



Experimentelle Studien

über die

Vergiftung durch Kohlenoxyd, Methan und Aethylen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

vorgelegt

der hohen medicinischen Facultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn

am 6. Juli 1885

von

Franz Lüssem,

approb. Arzt.



Berlin 1885.

Gedruckt bei L. Schumacher.

I.

Casuistisches.

Die in der Ueberschrift genannten Gase sind mit dem Wasserstoff die Hauptbestandtheile des Leuchtgases, wenn auch nur das eine von ihnen, das Aethylen, eine besondere Leuchtkraft besitzt.

Das Leuchtgas gehört heute zu den am häufigsten und gefährlichsten werdenden und darum auch ärztlich wichtigsten giftigen Gasen; fast jede grössere Stadt mit Gasbeleuchtung hat jährlich Fälle von leichteren oder schwereren Leuchtgasvergiftungen zu verzeichnen.

Die Berichte über derartige Intoxicationen datiren schon aus den ersten Jahren der allgemeinen Anwendung des Leuchtgases. In Wien, wo 1828 in der Vorstadt Rossau eine kleine Gasfabrik angelegt wurde, kam 1830 bereits eine Vergiftung vor: zwei Personen hatten die Nacht über in einem Zimmer geschlafen, in welches aus einem offen gelassenen Brenner Gas ausgeströmt war. Man fand sie Morgens asphyktisch.

1841 wurde in Strassburg eine ganze Familie durch Eindringen von Gas in die Wohnung getödtet¹⁾. Hierbei muss aber auffallen, dass die Giftigkeit des Leuchtgases um diese Zeit noch nicht allgemein anerkannt wurde.

Thakrah hielt 1831 noch das Gas für durchaus unschädlich²⁾. Ebenso hat Nied, um dieselbe Zeit Arzt an einer Gasfabrik Wiens, noch

¹⁾ Innhäuser, Ueber Leuchtgas etc. Zeitschr. d. K. K. Ges. d. Aerzte zu Wien. 1852. S. 420.

²⁾ Hüber, Mittheilungen über Gasbeleuchtung. Zeitschr. der K. K. Ges. der Aerzte zu Wien. 1852. S. 435.

keine Krankheit gesehen, die durch Athmen von Leuchtgas hervorgerufen worden sei¹⁾.

Abgesehen hiervon schrieben doch die meisten Toxicologen jener Zeit dem Gase positiv schädliche Wirkungen zu und zählten es zu den narcotischen Giften. Hüber giebt schon die nähern Symptome der Vergiftung an: Schwäche, Betäubung, erschwertes Athmen, hier und da Erbrechen, Gefühllosigkeit, Scheintod.

Die Casuistik der Gasvergiftung bietet manche Eigenthümlichkeiten.

Viele Fälle kommen gerade in Häusern vor, die keine Gasleitung besitzen; das Gas hat sich aus undicht gewordenen Strassenleitungsrohren unter der Erdoberfläche hin nach anliegenden, oft auch nach weit entfernten Wohnhäusern verbreitet.

Hierhergehörige Beispiele finden sich in der Literatur zahlreich.

Bekannt ist eine von Dr. Ruggèro Cobelli mitgetheilte Vergiftung der Familie Caimi in Roveredo²⁾. Das Gas, einer schadhaften Stelle der Leitung entströmt, hatte sich durch eine beiderseits beworfene Mauer den Weg zur Wohnung der Caimi gesucht und hierbei eine Strecke von 10,44 m zurückgelegt. Die Vergiftung war schwerer Natur; zwei erwachsene Mädchen fand man leblos, die 53jährige Mutter derselben erholte sich unter Anwendung von Reizmitteln erst am dritten Tage.

Dr. Jacobs beschreibt³⁾ eine Vergiftung von drei Personen, wobei das Gas durch einen alten Abzugscanal 50 Schritte weit bis in das Schlafzimmer der Betroffenen gedrungen.

Bei einem anderen Falle, worüber Dr. C. Biot in Mâcon berichtet⁴⁾, betrug die Strecke von der Ausströmungsstelle bis zur Vergiftungsstätte 80 m.

Merkwürdig ist es weiter bei derartigen Vergiftungen, dass sie fast ausnahmslos im Winter zur Zeit grösster Kälte stattfinden. Die drei vorgenannten Fälle passirten alle im Winter, als der Erdboden gefroren war.

Aus München theilt Pettenkofer⁵⁾ 20 Fälle mit, die sich auf folgende Monate vertheilen: Oct. 5, Dec. 2, Jan. 3, Febr. 8, April 2; die Sommermonate blieben frei.

Für diese Thatsache hat man Erklärungen gesucht. Einmal wurde der zur Winterzeit bei der Länge der Abende länger dauernde Druck für den Austritt grösserer Gasmengen, als im Sommer bei gleicher Weite der Austrittsstelle dieses möglich, angesprochen. Eine andere Ansicht war die, dass der gefrorene Boden nach oben kein Gas durchdringen lasse; es könne sich daher nur horizontal verbreiten und trete an nicht

¹⁾ Hüber, l. c.

²⁾ Zeitschr. f. Biol. 1876. S. 420.

³⁾ Berl. klin. Wochenschr. 1874. S. 322.

⁴⁾ Bull. de Thérap. XCVIII. S. 507.

⁵⁾ Nord und Süd. 1884. Januarheft S. 33.

gefrorenen Stellen, also in erwärmten Wohnungen aus der Erde. Beide Erklärungen haben nach Pettenkofer keine Geltung; er begründet die Eigenthümlichkeit der Gasverbreitung auf andere Weise¹⁾. Danach wirken erwärmte Wohnungen nach Art von Schröpfköpfen ansaugend auf die Bodenluft von niederer Temperatur; da die erwärmte Luft in den Häusern verdünnt ist, strömt die kalte und deshalb dichtere Grundluft nach dem verdünnten Luftraume zu. Enthält nun letztere etwa von einem Rohrbruch her Leuchtgas, so wird auch dieses zu den erwärmten Stellen hinziehen.

Welitschkowsky hat in Pettenkofer's Laboratorium diese schon früher ausgesprochene Erklärung durch Versuche bestätigt²⁾. Das durch eine senkrecht gestellte Röhre in den Boden eingeleitete Gas wurde durch andere gleich weit von der ersteren entfernte Röhren mit der Grundluft aus der Erde aspirirt; es fand sich die grösste Gasmenge in der dem erwärmten Kesselraume des Instituts zunächst befindlichen Röhre. W. kommt zu dem Schlusse, dass im Winter unter dem Einflusse der Temperaturdifferenz der äusseren Luft und der Keller- und Wohnungsluft, ungeachtet der stärkeren Ventilation des Bodens zur Winterzeit, immer eine mehr oder minder starke Strömung der Bodenluft in der Richtung der geheizten Räume existire.

Eine Ausnahme von der fast allgemeinen Regel, dass die durch Fortleiten des Leuchtgases im Erdboden bedingten Vergiftungen zur Zeit der grössten Kälte sich ereignen, bildet ein Fall von Leuchtgasintoxication, den ich selbst im Sommer 1883 hier in Bonn zu beobachten Gelegenheit hatte und den ich deshalb sowohl als auch wegen vieler anderer Besonderheiten an dieser Stelle ausführlich nach den Protokollen mittheilen möchte.

