

XV.

Ueber Ozon im Blute und die Einwirkung desselben auf das Blut.

Von Dr. D. Huizinga,

Assistenten am physiologischen Laboratorium in Groningen.

I.

Eine der am meisten charakteristischen Eigenschaften des Ozons ist die, dass es in kurzer Zeit und bei gewöhnlicher Temperatur Oxydationen veranlasst, die der gewöhnliche Sauerstoff entweder nur sehr langsam oder nur bei erhöhter Temperatur zu Stande bringt. Dasselbe aber ist der Oxydation im thierischen Organismus eigen, bei wenig erhöhter Temperatur werden die verschiedensten Stoffe schnell und vollständig oxydirt.

Ist vielleicht ein Zusammenhang zwischen diesen beiden Oxydationen aufzufinden?

Es lag auf der Hand, die Antwort auf diese Frage vor Allem zu suchen im Blute, dem Sauerstoffträger des Organismus. Wenn der Beweis geführt werden könnte, dass das Blut seinen Sauerstoff in einem stärker oxydirenden Zustande enthält, so war schon viel gewonnen.

Zu diesem Zwecke liess His*) die gebräuchlichsten Ozonreagentien, Guajak und Jodkalium, auf Blut einwirken. Er schüttelte Blut mit Guajaktinctur, er brachte Blut mit Jodkaliumkrystallen auf einen dicken Kleister, er setzte mit den Reagentien getränktes Papier einem durch Blut streichenden Luftstrom aus; bekam aber keine Ozonreaction.

Al. Schmidt nahm die Frage wieder auf**). Zuerst zeigte er, dass der als Lösungsmittel des Guajaks angewendete Alkohol störend einwirkt durch Veränderung des Blutes selbst. Ein Papier nämlich, das mit Guajaktinctur getränkt war und den Alkohol durch

*) Arch. f. path. Anat. X. 483.

**) Ueber Ozon im Blute. Dorpat, 1862.

Verdampfen verloren hatte, zeigte um einen auf dasselbe gebrachten Blutstropfen einen blauen Rand. Schmidt studirte diese Erscheinung ferner und fand, dass eine ziemliche Verdünnung des Blutes (5—10fach) sie am intensivsten hervorrief. — Auch bediente er sich des Jodkaliumkleisters, der ebenfalls Vorsicht erheischte, zur deutlichen Reaction. Die Entstehung nämlich des Jodamylums wird in eiweisshaltiger Flüssigkeit gehindert oder wenigstens erschwert, da das Jod auch von Albuminaten gebunden wird und zwar stärker als von Amylum. Daher wird auch eine wässrige, mit Serum oder Blut versetzte Jodlösung von Kleister nicht gebläut. — Den hauptsächlichen Versuch mit Jodkaliumkleister stellte Schmidt in folgender Weise an: er säuerte einen Kleister aus 1 Th. KJ, 10 Th. Amylum und 1200 Th. Wasser, mit Salzsäure an. Nach 24 Stunden war dieser gebläut. Nun theilte er die Flüssigkeit in drei Portionen, zu der einen kam Nichts, zu der zweiten 2 Tropfen Blutserum, zu der dritten 2 Tropfen Blut. No. 2 und 3 entfärbten sich sogleich, durch Bindung des Jods an Albuminate. Nach weiteren 24 Stunden war jedoch No. 3 wieder blau geworden und zwar dunkler als No. 2, während No. 1 farblos geblieben war.

Aus diesen und anderen Versuchen schliesst Schmidt auf die Anwesenheit des Ozons im Blute.

Eine interessante, von Schmidt gefundene, aber nicht weiter verfolgte Thatsache untersuchten Kühne und Scholz*). Nach Schmidt bläut das durch CO sauerstofffrei gemachte Blut das Guajakpapier ebenso gut wie gewöhnliches sauerstoffhaltiges Blut. Aus den Versuchen von Kühne und Scholz hierüber stellte sich nun heraus, dass O-haltiges Blut in einer CO₂ Atmosphäre das Guajak oxydirt, dagegen O-freies Kohlenoxydblut diess nur thut, wenn es Sauerstoff in seiner Atmosphäre vorfindet.

