , Antozon, zu zerlegen; ersteres solle sofort auf die angegebene Art verschwinden, und das letztere mit dem Blutwasser HO_2 bilden, welches durch die Blutkörperchen umgehend wieder zerlegt werde. Sehen wir von diesen und weiteren Deductionen ab, so bleiben als sichere Thatsachen: 1) dass die rothen Blutkörperchen Ozonträgern das Ozon entziehen und auf zugefügte Ozonreagentien übertragen können (His); 2) dass die rothen Blutkörperchen sehr begierig Ozon absorbiren unter Bildung von CO_2 und bald erfolgnder Zerstörung (His, A. Schmidt); 3) dass sie HO_2 zersetzen, unter Entwicklung von freiem gewöhnlichen O und ebenfalls rasch eintretender Zerstörung; 4) dass dieselben unter geeigneten Bedingungen für sich schon Ozonreactionen geben, d. i. Guajaktinctur und angesäuerten Jodkalium-Stärkekleister bläuen.

HO_2 enthält nach Schönbein Antozon, das für sich die Guajaktinctur nicht bläut. Gewisse Substanzen, wie z. B. Platin oder rothe Blutkörperchen bewirken jedoch eine Bläuung des Gemisches von HO_2 und Guajaktinctur. Schönbein selbst nimmt an, dass hierbei das Antozon des HO_2 ($= \text{HO} + \Theta$) in Ozon (Θ) verkehrt werde und mit dem Θ des zunächst liegenden HO_2 -Moleküls zu gewöhnlichem frei entweichenden O sich verbinde. Tritt nun während dieses Actes Bläuung der Harzlösung, d. h. Ozonreaction auf, so muss man annehmen, dass ein Theil des aus Θ entstandenen Θ nicht auf die nächst liegenden HO_2 -Moleküle trifft, sondern auf solche des Harzes, und folgerichtig muss weiter geschlossen werden, dass ein dritter Theil weder auf das Harz, noch auf das HO_2 , sondern auf die oxydirbaren organischen Bestandtheile der Blutkörperchen selbst trifft, die dabei unter Entfärbung zerstört werden. Dem entspricht auch das, was in Wirklichkeit beobachtet werden kann: beim Zusammentreffen von Guajaklösung, HO_2 und Blut, entweicht unter Schäumen freier O, das Harz wird gebläut, und die Blutkörperchen werden zerstört. Es ist nun leicht ersichtlich, dass die von Schönbein gefundenen Thatsachen und auch der Gang der Prozesse, wie ihn sich derselbe vorstellt, nicht

gegen die Schlüsse von A. Schmidt gerichtet werden können. Bilden die rothen Blutkörperchen in Berührung mit Luft, oder aus dem vom Blute absorbirten O fort und fort Ozon und HO_2 und aus dem letzteren Antozonid auch noch Ozon, so muss in allen Zeitmomenten disponibles Ozon vorhanden sein, das durch hinzugefügte Ozonreagentien, besonders durch das so empfindliche Guajakharz gleichsam abgefangen werden kann.

Aus diesen bereits vorhandenen Thatsachen könnten wir uns folglich den Schlüssen A. Schmidt's ohne Bedenken anschliessen, da dieselben keine inneren Widersprüche enthalten. Allein A. Schmidt theilt selbst in seiner Schrift (S. 29) einen Umstand mit, der uns bedenklich machen musste gegen die Annahme seiner Ansichten.

Bekanntlich kann dem Blute aller O entzogen werden durch Schütteln mit Kohlenoxyd, und die übereinstimmenden Untersuchungen von Bernard, Hoppe, Lothar Meyer und Nawrocky haben dargethan, dass solches Blut ebensowenig O wieder aufzunehmen vermag, als man ihm das CO wieder entziehen kann und dass genau ein Volumen CO ein Volumen O aus dem Blute verdrängt. Das O-freie und CO-haltige Blut bläut indessen nach Schmidt's Verfahren mit einem kaum verdunsteten Tropfen Guajaktinctur auf Fliesspapier zusammengebracht, das Harz ganz intensiv, gibt also, obgleich es nachweislich gar keinen O enthält, eine Ozonreaction. Wir haben diesen Versuch oft mit demselben Resultate angestellt, und stets auch mit solchem Blute, das mittelst des Hoppe'schen Verfahrens *) vor dem Spectralapparate auf seine völlige Sättigung mit CO geprüft war, eine intensive Bläuung erhalten, die nicht selten sogar auch dann noch eintrat, wenn wir das Blut mit der Tinctur in grösseren Mengen in einem Glasröhrchen zusammenbrachten. In Betreff der Prüfung des Blutes auf die Sättigung mit CO sei hier bemerkt, dass man dasselbe nur hinreichend verdünnt in einem Hämatinometer vor den Spalt des Spectralapparates zu stellen braucht, hierauf die Begrenzung der beiden zwischen den

*) F. Hoppe-Seyler, Erkennung der Vergiftung mit Kohlenoxyd. Centralbl. f. d. med. W. 1863. No. 4. S. 52—53.