In einem Hause am Johanniskreuz hierselbst, dessen Parterreboden ca. 15 cm unter dem seitlichen Strassenniveau liegt, wurden am 18. Juni 1883 Morgens 6 Uhr drei Personen, die 54jähr. Frau N., ihr 20 Jahre alter Sohn Wilhelm N. und ihr Neffe H. im Alter von 16 Jahren, in ihren parterre und strassenwärts gelegenen, nicht unterkellerten, zwei durcheinandergehenden Schlafzimmern, deren Verbindungsthür geöffnet war, in völlig bewusstlosem Zustande aufgefunden. Die Eintretenden empfanden in beiden Räumen einen starken Leuchtgasgeruch, was um so mehr auffiel, als im Hause keine Gasleitung vorhanden war. Aber auch die Bewohner des anderen Theiles des Unterhauses hatten schon Abends vorher in ihren Zimmern nach der Strasse zu einen schwachen Gasgeruch wahrgenommen; ausserdem stellten sich schon damals bei ihnen Kopfschmerzen, Schwindelgefühl und mehrmaliges Erbrechen ein, weshalb sie, eine Einwirkung des Leuchtgases darin vermuthend, für die Nacht diese Räume, bisher ihre Schlafstellen, mieden und in Zimmern nach der Hofseite hin schliefen. Von zwei Kanarienvögeln, die in der inficirten Wohnung gelassen worden, lag Morgens der eine todt im Käfig, der andere lebte noch.

1) Sitzungsber. d. K. bayr. Acad. d. Wiss. 1883. H. 2. Sitzung vom 5. Mai.

2) Experimentelle Untersuchungen über die Verbreitung des Leuchtgases und des Kohlenoxyds im Erdboden. Arch. f. Hygiene. 1883. S. 210.

Man vermuthete nun eine Undichte des ca. 1 m unter dem Strassendam und 2,5 m vom Hause entfernt verlaufenden Hauptleitungsrohres von 10 cm Durchmesser. Die Revision ergab einen frischen vollständigen Bruch in einer Entfernung von 3 m Luftlinie von der Hausthür der in Rede stehenden Wohnung. Von hier aus hatte sich das Gas durch den aus Mauerabfällen und Ziegelstücken aufgeschütteten und kurz vorher durch Anlage eines Abzugscanals ziemlich unterhalb der Gasleitung gelockerten Boden nach dem Hause hin und besonders leicht zu den Schlafzimmern der Familie N., deren flache Grundmauern in dem lockern Boden errichtet waren, verbreiten können. Dazu zeigte der Fussboden der Schlafräume zwischen den Dielen beträchtliche Ritzen, die den Durchtritt des Gases aus der Erde in die Stuben ermöglichten.

Der letztgenannte H., welcher mit seinem Vetter in einem Bette geschlafen, welches in dem Raume die möglichst grosse Entfernung (6—7 m) von der Bruchstelle hatte, war, wie der von der medicinischen Klinik herzugeufene Arzt constatiren musste, dem Tode nahe. Der Puls war äusserst schwach, die Athmung setzte bereits aus, und die $\frac{1}{2}$ Stunde hindurch fortgesetzte künstliche Respiration hatte keinen Erfolg.

Die Frau N., die zwar der Gasquelle näher gewesen, aber in Folge des theilweisen Entweichens des Gases durch eine zerbrochene Fensterscheibe aus ihrem Zimmer vor dem sicheren Tode bewahrt worden, und ihr Sohn boten mehr Aussicht auf Rettung, wurden zur medicinischen Klinik gebracht und auf zwei luftigen Sälen nahe den geöffneten Fenstern gelagert.

Die Krankengeschichte der Frau N. ergibt Folgendes:

Bei der Aufnahme ist Patientin vollständig soporös, die Augen sind geschlossen, die Gesichtsfarbe zeigt keine besondere Veränderung. Der Gesichtsausdruck ist der einer ruhig Schlafenden. Beim Oeffnen der Augen findet man die Pupillen von mittlerer Weite und sehr gut auf Lichtreiz reagirend. Die Muskulatur des Rumpfes, besonders aber die der Arme und Beine ist stark contrahirt. Haut- und Sehnenreflexe sind nicht verändert. Der Puls ist sehr klein und leicht zu unterdrücken, die Frequenz beträgt 68 in der Minute. Die Athemzüge sind regelmässig und ziemlich ausgiebig, 22 in der Minute. Die Behandlung besteht in subcutanor Aetherinjection und Einflüssen von starkem Kaffee.

In diesem Zustande bleibt die Kranke den Tag über, ohne dass irgend eine Erschlaffung der contrahirten Muskeln eintritt. Besonders stark ist Abends die Contraction der Rückenmuskeln zu fühlen. Der Tetanus der Masseteren erlaubt ein gewaltsames Oeffnen des Mundes nur bis zur Fingerdicke. Der Puls hat sich etwas gehoben, die Athmung bleibt wie vorher, tief und regelmässig, die Temperatur ist $37,4^{\circ}$ C. Beim Anrufen schlägt Pat. die Augen auf, giebt aber keine Antworten. Die in mässigen Zwischenräumen auftretenden Contractionen der Flexoren an Armen und Beinen dauern noch fort. Herztöne und Athemgeräusche zeigen nichts Abnormes, ebenso ist am Abdomen keine Veränderung wahrzunehmen. Harn- und Stuhlentleerungen erfolgen unwillkürlich.

Am 19. Juni 5 Uhr Morgens ist Patientin wieder bei voller Besinnung; sie klagt nicht über irgend welche Schmerzen, aber sie empfindet eine grosse Müdigkeit und Steifheit der Glieder. Der Appetit ist gut. Die Körpertemperatur ist auf 38° C. gestiegen; Puls 60, Athmung 20. Im Uebrigen zeigt ihr Befinden während des Tages keine besondere Aenderung.

Am 20. Juni ist die Temperatur wieder auf $37,4^{\circ}$ gesunken und macht während der nächsten Tage keine abnormen Schwankungen. Der Puls hat sich auf 68 gehoben.

Die Kranke bleibt noch zwei Tage in klinischer Pflege und wird am 23. Juni als geheilt entlassen.

Der um dieselbe Zeit aufgenommene Wilh. N. erbricht sogleich im Krankensaale, und man nimmt in seiner Umgebung einen deutlichen Gasgeruch wahr. Dabei liegt er in bewusstlosem, soporösem Zustande; der Gesichtsausdruck ist ruhig, die Farbe des Gesichts leicht cyanotisch; die Augen sind geschlossen, und unter den Lidern sieht man die Bulbi in Nystagmus, in schnellerem und langsamerem Tempo sich bewegen. Beim Öffnen ist die Pupille mässig weit und reagirt prompt auf Lichtreiz; die Augenaxen stehen nach innen und oben. Ab und zu findet ein spontanes Zähneknirschen statt, öfters Tremor des ganzen Körpers, ähnlich einem leichten Schüttelfrost. Bei passiven Bewegungen entstehen leicht Contractionen in den gebeugten Armen und Beinen. Sehnen- und Sohlenreflexe sind normal. Urin und Fäces gehen unwillkürlich ab. Der Puls ist klein und weich, die Frequenz beträgt 116. Die Athemzüge erfolgen mässig tief und regelmässig, an Zahl 26.

Um 8 $\frac{1}{2}$ Uhr Morgens erhält Pat. subcutane Aetherinjectionen, starken Kaffee und Wein.

9 $\frac{1}{2}$ Uhr Vorm. ist der Zustand wesentlich derselbe. Beim Drücken einer Hautfalte an einem Arm entsteht ein lebhafter Tremor in beiden. Gewaltiges Öffnen des fest geschlossenen Mundes oder der Augenlider erzeugt Trismus. Streichen mit einem Fingernagel über die Haut ruft eine Cutis anserina hervor, an deren Stelle darauf ein mässig breiter rother Streifen sich bildet.

Um 11 $\frac{1}{2}$ Uhr Vorm. treten im Gesicht Schweißstropfen auf; Puls und Athmung haben sich wenig geändert.

Die Untersuchung 4 Uhr Nachmittags ergibt, dass Nystagmus und spontaner Trismus fortdauern, die Contractionen in den Armen sind stärker, aber wechselnd. Beim Anrufen schlägt Pat. die Augen auf; Tremor besteht nicht mehr. Der Puls ist gesunken auf 100, die Athmung auf 20. Die Körpertemperatur beträgt 38,3°. Der Harn ist klar, goldgelb, ohne Eiweiss und Zucker.