Lewisson**) behauptete einen Gehalt des Blutes an Ozon, indem er sich darauf stützte, dass Schwefelwasserstoff durch Blut oxydirt wird.

Pokrowsky***) endlich wendete das Kohlenoxyd als Reagens

*) Arch. f. path. Anat. XXXIII. 96.

**) Arch. f. path. Anat. XXXVI. 15.

***) a. a. O. XXXVI. 482.

an und fand, dass das Blut diess Gas nicht oxydirt, woraus er auf die Nichtexistenz des Ozons im Blute schliesst.

So weit die bisher gemachten Untersuchungen. Wie steht nun die Sache für das Blutozon? — —

Eine Thatsache steht fest: Tränkt man einen Streifen Filtrirpapier mit frisch bereiteter Guajakinctur und lässt den Alkohol abdampfen, so wird ein auf das Papier gebrachter Blutstropfen sich nach $\frac{1}{2}$ — 5 Minuten mit einem mehr oder weniger intensiv blauen Rande zeigen. Dieser Versuch gelingt mit verschiedenen Blutarten (Mensch, Hund, Kaninchen, Rind, Schaf, Schwein), am besten, wenn das Blut mit 10 — 15 Vol. Wasser verdünnt ist.

Rührt nun diese blaue Farbe her von einer Oxydation des Guajaks durch Ozon, es sei denn im Blute von vornherein enthalten oder im Augenblick der Oxydation erst gebildet?

Zur Beantwortung dieser Frage müssen die Bedingungen, unter denen die Reaction stattfindet, in Betracht gezogen werden. Erstens spielt dass Papier hier eine nicht unbedeutende Rolle. Auf einer glatten Oberfläche nämlich (Porzellan, Glas) gelingt die Reaction nicht. Ebenso wenig gelingt sie (allenfalls viel schwächer), wenn das Papier auch nur einigermaassen geleimt war. Dagegen wird Guajak, auch ohne Zusatz von Blut, allmählich gebläut auf grobem Filtrirpapier, Thonzellen, Kreide u. s. w. Die Porosität der Oberfläche scheint also die Oxydation sehr zu beeinflussen*). Zwar geschieht sie viel schneller bei Anwesenheit von Blut, als ohne dieselbe, jedoch gibt es verschiedene Substanzen, die das Blut in dieser Hinsicht ersetzen können, z. B.:

a) Nimmt man statt Blut eine Lösung von Eisenvitriol, so ist die Erscheinung ganz dieselbe, nur erscheint der blaue Rand etwas langsamer.

b) Manganoxydulhydrat, aus Mn SO_4 durch KHO frisch niedergeschlagen und in neutraler Flüssigkeit suspendirt, bewirkt unmittelbar die blaue Färbung des Guajakpapiers.

c) Leinöl bläut beim Trocknen das Papier intensiv.

d) Auf frischen Durchschnitten von Pflanzentheilen (Apfel, Kartoffel, Rübe, Rettig, saftigen Stengeln u. s. w.) oxydirt sich das

*) Vgl. Pokrowsky a. a. O.

Guajak schnell. Schnitte, die an der Luft braun geworden sind, wirken viel schwächer.

e) Chromsäure, doppeltchromsaures Kali, Chamäleon u. s. w. oxydiren das Guajak ebenfalls intensiv.

Die Gruppe a bis d umfasst nun Substanzen, die leicht Sauerstoff aufnehmen, die Gruppe e solche, welche denselben leicht abgeben. Zu welcher von beiden gehört nun das Blut?

Der obengenannte Schmidt'sche Versuch lehrt, dass die hier in Betracht kommende Substanz sich in den Blutzellen befinden muss. Und wenn von den Bestandtheilen dieser die Rede ist, liegt es wohl zunächst, an das Hämoglobin zu denken. Hämoglobin (aus Hundeblood) verhält sich auch, wie der directe Versuch lehrt, in dieser Hinsicht gerade so wie Blut. Hämoglobin aber ist eine Substanz, die bekanntlich in beide Gruppen gehört; man bedenke nur, wie leicht das Oxyhämoglobin seinen Sauerstoff an reducirende Körpern abgibt, wie leicht das sauerstofffreie wieder zu Oxyhämoglobin wird.