Fraunhofer'schen Linien D und E liegenden dunklen Absorptionsstreifen im Spectrum durch die in demselben gesehenen Scalatheilstriche beobachten muss, und dann zusieht, ob ein Zusatz der von Stokes angegebenen reducirenden Mischung aus Eisenvitriol, Weinsteinsäure und überschüssigem Ammoniak an den Streifen irgend welche Veränderung hervorbringt. Die Stokes'sche*) Eisenoxydul-lösung ist der Anwendung des Schwefelammoniums trotz ihrer dunkelgrünen Farbe vorzuziehen, da sie das Blut rascher desoxydirt. Nur wenn die ursprünglichen Absorptionsstreifen dieselbe Breite behalten und besonders wenn zwischen ihnen keinerlei Beschattung des Spectrums auftritt, kann man sicher sein, dass aller O durch das CO ausgetrieben ist. Wie erwähnt, gibt nun auch dieses Blut die schönste Ozonreaction. Wir haben in allen unseren Versuchen nur das Guajakharz verwendet, und nicht die beiden anderen von Schmidt angegebenen Reactionen, mit angesäuertem Jodkaliumstärkekleister und Indigolösung, weil einmal die Guajaktinctur von allen Reagentien bei Weitem das empfindlichste ist, und weil wir andererseits Bedenken gegen die Zuverlässigkeit der beiden anderen Reagentien hegen mussten. Angesäuertes Jodkaliumstärkekleister zersetzt sich auch bei Abwesenheit von Jodsäure schon am Lichte und ist ausserdem zugleich ein Reagens für Nitrite und die Entfärbung oder Verfärbung einer Indigolösung durch das Blut können wir deshalb nicht als beweisend für eine stattgehabte Ozonwirkung erachten, weil der Nachweis fehlt oder jedesmal erst zu führen wäre, dass der Indigo nicht etwa reducirt wurdẽ, wodurch er bekanntlich ebenso seine Farbe einbüsst, wie bei der Oxydation.

Zunächst schien es uns des durch die Versuche mit dem CO-haltigen Blute erstandenen inneren Widerspruchs wegen durchaus erforderlich, den Versuch zu machen, die An- oder Abwesenheit des Ozons im Blute auf eine andere Weise, als bisher versucht, darzuthun. Gibt sauerstoffreies Blut dieselben Ozonreactionen, wie O-haltiges, so beweisen alle diese Reactionen natürlich auch für das Letztere Nichts. Wir mussten versuchen, wo möglich den

*) G. G. Stokes, Philos. Magazine. Vol. 28. No. 190. Nov. 1864. S. 391.

O ganz aus dem Blute zu entfernen, um an dem entweichenden Gase selbst den Ozongehalt nachzuweisen.

Nach vielem Hin- und Herexperimentiren mit Apparaten von der verschiedensten Anordnung haben wir schliesslich die Untersuchung in folgender Weise ausgeführt.