Um 8 Uhr Abends giebt der Kranke beim Anrufen kurze Antworten, weiss aber über seinen augenblicklichen Aufenthalt, sowie über das, was er am Abend vor der Vergiftung getrieben, Nichts anzugeben. Dabei klagt er über Schmerzen im Leibe. Leichte Contractionen der Masseteren, der Arme und Beine sind noch vorhanden. Die Untersuchung des Herzens, der Lunge und des Abdomens ergibt nichts Abnormes.

Am 19. Juni 5 Uhr Morgens beginnt der Kranke zu sprechen, ist bei vollem Bewusstsein, aber immer noch ist sein Erinnerungsvermögen auffallend geschwächt. Er klagt über Schmerzen im rechten Bein, und auf leichten Druck ist der N. ischiadicus rechts in seinem ganzen Verlaufe empfindlich. Die Zunge zittert beim Hervorstrecken und zeigt rechts vorn eine Bisswunde. Es bestehen keine Contractionen mehr, die Hautreflexe sind normal, die Sohlenreflexe aber etwas erhöht. Puls 64, Athmung 16, Temperatur 37,4°.

Am 20. Juni klagt Pat. über leichte Müdigkeit. Der Appetit ist gut, die Zunge leicht schmerzhaft. Die Pulsfrequenz beträgt 48, die Temperatur 37,5°.

Am 21. Juni wird der Kranke auf sein Verlangen entlassen.

Der Sectionsbefund von der Leiche des dritten Vergifteten, H., war folgender (10 $\frac{1}{2}$ Stunden nach dem Tode):

Form und äussere Beschaffenheit des Schädels zeigen nichts Abnormes. Beim Abheben des Schädeldaches quellen auf der Oberfläche der Dura mater zahlreiche Bluttröpfchen aus den Gefässöffnungen. Im Sinus longitudinalis ist ein dickflüssiges Blut; in den untersten Stellen desselben befinden sich einige kleine graue Flöckchen. Die Farbe des Blutes ist rothbraun. Die Rinde des Kleinhirns hat eine dunkel rosa-

rothe Farbe, weniger die des Grosshirns. In der weissen Substanz besteht nur eine mässige Gefässfüllung. In den engen Seitenventrikeln ist wenig, aber etwas röthlich gefärbte klare Flüssigkeit. Die Arterien der Gehirnbasis sind absolut leer, die Sinus an der Schädelbasis mit flüssigem Blute gefüllt.

Der ganze Rumpf bis auf die mittleren Stellen von Brust und Bauch, ferner die Arme und Hände, die Oberschenkel sind diffus rosaroth gefärbt. Keine Oedeme bestehen; der Körper, kräftig entwickelt, befindet sich in starker Todtenstarre. Panniculus adiposus ist sehr schwach, Muskulatur kräftig entwickelt, von der Farbe frisch geschlachteten Rindfleisches.

In der Brusthöhle ist die linke Lunge frei, wenig retrahirt. Im Pleuraraume sind einige Tropfen blasseröthlicher, klarer Flüssigkeit. Die rechte Lunge ist in ganzer Ausdehnung verwachsen. In dem ziemlich freiliegenden Herzbeutel sind einige Tropfen gleichfalls leicht röthlich gefärbter Flüssigkeit. Das Herz, von entsprechender Grösse, ist links fest contrahirt, rechts zwar starr, aber eingesunken. Beim Eröffnen der Vorhöfe fliesst dunkelbraunrothes, flüssiges Blut, mit kleinen grauen Flöckchen untermischt, aus. Der Klappenapparat ist beiderseits völlig entwickelt, die Muskulatur kräftig, starr und von frischer Farbe.

Die Schleimhaut des weichen Gaumens, der hinteren Rachenwand und des Zungenrückens ist rosaroth, die Hinterfläche des Kehldeckels aber intensiv braunroth. Kehlkopf und Trachea, stark hochroth, enthalten schaumige Flüssigkeit von ganz schwachröthlicher Farbe. In beiden Lungen findet sich stark lufthaltiges Oedem und reichlicher Blutgehalt.

Milz, Nieren und Leber sind sehr hyperämisch.

Magen und Darmcanal zeigen keine besondere Veränderung.

Wolffberg hat schon über den hier mitgetheilten Vergiftungsfall berichtet ¹⁾; nach seiner Ansicht war das Eindringen des Gases in die 3 m entfernte Wohnung zur warmen Jahreszeit dadurch ermöglicht, dass durch die gute Chaussirung und Macadamisirung der Strasse eine Entweichung des Gases direct von dem Rohrbruch nach oben gehindert wurde. Auf diesen Umstand glaubt er allgemein bei allen unter ähnlichen Verhältnissen stattfindenden Vergiftungen durch Leuchtgas Werth legen zu müssen.

Besondere Erwähnung verdient eine andere wiederholt beobachtete und experimentell festgestellte Thatsache. Es kommt nämlich vor, dass beim Durchströmen des Gases durch grössere Bodenschichten der charakteristische Geruch verloren geht. Das Gas wird dadurch ein noch gefährlicherer, heimtückischer Feind von Gesundheit und Leben, da bei Erkrankungen durch geruchloses Leuchtgas die Betroffenen und ihre Angehörigen selten oder zu spät auf die wirkliche Ursache kommen, um weiteren Gefahren ausweichen zu können. Häufig kann so auch von ärztlicher Seite Verwechslung mit anderen Krankheiten stattfinden.

Derartige Fälle sind zwei durch Pettenkofer bekannt geworden ²⁾; in dem einen hatte man alle deutlichen Symptome einer acuten Vergif-

¹⁾ Arch. f. Hygiene. 1883. S. 267.

²⁾ Populäre Vorträge. 1877. 1. Heft. S. 89—92.

tung, ohne dass Arzt noch Patient die Ursache ahnten bei dem fehlenden Geruch des Gases.

Auch Biefel und Poleck erwähnen¹⁾ eine Vergiftung mit tödtlichem Ausgange, bei der die Angehörigen nicht gleich auf die richtige Ursache geführt wurden, da in dem Zimmer kein Gasgeruch vorhanden, und die auch nicht weiter auffiel, da der Vergiftete ein hochbetagter Mann war. Erst in der dem Tode folgenden Nacht war der Geruch des Gases wahrzunehmen, welches inzwischen wieder die Söhne des Verstorbenen, die in dem Sterbezimmer des Vaters geschlafen, schwer afficirt hatte.

Vorgenannte Autoren machten in Betreff dieser Eigenthümlichkeit des Gases Versuche²⁾, welche bestätigten, dass der Boden die riechenden Bestandtheile des Gases (die schweren Kohlenwasserstoffe) bis zu einem gewissen Grade zurückzuhalten vermag. Die vollständige Absorption der Riechstoffe findet nur bei langsamem Durchgehen durch lange Erdschichten für eine Zeit lang statt. Ist der Boden einmal auf dieser Strecke damit gesättigt, so gehen dieselben mit den übrigen Gasarten wieder über.

II.

Kohlenoxyd, der wesentlich giftige Bestandtheil des Leuchtgases, in seiner Beziehung zum Blute; seine Austreibbarkeit durch Sauerstoff.

Während Leblanc zuerst zeigte³⁾, dass es sich bei der Kohlen-
dunstvergiftung um Beimengungen von CO handle, wiesen andere, namentlich Eulenberg⁴⁾, nach, dass bei der Leuchtgasvergiftung das CO ebenfalls der wirksame Bestandtheil sei. Der Gehalt des Gases an CO ist sehr verschieden, je nach dem angewandten Material (Steinkohlen, Holz, Harz, Erdöl) und je nach der Art der Darstellung (besonders nach dem zur Destillation benutzten Hitzegrade)⁵⁾. Das fast allgemein practisch verwendete Steinkohlengas enthält zwar gegenüber den aus anderen Stoffen dargestellten Gasarten am wenigsten CO, aber immerhin noch durchschnittlich 10 pCt., was bei der sehr grossen Giftigkeit dieses Gases den schädlichen Einfluss des Leuchtgases auf den Organismus bedingt.