Die Erscheinung des blauen Randes um den Blutstropfen kann sich also folgenderweise erklären lassen:

1. Das sauerstofffreie Hämoglobin nimmt atmosphärischen Sauerstoff auf; dabei wird das Sauerstoffmolekül in seine beiden Atome gespalten, von denen das eine sich an das Hämoglobin bindet, das andere entweder sogleich in Statu nascenti das Guajak oxydirt oder nachdem es vorher mit einem anderen Sauerstoffmolekül Ozon gebildet hat.

2. Das Oxyhämoglobin enthält seinen Sauerstoff in einem solchen Zustande, dass er leicht das Hämoglobin verlässt und andere Stoffe oxydirt.

Versuche mit O-freiem und O-haltigem Hämoglobin lehrten mich, dass beide gleich schnell und intensiv färben; vielleicht also wirken beide Ursachen. Die Thatsache, dass Oxyhämoglobin das Guajak bläut in O-freier Atmosphäre, spricht für die zweite Möglichkeit, die, dass Kohlenoxydhämoglobin die Bläuung hervorruft in O-haltiger Atmosphäre, spricht für die erste. Zwar nimmt das CO-Hämoglobin keinen Sauerstoff auf zur Bildung von Oxyhämoglobin, aber wohl zu seiner eigenen Oxydation.

Schönbein*) erklärt die Erscheinungen bei der Einwirkung

*) Sitzungsab. d. Akad. zu München. 1863. I. 274.

des Sauerstoffs auf das Blut auf andere Weise. Nach ihm wird der neutrale Sauerstoff durch die Blutzellen polarisirt und in Ozon (Θ) und Antozon (Θ) zerlegt, das Ozon binde sich nun an Hä-moglobin (oder theilweise an Guajak, wenn dieses zugegen ist), und das Antozon bilde mit dem Wasser des Blutes Wasserstoff-peroxyd. Die Blutzellen zerlegen dasselbe aber sogleich und ver-kehren das Antozon in Ozon, das seinerseits wieder oxydiren kann, oder mit dem Antozon eines H_2O_2 Atomes neutralen Sauer-stoff bilden kann.

In letzter Instanz ist diese Hypothese abhängig von der Frage: entsteht bei jeder Oxydation Ozon und Antozon? Obgleich ich mir die Competenz zur endgültigen Entscheidung dieser Frage, den umfassenden und genialen Untersuchungen Schönbein's gegen-über, bei weitem nicht anmaassen will, scheint es mir hier doch am Orte, den Versuch zu machen, zu zeigen, dass man bei den genannten Erscheinungen (Oxydation des Blutes und anderer leicht oxydirbarer Stoffe) der Antozonhypothese nicht nothwendig zur Erklärung bedarf.

Eine starke, wenn nicht die hauptsächliche Stütze der Schön-bein'schen Hypothese ist die Thatsache, dass bei vielen Oxy-dationen, wo Wasser zugegen ist, (Phosphor, Zink, Cadmium, Blei u. s. w.) H_2O_2 auftritt. Dasselbe verhält sich bekanntlich in mancher Hinsicht anders als Ozon, und bildet mit Ozon neutralen Sauerstoff und Wasser. Schönbein nimmt daher im H_2O_2 und einigen anderen Peroxyden (seine Antozonide) das zweite O Atom als permanent positiven Sauerstoff an, der sich mit dem perma-nent negativen Sauerstoff des Ozons und anderen hoch oxydirten Körpern (seine Ozonide) zu neutralem Sauerstoff verbindet. Aber das Verhalten eines Sauerstoffatoms in einer Verbindung hängt nicht nur ab von dem Atome allein, sondern auch von den Ato-men, woran es gebunden ist. Wenn Ozon betrachtet wird als O_3 , die Verbindung eines O-Moleküls mit einem O-Atom, so lässt sich H_2O_2 betrachten als hydrogenirtes Ozon, Ozon, worin O durch H_2 ersetzt ist, oder als Ozon, worin das Sauerstoffmolekül O_2 durch ein Wassermolekül H_2O ersetzt ist. Und diese Substitution wird gewiss das chemische Verhalten der Substanz beeinflussen.