Ein grosser mehrere Litre fassender Ballon von weissem Glase wurde durch einen breiten Kork verschlossen, der von 4 Röhren durchbohrt wurde. Die erste Röhre reichte bis auf den Boden des Ballons und hatte die Bestimmung CO_2 , H oder CO zuzuführen, die zweite Röhre endete einige Centimeter oberhalb des Bodens des Ballons und war aussen mit einem entschwefelten Kautschukschlauch verbunden, der mittelst einer Canüle in Communication mit der Carotis eines grossen Hundes gesetzt werden konnte. Eine dritte 1 Ctm. im Lumen weite Glasröhre ging durch die Mitte des Korkes und sollte dazu dienen einem mit Guajactinctur befeuchteten Papierstreifen den Durchgang in die über dem Blute befindlichen Gase zu gestatten. Zu dem Ende trug die Röhre an ihrem unteren Ende innerhalb des Ballonraumes eine erweiterte horizontale Rinne, die durch eine Pipette mit empfindlicher Guajactinctur gefüllt werden konnte, während der Papierstreifen an einem Platindraht, der durch einen die Röhre oben verstopfenden Kork auf und ab verschiebbar war, beim Vorbeigehen an der Rinne sich mit der Harzlösung benetzen konnte. Das vierte Rohr, das hart unter dem Korne abgeschnitten war, hatte den Zweck die Gase aus dem Ballon herauszuleiten. Unser Plan bestand darin, das Blut direct aus der Carotis in einen durch CO_2 , H oder CO von atmosphärischem O vollständig befreiten Raum gelangen zu lassen und unter fortwährendem Einleiten der den Blutsauerstoff austreibenden Gase dicht über dem Blute die Ozonreaction vorzunehmen an einem Papiere, das ebensowohl wie die Guajactinctur selbst längere Zeit zuvor durch den Strom eines anderen Gases von anhaftendem O der Luft gereinigt war. Da man bekanntlich kein Ozon über Körke oder durch Kautschukschläuche ohne beträchtlichen Verlust leiten kann, so konnte kein anderes Verfahren, als dieses Aufschluss geben, bei welchem das Ozonreagens recht eigentlich in der Blutatmosphäre angebracht war. Um den Inhalt des

Ballons auf die vollständige Reinigung von atmosphärischer Luft prüfen zu können, wurden die aus dem vierten Rohre ausströmenden Gase noch durch eine Flasche geführt, deren Boden mit fester reiner Pyrogallussäure bestreut war, während ein innen gegen die Glaswände angelehntes mit mässig verdünnter Natronlauge gefülltes Röhrchen jeden Augenblick umgestossen werden konnte, so dass die Natronlösung auf die Pyrogallussäure floss. War der Ballon O-frei, so trat jetzt nur eine schwache Röthung des pyrogallussäuren Natrons ein, das im entgegengesetzten Falle rasch intensiv gebräunt wurde. Mit Hülfe dieses Prüfungsmittels überzeugten wir uns zunächst, dass die Reinigung des grossen Ballons von Luft nur mit einem Gase völlig gelang, nämlich nur durch längeres Durchleiten von CO_2 . Trotz sonst nicht nachweisbarer Undichtigkeiten des Apparats gelang sie mit Wasserstoffgas niemals.

Der Versuch wurde nun in folgender Weise ausgeführt. Wir füllten durch Ansaugen an einer der Glasröhren das mit dem Kautschukschlauch und der Carotidenkanüle zusammenhängende Rohr bis an seine Mündung mit Wasser und verschlossen den Schlauch mittelst einer Klemmschraube. Auf den Boden des Ballons wurden kurze Glasstäbe gebracht, mit denen das Blut zum Zweck des Defibrinirens geschüttelt wurde. Dann wurde durch das erste Glasrohr ein rascher CO_2 Strom eingeleitet, der anfangs seinen Weg an dem Papierstreifen, dem Platindraht und der mit Guajakinctur gefüllten Rinne vorbei nehmen musste, und später nach dem Verschluss des mittleren weiten Glasrohres durch die mit Pyrogallussäure versehene Prüfungsflasche weiter ging. Nachdem die CO_2 2 Stunden durch den Apparat gegangen war, sties- sen wir das dort befindliche kleine Natronröhrchen um, und überzeugten uns an dem Ausbleiben der Bräunung, von der völligen Beseitigung der atmosphärischen Luft aus dem Apparate. Der Papierstreifen wurde nun durch Vorbeischieben an der vorhin beschriebenen Rinne mit Guajakinctur benetzt, bis zu einer ziemlichen Tiefe in den Kolben hinabgehängt. Gleichzeitig war die mit dem Kautschukschlauch verbundene Kanüle in die Carotis eines sehr grossen Hundes gebracht, so dass nach Entfernung einer Klemmpincette einige Pfunde arteriellen Blutes im raschen Strome