Schon ganz geringe Mengen CO wirken pernicios. Genaue Unter-

1) Zeitschr. f. Biol. 1880. XVI. S. 314.

2) Ibid.

3) Recherches sur la composition de l'air confiné. Paris 1842.

4) Die Lehre von den schädlichen und giftigen Gasen. 1865. S. 31 u. 144.

5) Genauerer über Leuchtgasanalysen s. Maschka, Handb. d. gerichtl. Med. II. S. 341.

suchungen stellte Gruber hierüber an¹⁾. Er liess Kaninchen Luft athmen, die einen bestimmten Gehalt an CO hatte, und stellte so fest, dass Concentrationen von 0,2—0,4 pCt. die Thiere eine Zeit lang ohne Vergiftungserscheinungen athmen können; erst eine Luft mit über 0,4 pCt. CO brachte eine schnellere Vergiftung zu Stande. Als ganz unschädlich ergab sich bei den Versuchen eine Atmosphäre mit 0,02—0,05 pCt. CO. War das CO aus dem Leuchtgase durch Kupferchlorür absorbirt worden, so ertrugen Mäuse stundenlang eine 11 proc. Leuchtgasmenge der Luft beigemischt, abgesehen von einer geringen Betäubung, ohne irgend welche Beschwerde.

Wie wirkt nun das CO giftig? Hierüber sind die Ansichten getheilt; während die grosse Mehrzahl der Forscher (Bernard²⁾, Hoppe-Seyler³⁾, Friedberg⁴⁾, Pokrowsky⁵⁾ u. A.) die Sauerstoffverdrängung aus dem Blute als die hauptsächlich giftige Wirkung des CO ansehen und ihm jeden directen Einfluss aufs Centralorgan absprechen, legen andere, namentlich Klebs⁶⁾, Hauptgewicht auf die durch Atonie der Gefässmuskeln gesetzten Kreislaufstörungen und unterstellen so dem CO eine Art direct narcotischer Wirkung.

Die Veränderungen, die das CO im Blute, dessen Sauerstoff es moleculweise ersetzt, in hinreichender Menge aufgenommen bewirkt, sind für die gerichtlich-medicinische Diagnose der Kohlenoxydvergiftung von der grössten Wichtigkeit, weil in vielen Fällen dadurch allein der Nachweis der zur Wirkung gelangten Toxe möglich ist.

Bernard⁷⁾ und Hoppe-Seyler⁸⁾ entdeckten fast gleichzeitig besondere Eigenthümlichkeiten des CO-haltigen Blutes. Ersterer fand die hochrothe Blutfärbung durch CO; letzterer machte den Nachweis des CO im Blute durch die Natronprobe bekannt. (Bei Zusatz von Natron zu gewöhnlichem Blute erhält man eine schwarze, in dünnen Schichten grünlich-braune Masse. Ist CO vorhanden, so behält das Blut seine rothe Farbe).

Dazu machte Hoppe-Seyler 1862 die Entdeckung⁹⁾, dass das gewöhnliche Blut bei gewisser Verdünnung im Spectrum zwei Absorptions-

¹⁾ Ueber den Nachweis und die Giftigkeit des Kohlenoxyds und sein Vorkommen in Wohnräumen. Arch. f. Hygiene. 1883. S. 145.

²⁾ Leçons sur les anesthésiques etc. 1875. S. 455.

³⁾ Med.-chem. Unters. I. 1866. S. 119.

⁴⁾ Die Vergiftung durch Kohlendunst. 1866. S. 50 ff.

⁵⁾ Ueber die Vergiftung mit Kohlenoxydgas. Virchow's Archiv. Bd. 30. 1864. S. 525 ff.

⁶⁾ Virchow's Archiv. Bd. 32. S. 490.

⁷⁾ Leçons sur les substances toxiques. 1857. S. 172.

⁸⁾ Virchow's Archiv. Bd. 13. S. 104.

⁹⁾ Ueber das Verhalten des Blutfarbstoffs im Spectrum des Sonnenlichts. Virchow's Archiv. Bd. 13. S. 446.

streifen zwischen D und E zeigte, die, wie Stokes¹⁾ fand, bei Zusatz von Schwefelammonium schwinden, worauf dann ein breiter Streifen, genau dem hellen Theile zwischen beiden O₂-Absorptionsstreifen entsprechend, auftritt. 1864 erkannte²⁾ Hoppe-Seyler zwei ebensolche Streifen im Spectrum des verdünnten CO-haltigen Blutes, die, wie er 1865 neu entdeckte³⁾, durch Schwefelammonium nicht zum Verschwinden gebracht werden können.

Schon 1864 beobachtete dieser Forscher eine geringe Verschiebung des einen CO-Absorptionsstreifens gegen den entsprechenden O₂-Streifen (bei D) nach dem stärker gebrochenen Theile des Spectrums hin, was er 1867 für beide Streifen des CO-Blutes constatirte⁴⁾.

Fast allgemein ist diese Verschiebung beider Streifen jetzt angenommen. Aber die bisher übliche Untersuchung, wobei man die eine Blutprobe, die zum Vergleich diente, nicht mit der anderen zugleich direct vor dem Spalt des Spektroskops hatte, sondern das durch ein rechtwinkliges, bis zur halben Höhe des Spaltes reichendes Prisma reflectirte und deshalb geschwächte Bild derselben beobachtete, — diese Untersuchung zweier ungleich scharfer Spectren hat es wohl verschuldet, dass über die Art der Verschiebung der CO-Hämoglobinstreifen eine Meinungsverschiedenheit besteht.

So finde ich bei Maschka⁵⁾ den ersten CO-Hb-Streifen (den dem rothen Theile des Spectrums näher gelegenen) etwas nach dem Violetten zu gegen den correspondirenden O₂Hb-Streifen verschoben gezeichnet; der zweite Streifen ist beim CO-Hb-Spectrum mehr nach links (dem Rothen hin) gegen den zweiten O₂Hb-Streifen gerückt. Sie liegen somit zwischen D und E, ohne beiderseits an diese Linien heranzureichen.

Nach Jäderholm⁶⁾ besteht eine Verschiebung beider CO-Hb-Absorptionsstreifen nach rechts.

Noch mehr als diese verschiedenen Zeichnungen hat es mich befremdet, an zwei Stellen sogar eine absolute Uebereinstimmung der Streifen beider Spectra angegeben zu finden.

Die eine fand sich in einem Sitzungsbericht der physiologischen Gesellschaft zu Berlin⁷⁾; Munk verliert eine Mittheilung über Kohlenoxyd-

¹⁾ On the reduction and oxidation of the colouring matter of the blood. Proceed Royal Soc. 1864. S. 355.

²⁾ Ueber die optischen und chemischen Eigenschaften des Blutfarbstoffes. Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1864. No. 52.

³⁾ Med.-chem. Unters. I. 119.

⁴⁾ Ebendas. II. 1867. S. 203.

⁵⁾ Handb. d. gerichtl. Med. II. Kohlenoxydvergiftung. S. 389.

⁶⁾ Die gerichtl.-medic. Diagn. der Kohlenoxydvergiftung. Berlin 1876, siehe die Tafel.

⁷⁾ Verhandl. d. physiol. Ges. zu Berlin. Sitzung vom 30. Jan. 1880.

hämoglobin von Th. Weyl und B. v. Anrep, worin es wörtlich heisst: „Die Absorptionsbänder des O_2Hb und $COHb$ haben die gleiche Lage; ihre Spectra zeigen keine deutlichen Verschiedenheiten.“

Die zweite dahin lautende Angabe las ich im Lehrbuch der physiologischen Chemie von Gorup-Besanez¹⁾; sie lautet: „Kohlenoxydhaltiges Blut zeigt in passender Verdünnung im Spectralapparat dieselben Absorptionsstreifen, wie sauerstoffhaltiges“.