Wie kann aber bei der Oxydation des Zinks durch Sauer-stoff und Wasser H_2O_2 entstehen? Hier kommen in Berührung

Zinkmoleküle Zn^*), Wassermoleküle H_2O , und Sauerstoffmoleküle O_2 . Die Oxydation findet nicht statt ohne Gegenwart des Wassers. Es müssen Zinkoxydhydratmoleküle gebildet werden $\text{Zn H}_2\text{O}_2$. Zur Bildung eines solchen Moleküls wird erfordert 1 Mol. Zink, 1 Mol. Wasser und 1 Atom Sauerstoff. Ein Sauerstoffmolekül muss also gespalten werden, und es bleibt 1 O-Atom übrig, in Statu nascenti activ, das seine Verwandtschaft früher äussern kann, als es diess als Theil eines Moleküls thun konnte. Diess freie Atom wird nun sich binden entweder an 1 Mol. $\text{Zn} + 1 \text{ Mol. H}_2\text{O}$, oder an 1 Mol. Sauerstoff, oder an eine Mol. Wasser. Welches von den dreien stattfinden wird, hängt natürlich vom wechselseitigen Verhalten der Moleküle und von anderen Nebenumständen ab. In diesem Falle entsteht, wie der Versuch lehrt, H_2O_2 d. i. $\text{H}_2\text{O} + \text{O}$.

Man könnte jedoch einwenden: activer, erregter, nascirender Sauerstoff bildet mit Wasser kein H_2O_2 . Trockener, ozonisirter Sauerstoff kann Stunden lang durch Wasser streichen, ohne dass in demselben H_2O_2 nachweisbar ist. Allerdings ist dem so; aber ist man denn berechtigt, nascirenden Sauerstoff und Ozon für identisch zu halten?**) Meines Erachtens keineswegs. Denn das durch Spaltung eines O-Moleküls entstandene freie O-Atom (der Sauerstoff in statu nascenti) wird erst zu Ozon, wenn es sich mit einem Sauerstoffmolekül verbindet. Aus der Thatsache, dass Ozon (O_3) mit H_2O kein H_2OO bildet, darf man noch nicht folgern, dass O (das aus einem Molekül freiwerdende Atom) diess ebensowenig vermögen sollte. Ueberdiess lässt es sich experimentell zeigen. Wenn man Sauerstoff über Wasser ozonisirt und zwar so, dass die elektrische Entladung möglichst nahe an der Oberfläche des Wassers stattfindet, so ist nach einiger Zeit H_2O_2 im Wasser nachweisbar***). Dass Ozon das Wasser nicht zu H_2O_2 oxydirt, lässt sich also daraus erklären, dass das an ein O-Molekül gebundene O-Atom, diess nicht verlassen kann, um zum Wassermolekül überzugehen.

Der Zweck dieser Auseinandersetzung war nur zu zeigen, dass

*) Bemerkenswerth ist es, dass die Metalle, welche bei ihrer Oxydation H_2O_2 liefern (Zn , Cd , Pb u. s. w.) zu denjenigen bivalenten Metallen gehören, deren Molekulargewicht dem Atomgewichte gleich ist, deren Molekül demnach aus einem Atome besteht.

**) Wie u. A. Houzeau es thut. Compt. rend. XL. 947. XLV. 573.

***) Meissner, Sauerstoff, 156.

die Erscheinungen der genannten Oxydationen, sich einigermaassen erklären lassen, auch ohne wie Schönbein im gewöhnlichen Sauerstoff einen positiven und einen negativen Bestandtheil anzunehmen, mit allen den Consequenzen dieser Hypothese, wenn man nur den gewöhnlichen Sauerstoff betrachtet als aus zweiatomigen Molekülen bestehend, welche sich bei der Oxydation des Blutes und anderer Stoffe in ihre Atome spalten.

Wie steht es nun schliesslich mit der Antwort auf die Frage, von der wir ausgingen? Enthält das Blut Ozon?