in den Ballon übertreten konnten. Inzwischen wurde dieser so geschwenkt, dass das Blut durch die umherrollenden Glasstäbe gründlich defibrinirt wurde, die Klemme am Schlauche wieder geschlossen und während einiger Minuten CO_2 in raschem Strome durch das Blut getrieben, bis dasselbe eine nicht zu intensive venöse Farbe angenommen hatte. Dabei zeigte sich kaum eine Veränderung an dem vorgelegten pyrogallussauren Natron und keinerlei Farbenveränderung an dem Guajakpapier. Mittelst eines vor der Waschflasche des CO_2 Apparats eingeschalteten T-Rohres ersetzten wir jetzt den CO_2 Strom durch gut gereinigtes CO-Gas, das wir aus einem Gasometer zutreten liessen, während der CO_2 -Apparat entfernt wurde. Augenblicklich nahm das Blut die bekannte hellrothe Farbe an, und an dem pyrogallussauren Natron konnte auch sehr bald die beginnende Austreibung des Blutsauerstoffs bemerkt werden. Nichtsdestoweniger war an dem Ozonreagens keine Spur einer Bläuung zu sehen. Die Guajaktinctur trocknete während der Dauer des Versuches im Rohre und auf dem Papierstreifen allmählig ein, aber weder an den Rändern noch sonst irgendwo liess sich auch nur die leiseste Spur einer Grünfärbung oder gar einer Bläuung wahrnehmen. Andererseits war jedoch die Tinctur so empfindlich, dass ein damit gleichzeitig befeuchteter Papierstreifen im Laboratorium frei aufgehängt, besonders bei beginnender Eintrocknung und dann hauptsächlich an den Rändern eine schwache Bläuung zeigte. Auch bei erneuerter Befeuchtung des Papierses mit den noch in der Rinne vorhandenen Resten der Guajaktinctur trat keine Reaction ein, obgleich wir das Durchleiten des CO bis zur Sättigung des Blutes fortführten.

Offenbar ist das negative Resultat des Versuches nicht ohne Weiteres geeignet die Frage über den Ozongehalt des Blutes bündig zu beantworten; während ein positives Resultat, wie leicht ersichtlich, die Sache erledigt haben würde. Es sei uns darum gestattet, den Werth unseres Resultates einer eingehenderen Ueberlegung zu unterziehen. Wir müssen zunächst bemerken, dass wir Versuche dieser Art in der aller verschiedensten Weise in grosser Zahl angestellt haben, mit und ohne CO_2 , oder mit CO_2 allein, mit CO_2 und H, mit H allein und mit H und CO oder mit

dem letzteren allein. Wir können diese Versuche ohne Bedenken hier mit anführen, weil sie trotz ihrer Mängel, besonders wegen der durch kein Gas, ausser der CO_2 , nie erreichten völligen Reinigung des Apparates von den letzten Spuren atmosphärischer Luft, nie ein positives Resultat, nie eine Bläuung des Guajakpapiers erzielen liessen. Der erste Gedanke, welcher sich aufwirft, ist der, dass derjenige Theil des Blutsauerstoffs, welcher ozonisirt, also besonders zu Oxydationen geschickt ist, die austreibenden Gase selbst sogleich oxydirt habe, so dass also für das Ozonreagens Nichts mehr übrig blieb. Diess würde für den H und das CO gelten können, nicht für die CO_2 ; der H könnte zu HO, das CO zu CO_2 oxydirt worden sein. Ueber Oxydation von H durch Ozon stehen uns keine eigenen Erfahrungen zu Gebote. Dieselben konnten für uns auch kaum von Interesse sein, da die völlige Austreibung des O aus dem Blute durch einen H-Strom sehr bezweifelt wird und da man ferner mit Recht bezweifelt, ob bei der Veränderung des Blutes durch H ebenso wie durch CO_2 , überhaupt eine wirkliche Austreibung, d. h. eine Entfernung des O in den abziehenden Gassstrom stattfindet. Für das CO, von dem man besonders durch die Versuche von Nawrocky weiss, dass dasselbe genau so viel O aus dem Blute austreibt, als man durch gründliches Auspumpen mit der Ludwig'schen Gaspumpe gewinnen kann, haben wir besondere Versuche angestellt. Wir haben unsere Aufmerksamkeit weniger darauf gerichtet, ob überhaupt Spuren von Ozon nachweisliche CO_2 -Mengen aus CO bilden *), als vielmehr darauf, ob das CO die Erkennung von Ozonspuren verhindert. Eas Letztere ist entschieden nicht der Fall. Lässt man nämlich in eine über Quecksilber befindliche Quantität von

*) Diese Frage scheint durch Versuche von Boussingault (Compt. rend. T. LVIII. No. 18. S. 777) schon in dem Sinne entschieden zu sein, dass das Ozon allerdings bei längerer Einwirkung sowohl H wie CO oxydirt. In Gemischen von O und CO oder von O und H wird unter langsamer, tagelanger oxydirender Wirkung von Phosphor nicht nur der O absorbt, sondern es verschwindet auch ein Theil des H und des CO, letzteres unter Bildung von CO_2 . Höchst wahrscheinlich handelt es sich in diesen Versuchen um Wirkungen des Ozons, das bei der langsamen Oxydation des Phosphors aus dem O entsteht.