Diese drei abweichenden Theorien veranlassten mich, die Spectraluntersuchung von CO-haltigem und gewöhnlichem Blut als eine besondere Aufgabe anzusehen. Die richtige Lösung konnte mir durchaus nicht schwer fallen, da mir der von H. Schulz construirte Apparat²⁾ zu Gebote stand, der neben grosser Einfachheit und Bequemlichkeit die grösste Sicherheit bei der Untersuchung gewährt. Ich halte es für angebracht, eine ganz kurze Beschreibung des Instrumentes folgen zu lassen.

Im Wesentlichen besteht der Apparat aus zwei genau übereinander mittelst zweier Flügelschrauben fest verbundenen Kästchen, deren vordere und hintere Wände aus planparallelen Glasplatten gebildet sind und 1 cm Abstand von einander haben. Die Scheidewand zwischen beiden Kästchen ist eine ganz dünne Bleiplatte. Will man den Apparat mit verdünntem Blute füllen, so hebt man nach Lösung der Schrauben das obere Kästchen ab, entfernt die Bleiplatte und giesst das untere Kästchen genau bis zum oberen Rande voll, legt das Bleiplättchen auf, so dass die untere Fläche ganz mit der Blutflüssigkeit in Berührung kommt, da sonst leicht Luftblasen sich an sie ansetzen, die die Untersuchung stören. Darauf wird der obere Theil aufgesetzt, festgeschraubt und durch einen oben befindlichen Tubulus mit dem zu vergleichenden Blute gefüllt. — Das Doppelkästchen ist auf einem mittelst einer Schraube verstellbaren Stativ befestigt und wird damit vor den verticalen Spalt des Spektroskops so gestellt, dass man die horizontale Bleiplatte als feine, das Spectrum quer theilende Linie erkennt. Nach oben und unten davon hat man dann die zu vergleichenden Blutspectra.

So beobachtet man also beide Blutproben direct unter denselben Verhältnissen und findet beim Vergleich von kohlenoxyd- und sauerstoffhaltigem Blut eine deutliche Verschiebung beider $COHb$ -Bänder nach dem Violetten zu, die zwar beim linken Streifen sehr leicht erkennbar, beim rechten aber auch deutlich genug ist.

Ich dachte nun auch daran, eine Bestimmung zu machen für die Zulässigkeit dieser Spectraluntersuchung mit Hilfe des Schulz'schen Apparates bei geringem CO-Gehalte des Blutes, ohne dass ein feineres

¹⁾ Braunschweig 1878. S. 335.

²⁾ Pflüger's Archiv. 1882. Bd. 28. S. 197.

Reagens (Palladiumchlorür) nöthig wird. In folgenden Versuchen glaube ich dieses erreicht zu haben.

1. Versuch.

Eine Flasche, die 1800 ccm fasst, wird mit Wasser gefüllt und mit einem dreifach durchbohrten Kautschukpropfen verschlossen; durch die eine Oeffnung des Verschlusses führt eine Glasröhre auf den Boden des Gefäßes, an deren oberem Ende ein Kautschukschlauch ist, durch den nach Art eines Hebers sämtliches Wasser aus der Flasche ablaufen kann; durch die zweite Bohrung geht eine kurze, mit dem unteren Ende des Propfens abschneidende Glasröhre, durch die beim Abfließen des Wassers Luft resp. Gas eintritt; in die dritte Oeffnung ist ein Scheidetrichter eingelassen.

Für diesen Versuch leite ich durch die kurze Röhre, die durch einen Kautschukschlauch nach Verdrängung der darin vorhandenen Luft mit der Gasleitung verbunden ist, etwas Gas ein, hebe die Fläche des dadurch abgelaufenen Wassers bis zu derselben Höhe des in der Flasche befindlichen Wassers, um das Gas nach Atmosphärendruck zu bestimmen, wobei sich die Menge des ausgelaufenen Wassers, mithin auch das Gasquantum, auf 20 ccm stellt. Ich klemme die kurze Röhre ab und fülle durch ein Müller'sches Ventil, damit das Gas nicht zurücksteigen kann, Luft zu, bis alles Wasser durch die lange Röhre entwichen ist. Die Flasche wird abgeschossen, und durch den Scheidetrichter werden 10 ccm eines 40fach mit Wasser verdünnten Blutes hineingebracht. Etwa 1 Stunde lasse ich das Blut unter öfterem Aufschütteln in der Flasche und untersuche es dann im Schulz'sehen Apparat mit eben so stark verdünntem gewöhnlichem Blute. Eine geringe, aber deutliche Verschiebung der Absorptionsstreifen ist zu erkennen.

2. Versuch.

In dieselbe Flasche bringe ich 10 ccm Leuchtgas zu 1790 ccm Luft. 10 ccm derselben Blutlösung wie vorher lassen, nachdem sie etwa 1 $\frac{1}{2}$ Stunde in der Flasche gestanden und öfters geschüttelt worden, eine noch eben erkennbare Verschiebung der Streifen nach rechts wahrnehmen.

Wiederholung des zweiten Versuches führte zu demselben Resultat.

Die Verschiebung der Absorptionsbänder ist somit bei dem Blute noch zu erkennen, welches mit einer Luft geschüttelt worden, die 1 : 1799 Vol. oder 0,056 pCt. CO (im Leuchtgase 10 pCt. CO angenommen) enthält.

Es gelingt daher das CO in einer Atmosphäre mit dem Schulz'schen Apparat nachzuweisen, die nach Gruber sozusagen unschädlich ist.

Andere Bestimmungen sind durch spektroskopische Untersuchung reducirten Blutes gemacht. Auf Grund der Thatsache, dass die COHb-Streifen bei Schwefelammoniumzusatz nicht verschwinden, wiesen Wolffhügel und Vogel¹⁾ 2.5 pM. CO in der Luft nach.

Als feinstes Reagens auf CO gilt Palladiumchlorür, zuerst 1857 von Böttger angegeben²⁾. Mit Hülfe dessen hat neuerdings Fodor die geringste CO-Menge, die bisher nachgewiesen werden konnte, er-

¹⁾ Zeitschr. f. Biol. 1878.

²⁾ Schmidt's Jahrb. d. ges. Med. 102. S. 365.

kannt¹⁾. Er liess verdünntes Blut längere Zeit in einer grossen Flasche stehen, die in ihrem Luftgehalte eine bestimmte Menge CO enthielt, schüttelte gut auf und brachte es in ein Kölbchen, welches er erwärmte, während er gleichzeitig einen reinen Luftstrom mittelst eines Aspirators durch diesen Kolben und hierauf durch eine Vorlage mit Palladiumchlorür leitete. Das im Blute der Luft mitgetheilte CO war an dem schollenartigen Ausscheiden von freiem Palladium kenntlich. So gelang ihm auch der Nachweis von CO im Blute von Kaninchen, die eine mit 0,004 pCt. (= 1 : 25000) CO vermischte Luft geathmet hatten.

Es kann also durch verschiedene Methoden eine Verunreinigung der Luft durch CO noch nachgewiesen werden, wenn letzteres in einer die Gesundheit gar nicht oder doch kaum schädigenden Menge darin vorhanden ist.

Durch L. Meyer wurde zuerst dargethan²⁾, dass das CO vom Blute nicht wie von anderen Flüssigkeiten nach dem Henry-Dalton'schen Gesetz einfach absorbirt werde, sondern dass es eine chemische Verbindung mit dem Hämoglobin eingehe, die fester sei als die des Sauerstoffs mit dem Blutfarbstoff, und daher durch Sauerstoff nicht gespalten werden könne.