Räthlich ist es meines Erachtens, diese Frage nicht geradezu zu bejahen. Guajakpapier bläut sich durch Blut; Ozon thut diess, gewöhnlicher Sauerstoff nicht, wenigstens nicht augenblicklich. Aber viele oxydirende Substanzen thun es ebenfalls. In dieser Hinsicht muss also mit demselben Rechte als im Blute, Ozon auch in diesen, z. B. in Chromsäure und Chamäleon angenommen werden. Durch eine solche Annahme aber würde der Begriff des Ozons zu viel erweitert werden, und sich von der gewöhnlichen Definition, die diesen Namen nur auf das auf elektrischem oder anderem Wege gewonnene Gas beschränkt, zu weit entfernen.

Wie aber, wenn man sagt: das Blut ozonisirt den Sauerstoff, mit welchem es in Berührung kommt?

Wenn diess bedeuten soll, dass bei der Sauerstoffaufnahme des Blutes Ozon (O_2O) entstehe, so antworte ich, dass erstens: diess Auftreten noch nicht constatirt ist, (denn alle auf Ozon im Blute gemachten Reactionen lassen sich ebensogut auf nascirenden Sauerstoff beziehen); und zweitens: dass diess Auftreten durch das negative Resultat der Pokrowsky'schen Versuche und durch die unten anzuführenden deletären Wirkungen des Ozons auf das Blut sehr unwahrscheinlich wird.

Fasst man diese Ozonisirung auf als Spaltung eines O-Moleküls und Auftreten eines freien Atoms, so ist diese Auffassung wieder eine unstatthafte Erweiterung des gewöhnlichen Begriffes, welcher Ozonisirung nur da anerkennt, wo Ozon (O_2O) entsteht.

En resumé: Wenn man sich der Deutung anschliesst, welche die heutige Chemie den Begriffen „Ozon“ und „Ozonisirung“ gibt, so ist es nicht statthaft, von im

Blute enthaltenem, oder durch das Blut gebildetem Ozon zu reden.

Ueber den sogenannten „Ozontransport“ des Blutes kann ich hier nur vereinzelte Notizen geben, einen Erklärungsversuch wage ich noch nicht.

Durch Prof. van Dan's Versuche*) haben sich folgende That-
sachen herausgestellt:

Eisenvitriol wirkt in dieser Hinsicht wie Blut.

Coagulation durch Kochen oder Alkohol hindert den „Ozon-
Transport“ nicht.

Hämatin und Hämin „transportiren Ozon“.

Zu diesen habe ich noch folgende zu setzen:

Manganoxydulhydrat und schweflige Säure verhalten sich
wie Eisenvitriol.

Weder Serum noch Fibrin wirken „ozonübertragend“.

Kohlenoxydhämoglobin wirkt wie Oxyhämoglobin.

Saure oder alkalische Reaction hindern die Wirkung nicht,
Stark alkalisch darf die Flüssigkeit nicht reagiren, weil viel freies
Alkali die Bläuung des Guajaks überhaupt hindert.

II.

Um die Einwirkung des Ozons auf das Blut zu studiren,
stellte ich es im Wesentlichen nach Meissner**) dar, aus trockenem
Sauerstoff mittelst electrischer Entladungen. Bemerken will ich
nur Folgendes:

Der Sauerstoff ward aus Chlorkalk und Chlorkobalt nach
Fleitmann***) dargestellt. Der von Stolba†) empfohlene Ge-
brauch des Parafins zur Verhütung des Ueberschäumens gereicht die-
ser Methode zum wesentlichen Vortheil. — Das Gas wurde möglichst
vollkommen getrocknet. — Der inducirende Strom ward geliefert
von 4 Chromelementen; die Schlagweite war $2\frac{1}{2}$ — 3 Cm. — Zur
Ozonisirung diente der Siemens'sche Apparat††). — 1 Liter des er-

*) Ned. Tydschr. voor Geneesk. 1861. 625.

**) Unters. üb. d. Sauerstoff.

***). Ann. d. Chem. u. Pharm. CXIV. 64.

†) Journ. f. pr. Chem. 97. 309.