reinem CO, einen Papierstreifen, der mit Guajaktinctur getränkt ist, hinaufsteigen, so genügt schon die an dem Papiere anhaftende Luft, um mitten in dem Gase die deutlichste Bläuung zu erzeugen. Man braucht das Gas und das Papier nur durch Schleudern des Quecksilbers in der Glasröhre stark hin und her zu bewegen, um binnen kurzem eine ganz intensive Bläuung der Harzlösung eintreten zu sehen. Auf keinen Fall findet also eine hier irgend in Betracht kommende Oxydation des CO statt. Eine ganz andere Frage ist es aber, ob diese nur bei Gegenwart von Quecksilber, Spuren von Luft, Kohlenoxyd und Papier beobachteten Reactionen übertragbar sind für die Verhältnisse im Blute. Es wäre immerhin denkbar, dass eine Oxydation des CO im Blute dennoch stattfinde, so lange noch ein Rest von O neben dem CO im Blute existirt. Aus den bekannten Versuchen lassen sich freilich hierüber nur Andeutungen ableiten. Wir erinnern in dieser Beziehung an die Beobachtungen von Nawrocky *), der beim Behandeln des Blutes mit CO, trotz der gleichen O-Menge immer eine etwas grössere CO₂-Menge erhielt, als beim Auspumpen des Blutes in der Ludwig'schen Gaspumpe ohne Verwendung des CO, ferner an die wahrscheinliche Vermehrung der CO₂-Ausscheidung bei Thieren, die nur mässig mit CO vergiftet worden **), an das unzweifelhafte Verschwinden des CO aus dem Blute lebender Thiere bei unzureichender Vergiftung, und endlich an das eben so unzweifelhafte und durch die im Eingange erwähnte Hoppe'sche Methode der Untersuchung des durch die Blutlösung veränderten Spectrums, leicht nachzuweisende, schon nach einigen Tagen erfolgende Verschwinden des CO im Blute, das nicht völlig damit gesättigt war. Genug, bei Ueberlegung aller dieser Thatsachen wird man vor der Hand den Gedanken aufgeben müssen, das Ozon im gasförmigen Zustande aus dem Blute zu gewinnen. Bekanntlich

*) F. Nawrocky, Ueber die Methoden den Sauerstoff im Blute zu bestimmen. Studien des Physiol. Inst. zu Breslau, von Heidenhain. 2. Heft. S. 144—167. Leipzig, 1863.

**) W. Pokrowsky, Ueber die Vergiftung mit Kohlenoxydgas. Dieses Archiv XXX. S. 525—568.

hat ja auch His in dieser Richtung nur negative Resultate erhalten. Allein wir glaubten unsere Versuche, bei denen wir uns des einzigen Gases bedienten, durch welches überhaupt der Blutsauerstoff ausgetrieben werden kann, nicht unerwähnt lassen zu dürfen. Wenn man nur Luft durch das Blut leitet, oder die über dem Blute stehende Luft mit Ozonpapieren prüft, wie diess vor der neuesten Epoche in der Kenntniss der Blutgase geschehen ist, so kann natürlich kein Resultat erwartet werden. Ein Ersatz für das CO ist vorläufig nicht denkbar, und wir brauchen wol nur daran zu erinnern, dass Versuche mit der Hg-Gaspumpe nicht anzustellen sind, da der entweichende Blutsauerstoff durch die Reibungen des Quecksilbers an den Glaswänden bekanntlich ozonisirt wird.

Wir kommen nun auf die Frage zurück: wie es möglich ist, dass durch CO des Sauerstoffs gänzlich beraubtes Blut immer noch deutliche Ozonreactionen zeigt.

A. Schmidt führt unter seinen Versuchen einige auf, welche bei Abschluss des O in einer CO₂-Atmosphäre angestellt wurden: auch so noch sollte das Blut auf Guajakpapier gebracht eben so deutliche blaue Flecken hervorbringen. Wie leicht einzusehen, müssen solche Versuche mit ausserordentlicher Vorsicht angestellt werden, denn wenn mit Bestimmtheit behauptet werden soll, der atmosphärische O sei nicht mit betheilt an den erhaltenen Reactionen, so muss man bei der grossen Empfindlichkeit dieser zugleich noch ein zweites Prüfungsmittel besitzen, das darüber belehrt, ob wirklich jegliche Spur atmosphärischer Luft, während der Versuchsdauer ausgeschlossen blieb. Wir glaubten diesen Anforderungen am besten durch die gleich zu beschreibenden Vorrichtungen entsprechen zu können.