Nach ihm hat Eulenberg 1865 den Nachweis für die Austreibbarkeit des CO aus seiner Verbindung mit dem Blute mittelst Luft geliefert³⁾.

Auch Donders kommt durch seine Versuche zu der Ansicht⁴⁾, dass das CO dissociirbar in der Hämoglobinverbindung sei, indem es durch Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlensäure ausgetrieben werden könne.

Was Beide durch andere Gase erreichten, wurde von Zuntz mit Hülfe der Pflüger'schen Luftpumpe erzielt⁵⁾. Es gelang ihm das CO durch Pumpen vollständig aus dem Blute zu entfernen.

Dasselbe beweisen Podolinsky's Versuche⁶⁾.

Nach den so festgestellten Thatsachen haben die früheren Ansichten, wie namentlich Bernard gegen 1855 sich ausgesprochen⁷⁾, dass die rothen Blutkörperchen, einmal mit CO beladen, zur O₂-Aufnahme nicht

¹⁾ Das Kohlenoxyd in seinen Beziehungen zur Gesundheit. Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. XII. 1880. S. 377.

²⁾ Die Gase des Blutes. Zeitschr. f. rat. Med. 1857. S. 256, und: Ueber die Einwirkung des Kohlenoxydgases aufs Blut. Ebendas. 1859. V. S. 89.

³⁾ Die Lehre von den schädlichen und giftigen Gasen. 1865. S. 52.

⁴⁾ Der Chemismus der Athmung, ein Dissociationsprocess. Pflüger's Archiv. V. S. 20.

⁵⁾ Ist Kohlenoxyd eine feste Verbindung? Pflüger's Archiv. V. S. 584.

⁶⁾ Ueber die Austreibbarkeit des CO und NO aus dem Blute. Pflüger's Archiv. VI. S. 553.

⁷⁾ Leçons sur les anesthésiques etc. 1875. p. 455.

wieder befähigt würden und als Fremdkörper aus dem Organismus entfernt werden müssten, den Boden verloren.

Bei den von Eulenberg und von Donders ausgeführten Versuchen über die Entfernung des CO aus dem Blute durch andere Gasarten bleibt die Frage unbeantwortet, welches Gas die Austreibung am schnellsten bewirke. Zu denken wäre, dass das verdrängende Gas mechanisch im Verhältniss zu seiner Menge wirke, dass demnach von einer bestimmten Menge atmosphärischer Luft derselbe Erfolg zu erwarten sei, wie von einem gleichen Volum Sauerstoff.

Ich versuchte daher auf experimentellem Wege die Frage zu erledigen, ob etwa auf Grund der Affinität des Sauerstoffs zum Blute das CO durch reinen O₂ schneller und vollständiger ausgetrieben werde, als durch gewöhnliche Luft, bei welcher die sogenannte Massenwirkung des Sauerstoffs geringer ist.

3. Versuch.

Zwei Flaschen, die als Aspiratoren dienen sollen, werden, mit je 7 Liter Wasser gefüllt, mit zweifach durchbohrten Pfropfen verschlossen; durch je eine Bohrung geht eine Glasröhre auf den Boden des Behälters; das obere Endo derselben ist mit einem längeren Kautschukschlauch verbunden, durch den nach dem Ansaugen das Wasser abfließt. In die zweite Bohrung beider Pfropfen ist eine kurze Glasröhre eingelassen. An jeden Aspirator bringe ich einen Glaszylinder, durch dessen Verschluss ebenfalls eine lange und eine kurze Glasröhre führen, so zwar, dass beim Wirken des Aspirators Luft durch die lange Röhre eintritt und durch die kurze Röhre zur ansaugenden Flasche entweicht. In jedem der ganz gleich eingerichteten Cylinders befinden sich 70 cem etwa 40fach verdünnten Blutes, das mit Leuchtgas so lange heftig geschüttelt worden, bis die Streifenverschiebung im Spectrum beim Vergleich mit gewöhnlichem Blute derselben Verdünnung sehr ausgesprochen war. Die lange Röhre des einen Cylinders ist mit einem Gasometer verbunden, welcher reinen Sauerstoff enthält. Der Sauerstoff, aus gleichen Theilen Kaliumchlorat und Mangansuperoxyd dargestellt, ist wiederholt durch granulirten Natronkalk und Barytwasser geleitet worden, zeigte sich dann frei von Kohlensäure, Chlor und Ozon.

So leite ich in langsamem, durch zwei Schraubhähne gleich geregelten Strome durch den einen Blutzylinder Luft, durch den anderen O₂. Nach 1 Stunde 15 Min. sind die 7 Liter Wasser aus jedem Aspirator abgeflossen, und das Blut wird spektroskopisch mit dem Schulz'schen Apparat untersucht. Die Streifen der Probe, wodurch reiner O₂ geleitet worden, sind von den O₂Hb-Streifen ein wenig durch eine Rechtsverschiebung verschieden; die des mit Luft imprägnirten CO-Blutes sind breiter, verwaschen und mehr nach rechts verschoben als die des ersteren.

Der Vergleich wird gemacht mit gewöhnlichem, mit CO-haltigem Blute, von dem zu Anfang die beiden Cylinder gefüllt wurden, und mit beiden obigen Blutmengen untereinander. Immer erkennt man eine stärkere Annäherung des mit reinem O₂ behandelten Blutes an das Normalblut.

Ein Unterschied in der Farbe beider Blutproben ist auch mit blossem Auge wahrzunehmen. Das mit O₂ behandelte Blut hat mehr gelblich-braune, dem gewöhnlichen Blute derselben Concentration ähnliche Färbung, während die Farbe des mit Luft behandelten Blutes durch einen Stich ins Violette an unverändertes CO-Blut erinnert.



4. Versuch.

Voriger Versuch wird im Wesentlichen wiederholt. Durch dieselben Blutmengen (70 ccm) werden je 4 Liter reinen O_2 und Luft innerhalb 1 Stunde geführt.

Der Farbenunterschied ist hierauf wie vorher deutlich. Auch im Spectrum zeigt das Sauerstoff-Kohlenoxydblut eine grössere Verschiebung beider Streifen nach links als das Luft-Kohlenoxydblut.

5. Versuch.

Je 10 Liter reinen O_2 und atmosphärischer Luft werden durch gleiche Blutmengen wie vorher geleitet. Nach 1 Stunde 35 Min. ist der Versuch beendet.

Das Resultat ist dasselbe wie vorher. — Nach Durchleiten von weiteren je 3 Litern ist beim Vergleich von gewöhnlichem Blut mit dem O_2 -CO-Blut noch immer eine geringe Verschiebung der Absorptionsstreifen zu erkennen. Die mit O_2 behandelte Probe zeigt aber immer noch eine Linksverschiebung gegen das Luft-Kohlenoxydblut.

6. Versuch.

Es werden je 14 Liter reiner O_2 und Luft in langsamem, gleichmässigem Strome während 2 Stunden durch die beiden Blutmengen gesogen. Das Ergebniss ist in Bezug auf Färbung des Blutes und Verschiebung der Absorptionsstreifen das von vorigen Versuchen.

Ich dachte nun an die Möglichkeit, dass sich bei längerem Durchleiten grösserer Mengen O_2 eine vollständige Regeneration des CO-Blutes erzielen lasse, und machte daher folgenden

7. Versuch.

In gleicher Weise wie bei den anderen Versuchen leite ich durch CO-Blut langsam und gleichmässig zunächst je 14 Liter O_2 und Luft. Darauf ist noch die Verschiebung der Streifen des mit O_2 behandelten CO-Blutes gegen die des gewöhnlichen Blutes deutlich. Unter sich bieten die den Cylindern entnommenen Proben den bekannten Unterschied.

Es werden weiter je 7 Liter O_2 und Luft durchgeleitet. Darauf noch keine völlige Uebereinstimmung zwischen gewöhnlichem und O_2 -CO-Blut.