††) Poggend. Ann. 1857. XII. 66. 120.

haltenen ozonhaltigen stickstofffreien Sauerstoffs entsprach 0,010—0,012 Grm. Jod. — Der Gasstrom ward durch Wasserdruck mittelst eines Gasometers bewirkt und auf 1 Liter pr. $\frac{1}{2}$ Stunde regulirt. Mit dem Siemens'schen Apparate ward nun mittelst eines Meissner'schen Helmes*) das Kölbchen mit der Blutlösung verbunden, und mit diesem ein Kölbchen mit pyrogallussaurem Alkali, um der Verbreitung des Ozons in das Zimmer vorzubeugen. Vor jedem Versuche ward Sauerstoff durch alle Apparate getrieben, um Luft zu entfernen und so die Entstehung von salpetriger Säure zu verhüten. Es braucht wohl nicht erwähnt zu werden, dass alle Kautschukverbindungen ausgeschlossen waren.

Streicht nun der ozonhaltige Sauerstoffstrom durch verdünntes Blut (1 Vol. + 10 Vol. H_2O oder 20 Vol. H_2O), oder durch eine Hämoglobinlösung (es sei Kohlenoxydhämoglobin oder Oxyhämoglobin), so beobachtet man Folgendes: In den ersten Augenblicken wird die rothe Flüssigkeit braunschwarz, bald aber beginnt sie unter Trübung sich aufzuhellen. In dem Maasse als diese Trübung zunimmt, wird die Farbe heller, bis man nach 4—6 stündiger Einwirkung eine hellgelbe Flüssigkeit hat mit einem grauweisen, flockigen Niederschlage. Dieser Niederschlag ist unlöslich in Wasser, Essigsäure und verdünnter Kalilauge, löst sich nur in kochender concentrirter Kalilauge und diese Lösung gibt mit Kupfersulfat die für Albuminate charakteristische violette Färbung. Die Flüssigkeit, vom Niederschlage befreit, enthält noch Spuren von Eiweiss. Durch wiederholte Einwirkung des Ozons trübt sie sich noch ein Wenig, und die Farbe wird noch etwas heller, doch ganz farblos und eiweissfrei konnte ich sie nicht bekommen.

Die Ozoneinwirkung wird nun unterbrochen. Die Flüssigkeit, worin das Eisen durch Salzsäure und Ferrocyankalium direct nachweisbar ist, wird durch Kochen von den letzten Eiweiss Spuren befreit, zum Trocknen auf dem Wasserbade verdampft und der Rückstand mit kochendem Weingeist extrahirt. Diese Lösung wird verdampft, der Rückstand in wenig Wasser gelöst. Hieraus scheiden sich beim Eindampfen sehr charakteristische, radial gestreifte Kugeln und Knollen von Leucin ab**). — Harnstoff ist nicht nachweisbar.

*) Meissner, a. a. O. 19.

**) Eine chemische Prüfung konnte wegen der kleinen Quantität noch nicht ausgeführt werden.

Nimmt man das Blut oder die Hämoglobininlösung so verdünnt, dass die beiden Absorptionsstreifen im Spectrum deutlich sind, und lässt dann Ozon hindurchstreichen, während man die Flüssigkeit in kleinen Zeitintervallen spectroscopisch untersucht, so findet man, dass die Streifen sogleich erblasen und bald (1—2 Minuten nach begonnener Einwirkung) gänzlich verschwunden sind, ohne dass vorher der Hämatinstreif auftritt.

Die Untersuchung des concentrirteren sehr dunkel gefärbten Blutes im Beginne der Einwirkung zeigt das ganze Spectrum absorbirt bis auf das äusserste Roth. Durch Verdünnen der Flüssigkeit hellt sich das Spectrum auf, ohne dass jedoch ein Absorptionsstreif auftritt. Diess Dunkelwerden rührt also nicht von Hämatinbildung her.

Die durch Ozon entfärbte Flüssigkeit absorbirt keine bestimmte Strahlen des Spectrums, und bläut eine Mischung von Guajak-tinctur und Wasserstoffperoxyd nicht, hat also das Ozonübertragungsvermögen verloren.