Von einer etwa 500 Ccm. fassenden Flasche aus weissem Glase wurde der Boden abgeschnitten und durch den im Halse befindlichen Kork zwei unten spitz ausgezogene oben mit kurzen Kautschukschläuchen versehene Röhren geführt. Ausserdem mündeten in die Flasche noch ein Gas zuleitendes und ein ableitendes Rohr. An den Kautschukschläuchen befanden sich Klemmen 3 Ctm. über dem Ende der Glasröhren, mittelst derer sie luftdicht verschlossen wurden. Dieser glockenförmige Apparat war in eine Schale mit

Quecksilber eingesenkt, in welcher sich ein den Röhrenmündungen gegenüberliegender, breiter, über das Quecksilber hervorragender, mit einer Glasplatte bedeckter Kork eingekittet befand. Auf der Glasplatte war ein Stück trocknes Fliesspapier ausgespannt. Jetzt wurde die Gas einleitende, bis auf das Quecksilber herabreichende Röhre mit einem CO_2 -Entwicklungsapparate verbunden, die das Gas ausführende Röhre in Wasser geführt und nun $\frac{3}{4}$ Stunden lang ein lebhafter CO_2 -Strom durch den Apparat getrieben. Während dieser Zeit liessen wir durch Oeffnen der Klemmen und gleichzeitiges Verschliessen des Abzugrohres mehrere Male die CO_2 durch die pipettenartig ausgezogenen Röhren entweichen, füllten dann die eine mit Guajaktinctur, die andere mit frischem, halb mit Wasser verdünnten Rindsblut und wuschen auch diese Flüssigkeiten wiederholt mit CO_2 aus. Nach Ablauf von $\frac{3}{4}$ Stunden glaubten wir, dass der Sauerstoff aus der Glocke ganz vertrieben sein würde und liessen nun durch Drücken an den Kautschukschläuchen einen Tropfen Guajaktinctur auf das Papier hinabfallen, und als dieser an den Rändern etwas zu trocknen anfang, einen Tropfen Blut dazu. Die Röhren waren so gestellt, dass sich die beiden auf dem Papier angelangten Tropfen in ihrer Ausbreitung auf dem Fliesspapier berühren mussten. Dabei ging der CO_2 -Strom fortwährend durch den Apparat. Es trat in kurzer Zeit ein intensiv blauer Ring um den Blutstropfen ein.

Um indessen die volle Sicherheit zu haben, dass wirklich aller Sauerstoff aus der Glocke vertrieben sei, so wurde durch den Kork noch ein drittes zugespitztes Rohr gezogen, diess mit verdünnter Natronlösung gefüllt, und mittelst einer Biegung in einen auf den Rand des Korkes in der Quecksilberschale aufgekitteten kleinen Tiegel geführt, auf dessen Boden ein Haufen von Pyrogallussäure-Krystallen lag. Jetzt wurde wieder $\frac{3}{4}$ Stunden lang CO_2 durch den Apparat geleitet, die Röhren und die Flüssigkeiten damit ausgewaschen und nun durch Druck an den Kautschukschlauch der Natronröhre dieses in den Tiegel geträpelt. Die Pyrogallussäure nahm nur einen ganz schwachen röthlichen Ton an zum Zeichen, dass der Experimentirraum O -frei war. Als jetzt von Neuem zuerst ein Tropfen Guajaktinctur, und dann ein Tropfen

des Rindsblutes auf das Papier gelangten, trat ebenfalls eine sehr intensive Bläuung um die Ränder des Letzteren auf.