Nach Anwendung weiterer je 12 Liter O_2 und Luft bleibt noch immer zwischen Normalblut und dem mit O_2 behandelten CO-Blut ein Unterschied bestehen.

Beide Blutarten in den Cylindern zeigen unter sich keine wahrnehmbare Verschiedenheit im spektroskopischen Verhalten mehr.

Der Versuch wurde hier beendet, weil ich nach dem Gesehenen schliessen zu können glaubte, dass eine vollständige Verdrängung des CO durch einen Sauerstoffstrom nicht erreicht werden könne, zumal da ein Fortschreiten in der Annäherung der Absorptionsbänder des CO-Blutes, durch welches O_2 geströmt war, an die des gewöhnlichen Blutes nicht gesehen wurde, und da auch andererseits in Folge des langen Durchleitens der Erfolg der Luft dem des reinen O_2 gleichkam.

Nach dem Resultate jener Versuche musste ich annehmen, dass auch beim lebenden Thier nach Leuchtgasvergiftung reiner Sauerstoff von besserer Wirkung sei als gewöhnliche Luft. Zwei Versuche, die ich zu diesem Zwecke an Kaninchen machte, konnten kein beweisendes Resultat aus dem Grunde geben, weil Kaninchen bei langsamer Einwirkung des Leuchtgases nicht prägnant genug den Vergiftungsgrad er-

kennen lassen. Ich liess beide Mal zwei gleich starke Kaninchen in einem grossen Kasten eine mit Leuchtgas gemischte Luft athmen. Da ich bei allmälliger Zufuhr des Gases von der Decke des Kastens her eine gleichmässige Vertheilung desselben erreichen konnte, hoffte ich bei beiden Thieren zu gleicher Zeit denselben Vergiftungsgrad zu erhalten, um dann die Wirkung reinen Sauerstoffs beim einen Thier mit dem Einfluss gewöhnlicher Luft beim anderen vergleichen zu können. Die Kaninchen blieben im Kasten, bis sie betäubt zur Seite fielen.

Bei dem einen Versuch nun verendete unter Krämpfen gleich das eine Thier, als es umfiel, während das andere, zugleich mit dem ersteren herausgenommen, sich an der Luft in wenigen Minuten erholte.

Bei dem anderen Versuch blieben beide Thiere ohne Krämpfe, fielen, nachdem sie über 6 Stunden in der Gasatmosphäre gesessen, zugleich zur Seite und wurden herausgenommen. Das eine, ans Fenster gesetzt, erholte sich in 4—5 Minuten ebenso schnell wie das andere, welches unter einer Glocke reinen Sauerstoff zu athmen bekam. Nur die Athmung zeigte sich während dieser Zeit verschieden. Bei Letzterem war sie langsamer, ruhiger (92 in der Minute) als bei Ersterem (148 in der Minute). Nach 20 Minuten war bei Herausnahme des Thieres unter der Glocke weg die Athmung desselben ebenso frequent wie beim andern.

Jedoch möchte ich hieraus keinen Schluss auf irgend welchen Erfolg machen. Ich bin vielmehr der Ansicht, dass der Versuch an Kaninchen wegen ihres stupiden Verhaltens und ihrer sehr schnellen Erholung von Leuchtgasvergiftung an atmosphärischer Luft bezw. ihres raschen Todes bei längerem Belassen im Gase kaum gelingen kann.

Die Hoffnung, bei Versuchen an Hunden zu deutlicheren Resultaten zu gelangen, sah ich aus demselben Grunde scheitern; die Erholung der Thiere in gewöhnlicher Luft trat sehr rasch ein.

Ich muss mich also in dieser Frage bescheiden und führe nur noch Einiges an, was in der Literatur hierüber bekannt geworden.

Eine solche Leuchtgasvergiftung mit Sauerstoffbehandlung wird von Sieveking mitgetheilt¹⁾.

Zwei Stallknechte von 55 bezw. 33 Jahren wurden in ihren Schlafstellen bewusstlos aufgefunden, welcher Zustand durch ein 9stündiges Einathmen von Leuchtgas, das einer schadhafte Gasröhre entströmte, hervorgerufen war.

Die Untersuchung im Krankenhause ergab bei dem einen Patienten einen schwachen Puls von 100 Schlägen i. d. Min., eine Temperatur von 98,6 ° F. (37 ° C.), eine kalte livide Haut. Es wurden zuerst Reizmittel angewandt, worauf das Bewusstsein zurückkehrte, ohne dass eine wesentliche Besserung im Uebrigen gesehen worden wäre. Man liess dann Pat. reinen Sauerstoff inhaliren, im Ganzen 2½ Gallone. Der Puls wurde stärker, ohne an Frequenz zu gewinnen. Pat. fühlte sich leichter im Kopf, verspürte weder Schwindel noch Betäubung, schlief gut und klagte nur

¹⁾ Lancet. I. p. 159. Jan. 1869.

über Brustbeklemmung, die nach einem Aderlass verschwand. Nach 2 Tagen war er genesen.

Der andere Kranke, der in einem Verschlage neben dem inficirten Stalle geschlafen, hatte weniger gelitten. Die Symptome waren den vorigen gleich, nur nicht so ausgesprochen. Nach Sauerstoffinhalation hob sich der Puls, Pat. kam schnell zum Bewusstsein. Volle Genesung trat nach 2 Tagen ein.

A. Clark berichtet über zwei andere Fälle von Leuchtgasvergiftung, welche durch Einathmen von reinem Sauerstoff mit Erfolg behandelt wurden ¹⁾.

Das eine war eine Frau von 40 Jahren, welche 15 Stunden lang in einem mit Gas gefüllten Zimmer lag. Sie und ihre Tochter hatten bereits beim Schlafengehen den Geruch gemerkt. Bei der Aufnahme ins Hospital war Lungenödem vorhanden, ein kaum fühlbarer Puls, Bewusstlosigkeit und Cyanose, Kälte der Glieder, Trismus und Starrheit der Beugemuskeln, Schaum vor dem Munde, verengte Pupillen, eine Respiration von 40 i. d. Min. und Körperwärme 96,5° F. (35,8° C.).

Pat. bekam 3 Stunden hindurch Sauerstoffeinathmung, ferner trockene Schröpfköpfe auf die Brust, 1,8 Tinct. digital. und Branntwein subcutan, Heisswasserflaschen an die Extremitäten, zuweilen Geisselung (flagellage) zum Erwecken der Kranken. In der vierten Stunde der Behandlung zeigte sich der Anfang des Bewusstseins und am folgenden Tage war Pat. ausser jeder Gefahr.

Die zwölfjährige Tochter der Pat. wurde auf einer anderen Abtheilung desselben Hospitals aufgenommen. Ihr Athem roch noch stark nach Gas; Coma, stertoröses Athmen, unempfindliche Conjunctiva, enge und reactionslose Pupillen, ein Puls von 156, ausserordentlich schwach und aussetzend, 30 seichte Athemzüge i. d. Min., klonische Krämpfe der linken Seite, tonische der Finger beider Hände, unbewusstes Abgehen von Harn und Stuhl, vorhergegangenes heftiges Erbrechen, — das war der Zustand. Auch hier war Einathmenlassen von Sauerstoff und $\frac{1}{60}$ Gran (1 mg) Atropin subcutan die Behandlung. Die Pat. genas.

Es ist also nach meinen Versuchen an Blut, das dem Thierkörper entnommen und mit CO imprägnirt worden, sowie nach den hier angeführten Krankengeschichten reiner Sauerstoff vermöge seiner Massenwirkung zur Entfernung des CO aus der Hämoglobinverbindung geeigneter als gewöhnliche Luft. Die Sauerstoffeinathmung nach Leuchtgasvergiftung ist demnach, wo sie ausführbar ist, rationell, wenn auch die Hoffnung auf Erfolg nicht zu hoch angeschlagen werden darf.