Das Hämatin ist gegen Ozon viel resistenter als Hämoglobin. Mit Essigsäure behandeltes Blut der Ozoneinwirkung unterworfen, zeigt den Hämatinstreif noch sehr lange. Nach $\frac{3}{4}$ —1 Stunde ist derselbe noch deutlich, auch ist die Trübung viel geringer und schreitet langsam fort. Endlich jedoch verschwindet der Streif und die Flüssigkeit wird nach und nach entfärbt, bis auch hier Eisen mit den gewöhnlichen Reagentien direct nachweisbar ist.

Wasserstoffperoxyd hat auf Blut oder Hämoglobin vollkommen dieselbe Einwirkung als Ozon, die Lösung muss aber schwach sauer sein. Setzt man zu verdünntem Blute, das die beiden Streifen deutlich zeigt, eine neutrale H_2O_2 -Lösung, so sind die Streifen nach 24 Stunden noch unverändert, während sie durch eine (sehr schwach) saure H_2O_2 -Lösung in 1—2 Minuten verschwinden, auch hier, ohne dass vorher Hämatin entsteht. — Leucin und Eisen ist auch in diesem Blute nachweisbar. — Schon eine sehr schwache Lösung von H_2O_2 genügt hierzu. Das angewendete H_2O_2 war dargestellt aus Baryumperoxyd und Kohlensäure, war Baryt-frei und enthielt in 10 Ccm. 0,0272 Grm. H_2O_2 , nach der Filtrirung mit Chamäleon.

Die Untersuchung über die Einwirkung des Ozons auf Blut-

zellen ward angestellt vermittelt einer aus Glas gefertigten Gaskammer. Dieselbe bestand aus einem gläsernen Ringe, dessen beide Ränder flach abgeschliffen waren, und in welchen einander gegenüber zwei Röhren mündeten. An der unteren Seite war der Ring verschlossen durch ein mit Wasserglas und Schelllack angekittetes Deckglas. Der Blutstropfen wurde, rein oder in Humor aqueus suspendirt, an die untere Fläche eines Deckglases gebracht, das, am Rande mit Fett bestrichen, auf den Ring aufgedrückt wurde, wodurch die Kammer geschlossen war. Die Untersuchung (wobei wieder ein Endkolben mit pyrogallussaurem Kali die Verbreitung des Ozons in das Zimmer verhütete) ergab Folgendes:

Froschblutzellen werden durch Ozon energisch alterirt. Man kann sich die Einwirkung kaum schnell genug denken. Man sieht die gelben Blutkörper mit dem mehr oder weniger sichtbaren Kerne, plötzlich (ein Paar Secunden nach Beginn der Ozoneinwirkung) sehen sie wie bei beginnender Wassereinwirkung aus; sie schwellen etwas auf. Dieses Stadium dauert aber höchstens eine Secunde, auf einmal blitzt der Kern auf, und die ovalen Körper zeigen sich im Nu vollkommen farblos, mit glänzendem, stark körnigem Kerne, und mit feinem, kaum wahrnehmbarem Contour. Bald wird nun auch das entfärbte Stroma ergriffen, es erscheint wie angefressen, es wird kleiner und bekommt unregelmässige Umrisse, endlich ist auch diess verschwunden und nur der Kern ist übrig geblieben. Dieser wird auch bei weiterer Einwirkung nur wenig alterirt, eine eigentliche Auflösung des Kernes habe ich nie gesehen, wenigstens nicht nach 2 — 3 stündiger Einwirkung des (allerdings schwach) ozonhaltigen Gases.

Die runderen Blutzellen (wie sie in jedem Präparate vorkommen) sind etwas resistenter als die ovalen.

Noch resistenter sind die farblosen; ihr Kern wird etwas glänzender und stärker körnig; zuweilen (doch selten) spaltet er sich in 2 bis 3 kleinere. Sonst konnte ich keine Veränderung an ihm bemerken.

Säugethierblutkörperchen, dem Ozon ausgesetzt, werden ebenfalls schnell angegriffen und entfärbt. Genauere Beobachtungen hierüber habe ich jedoch noch nicht angestellt, da ich die Versuche mit Ozon für einige Zeit habe unterbrechen müssen.