Wir haben auch diese Versuche statt mit CO_2 mit H angestellt, allein selbst nach stundenlangem Durchleiten dieses Gases wollte es uns nie gelingen, den O soweit zu entfernen, dass das pyrogallussaur Natron ganz ungebräunt blieb. In dem Bestreben den Apparat auch für die Anwendung dieses Gases geschickt zu machen, wurde derselbe dahin abgeändert, dass statt der geraden Röhren solche von der Gestalt eines N angewandt wurden. Am inneren Ende waren die Röhren zugespitzt, am äusseren mit Kautschukschläuchen und Klemmen versehen. In diese Röhren konnte man viel Flüssigkeit hineinbringen, diese tüchtig mit den Gasen von der Glocke her auswaschen, während durch die grössere Flüssigkeitssäule dem Eindringen atmosphärischer Luft von oben her noch mehr Hindernisse bereitet wurden, als bei den kurzen geraden Röhren. Dieselben wurden nun gefüllt mit frischem defibrinirten halb mit Wasser verdünnten Hundsblut, durch welches 6 Stunden lang Kohlenoxydgas geleitet worden war, mit sehr empfindlich reagirender Guajakinctur, und mit verdünnter Natronlösung. Im Tiegel lag Pyrogallussäure. Das angewendete Kohlenoxydblut gab in atmosphärischer Luft eine starke Reaction auf Guajakpapier und färbte die darauf gegossene Guajakinctur selbst dunkel grünbläulich. Nun wurde Kohlensäure in starkem Strome eine Stunde lang durch den Apparat getrieben. Dabei liessen wir wiederholt die trockenen Röhren von der Kohlensäure durchströmen, füllten sie dann mit den Flüssigkeiten und wuschen auch diese tüchtig mit Kohlensäure aus. Nach Verlauf einer Stunde wurde in einer kleinen Flasche, aus welcher ein Kautschukschlauch mit eingefügtem nach vorn spitz zulaufendem Glasrohr hervorging, ebenfalls Kohlensäure entwickelt, die Glasspitze in die obere Oeffnung des Kautschukschlaches auf der Natronröhre gesteckt und nach Oeffnung der Klemme durch diesen kleinen Kohlensäurestrom die Natronlösung in den Tiegel getropft. Die Pyrogallussäure blieb farblos. Da somit dargethan war, dass kein Sauerstoff mehr im Apparat sich befand, tropften wir mittelst derselben kleinen Kohlensäure-Entwickelflasche auch die Guajakinctur, und als diese

auf dem Papiere zu trocknen begann das Blut hinab. Es trat keine Spur einer blauen Färbung ein. Der Kohlensäurestrom ging noch immer langsam durch den Apparat. Nach $\frac{1}{2}$ Stunde brachten wir noch einen Tropfen Guajaktinctur und einen Tropfen Blut auf das Papier, und es trat wieder keine Färbung ein. 5 Minuten später und noch ehe die Guajaktinctur ganz trocken wurde, öffneten wir den Apparat und liessen etwas Luft eindringen. Bald bildete sich ein feiner bläulicher Schimmer um den Blutstropfen. Jetzt bliesen wir die Kohlensäure aus dem Apparat hinaus und liessen ihn sich mit Luft füllen, worauf schnell der die Guajaktinctur berührende Rand des Blutstropfens sich mit einem stark blauen Ringe umgab. Zugleich färbte sich auch das in dem Tiegel enthaltene Gemisch von Pyrogallussäure und kohlensaurem Natron intensiv braun; was auch bei allen folgenden Versuchen stets gleichzeitig geschah.

Derselbe Versuch wurde mit demselben Kohlenoxydblut noch 2 Mal stets mit ganz demselben Erfolg wiederholt. Es war dabei immer sehr überraschend, wie der Zutritt der Luft sofort um den Blutstropfen, an dem vorher keine Spur einer Bläuung zu bemerken war, einen intensiv blauen Ring hervorrief.

Der zuletzt beschriebene Apparat wurde mit verdünntem Hundsblut (1 Theil auf 9 Theile destillirtes Wasser), durch welches eine Stunde lang ein Kohlensäurestrom geleitet worden war, gefüllt. Dieses Blut gab an der Luft sehr deutliche Reaction mit Guajakpapier. Nach $\frac{3}{4}$ stündigem Durchleiten von Kohlensäure durch den Apparat färbte sich die Pyrogallussäure beim Zulassen der Natronlösung nicht braun. Jetzt wurden mit der kleinen Kohlensäure-Entwickelflasche 2 Tropfen Guajaktinctur und als diese zu trocknen anfang, ein Tropfen Blut hinabgedrängt. Diess gab bis nach 10 Minuten keine Färbung. Nun wurden wieder einige Tropfen Guajaktinctur und einige Tropfen Blut hinabgetröpfelt. Jetzt trat ein schwacher aber deutlich erkennbarer blauer Ring um das Blut ein, welcher als Luft in den Apparat gelassen wurde, einen tief blauen Ton annahm.

Durch dieselbe Verdünnung von 1 Theil Hundsblut mit 9 Theilen Wasser wurde 2 Stunden lang Kohlensäure geleitet, dann

der Apparat mit CO_2 gefüllt und nun das Experiment wie eben geschildert ausgeführt. Bei 4 Tropfen Blut trat keine Reaction ein; erst bei 10 Tropfen Blut zeigte sich ein schwach blauer Ring. Als Luft in den Apparat gelassen wurde, erschien die Bläuung bald deutlicher und nach stärkerem Einblasen von Luft in denselben wurde der Ring um das Blut tief dunkelblau.

Wir müssen zu unserem Bedauern hinzufügen, dass die eben genannten Versuche bei Anwendung von Wasserstoff nicht zu demselben Resultate führten. Der Apparat hatte darin unseren Voraussetzungen nicht entsprochen, denn die sogleich eintretende blaue Farbe auch an den mit CO gesättigten Bluttheilen, so wie die gleichzeitig unverkennbar entstehende Bräunung an der Pyrogallussäurelösung zeigten, dass immer noch O-Spuren im Apparate zurückgeblieben waren. Es scheint eben unmöglich, Apparate von der hier nöthigen Complication für den so leicht diffundirenden H vollständig zu dichten. Uebrigens sprechen die angeführten Versuchsergebnisse deutlich genug. In einer O-freien Atmosphäre erzeugt mit CO gesättigtes Blut niemals eine Bläuung des Guajakpapiers, während mit CO_2 ziemlich gesättigtes Blut darin die Reaction um vieles schwächer zeigt, als in O-haltiger Luft. Die hieraus zu ziehenden Schlüsse ergeben sich leicht.

Wenn auch mit CO gesättigtes Blut völlig O-frei ist und unfähig ist O zu absorbiren, so besitzt dasselbe doch noch die Fähigkeit O, mit dem es in Berührung tritt, zu ozonisiren. Solche rothe Blutkörperchen, oder, wie wir gleich hinzufügen können, solches Hämoglobin (reine wässrige Hämoglobinlösungen geben durchaus dieselben Resultate, wie das Blut selbst), verhalten sich also gegen den O ganz so wie fein vertheiltes Platin; sie ozonisiren den O, ohne selbst dabei eine Veränderung zu erfahren. Hieraus erklärt sich zugleich die auffällige Thatsache, dass CO -haltiges Blut in der Regel die Schmidt'schen Ozonreactionen noch intensiver zeigt, als normales Blut, sowie dass dieses Blut beim Schütteln mit Guajaktinctur so oft die schönste Bläuung erzeugt, was, wie bekannt, mit dem Blute vor der Sättigung mit CO nur ausnahmsweise eintritt.

Besitzen nun die rothen Blutkörperchen die Fähigkeit O zu ozonisiren, so wird man es begreiflich finden, dass diese Wirkung sich auch auf den gewöhnlich im Blute enthaltenen, sowohl auf den grösseren chemisch gebundenen Antheil, wie auf den kleineren einfach absorbirten Theil desselben erstreckt. Dies erhellt deutlich aus der Bläuung des Guajakharzes bei Abwesenheit aller Luft, und aus der unverkennbaren Abschwächung dieser Reaction nach theilweiser Entfernung des Blutsauerstoffs durch CO_2 .

So auffallend es scheinen muss, dass das Ozon, wie ältere Versuche gelehrt haben, begierig von den rothen Blutkörperchen absorbirt wird, und dennoch stets eine für die Ozonreagentien disponible Menge dieses O übrig bleibt, so gestatten doch unsere Versuche keinen anderen Schluss, sie deuten aber vielleicht darauf hin, dass die Ozonisation des Blutsauerstoffs nicht so energisch und geschwind geschieht, wie man sie sich für die Erklärung der Oxydationen im Thierkörper gern vorstellen möchte.

Was wir oben zur Erklärung des Misslingens aller Versuche, ozonisirten Sauerstoff aus dem Blute auszutreiben, gesagt haben, findet in unseren letzten Versuchen vielleicht einen neuen Anhalt.

So bleibt schliesslich der ganze Nachweis des Ozons im Blute leider auf eine einzige Reaction, auf die keineswegs genügend ergründete Bläuung des Guajakharzes beschränkt. Wir können nicht umhin am Schlusse zu bemerken, dass jede unserer Folgerungen von der Voraussetzung der Zuverlässigkeit dieser Reaction ausgehen musste.