Die Frage ist nun, wie der Organismus sich des CO entledigt. Es giebt da zwei Möglichkeiten: entweder wird das CO als CO ausgeschieden, oder es erfährt im Körper eine Oxydation und erscheint wieder als CO₂.

Wie es thatsächlich geschieht, darüber besteht noch ein Streit, da beide Möglichkeiten ihre Vertreter gefunden. Während einerseits die vorher erwähnten Autoren, die die Austreibbarkeit des CO aus dem Blute nachgewiesen, auch die Entfernung des CO aus dem lebenden Organismus als CO befürworten, haben Andere das CO in der ausge-

¹⁾ New-York Med. Journ. 1883. p. 148.

athmeten Luft nicht nachweisen können, beobachteten dagegen nach CO-Vergiftung eine Zunahme der ausgeschiedenen Kohlensäure.

Zu letzterer Ansicht bekennt sich Pokrowsky¹⁾; in der aus CO-Blut ausgepumpten Luft fand er nie CO, sondern CO₂. Auch beobachtete er bei der Erholung von CO-Vergiftung eine Vermehrung der CO₂, ohne dass CO in der ausgeathmeten Luft vorhanden war. Nur bei starker Zufuhr von CO konnte er nachher in der Athmungsluft unverändertes CO finden.

Nach Friedberg ist es nur das im Blute gelöste, nicht das chemisch gebundene CO, welches durch Sauerstoff verdrängt werden kann, ohne dass es oxydirt wird²⁾.

Auch Kreis hat das CO in der Expirationsluft mit CO vergifteter Thiere nicht nachweisen können, obwohl es noch im Blute vorhanden. Bei Mäusen und Bienen, die er in eine CO-Atmosphäre brachte, beobachtete er eine Kohlensäurevermehrung mit Abnahme des CO-Gehalts³⁾.

Zur Zeit lässt sich schwer entscheiden, wie das CO den Körper verlässt; ob eine Ausscheidung unveränderten CO oder eine Oxydation desselben zu CO₂ für sich allein stattfindet, oder ob die Entgiftung durch beide Vorgänge zugleich geschieht, darüber lässt sich streiten.

Wenn aber im Organismus eine Oxydation von CO zu CO₂ vor sich geht, so liesse sich denken, dass diese durch Mittel, die das freie CO in CO₂ überführen können, auch künstlich gefördert und dadurch die Gefährlichkeit der Kohlenoxydgasvergiftung vermindert werden könnte. Es sind in der Chemie Oxydantien bekannt, die freies CO in CO₂ umwandeln können.

Albert R. Leeds hat wiederholt durch Versuche dargethan⁴⁾, dass eine Oxydation von CO zu CO₂ durch nascirenden Sauerstoff möglich sei; er benutzte Luft, die über befeuchteten Phosphor gestrichen, also ozonhaltig war.

Dem analog versuchte ich auch das CO des Blutes durch ozonisirte Luft zu oxydiren. Das in bekannter Weise durch die dunkle electriche Entladung erzeugte Ozon wurde durch verdünntes CO-Blut geleitet. Bei allen so behandelten Proben war nach verschieden langer Zeit spektroskopisch keine Verminderung des CO-Gehaltes nachzuweisen. Demnach scheint das Ozon auf das CO in seiner lockern chemischen Verbindung mit dem Hämoglobin keinen oxydirenden Einfluss zu haben.

Ich versuchte durch ein anderes Oxydationsmittel das CO in CO₂

¹⁾ Ueber die Vergiftung mit Kohlenoxydgas. Virchow's Archiv. XXX. 1864. S. 554.

²⁾ Die Vergiftung durch Kohlendunst. 1866.

³⁾ Ueber das Schicksal des Kohlenoxyd bei der Entgiftung nach CO-Einwirkung. Pfliüger's Archiv. XXVI. S. 425.

⁴⁾ Chem. News. 48. p. 25—29.

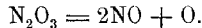
überzuführen. — Das Wasserstoffsperoxyd (H_2O_2) gilt als starkes Oxydans, bei dessen leichter Zersetzbarkeit in Wasser und Sauerstoff letzterer atomweise auftritt und in statu nascendi von energisch oxydierender Wirkung ist. Bei Anwesenheit von Platin oder Palladium kann das H_2O_2 das freie CO zu CO_2 oxydiren (M. Traube). Da diese Metalle als Sauerstoffüberträger wirken, und da auch die organischen Gewebe nascirenden Sauerstoff zu übertragen vermögen, so liess sich wohl eine Oxydation des CO im Blute unter dem Einfluss letzterer vermuthen.

Das käufliche H_2O_2 , welches ich benutzte, von neutraler Reaction und durch nur geringe Spuren (0,27 pCt.) von NaCl und PO_4HN_2 verunreinigt, wurde mit Chamäleonlösung titirt und dann mit Wasser so verdünnt, dass 100 ccm der Flüssigkeit 1,23 g H_2O_2 entsprachen. Dieses zu CO-Blut in verschiedenen Quantitäten zugesetzt, war ohne jegliche Wirkung.

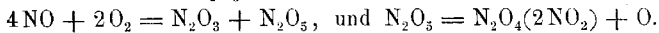
Nachdem ich durch Ozon und Wasserstoffsperoxyd keine Oxydation des Kohlenoxyd im Blute erzielen konnte, unternahm ich es, ein anderes Oxydationsmittel, das salpetrigsaure Natron (NO_2Na) zu versuchen. Die Chemiker wissen freilich über eine Verwandlung des CO in CO_2 durch dieses Oxydans Nichts; allein da bei der unten zu beschreibenden Reaction Sauerstoff in statu nascendi auftritt, so war auch hierbei an die Möglichkeit zu denken, dass unter dem Einfluss der Gewebe dieser Sauerstoff atomweise dem CO übertragen werde. Als stark wirkendes Oxydans ist das NO_2Na bekannt; bei Gegenwart von Kohlenensäure bläut es Jodkaliumstärkekleister. Die Reaction hat man sich folgendermassen zu denken:



Das Anhydrid der salpetrigen Säure zersetzt sich wieder leicht in Stickoxyd und Sauerstoff:



Dieses Sauerstoffatom ist das activ auftretende. — Das Stickoxyd ist nun unbeständig und zersetzt sich an der Luft, wobei wieder N_2O_3 und das leicht zersetzliche N_2O_5 entstehen:



Jedoch in einer Reihe von Versuchen, wobei ich zu verdünntem CO-Blut kleinere und grössere Mengen einer schwachen NO_2Na -Lösung (1 ccm = 0,2 g NO_2Na) zufügte, konnte ich spektroskopisch nie eine Abnahme des CO finden.

Das Ergebniss all meiner Versuche über die Oxydirbarkeit des CO in Verbindung mit Hämoglobin ist durchweg ein negatives gewesen. Das CO, an sich durch Oxydantien schwer angreifbar, scheint in seiner sonst dissociirbaren Hämoglobinverbindung noch ungleich stärkeren Widerstand der Oxydation zu setzen.

Dadurch gewinnt die Thatsache, dass der Organismus dennoch sich des CO durch Oxydation entledigen kann, sehr an Interesse, wenn auch das Wie noch nicht beantwortet werden kann.

Das Kohlenoxyd ist als das charakteristisch und wesentlich wirkende Gift des Leuchtgases allgemein anerkannt. Die übrigen darin vorkommenden Gase, die als toxische, besonders nach eingehenden Versuchen von Biefel und Poleck¹⁾, anzusehen sind, nämlich CO₂, SH₂, CS₂ und Derivate von C₆H₆, haben bei den geringen Quantitäten, wie sie heute im gereinigten Gase vorhanden sind, kaum einen die Vergiftungserscheinungen complicirenden Einfluss. Der Wasserstoff, der bis zu 40 pCt. darin vorkommt, ist nach genauen Untersuchungen²⁾ vollständig indifferent.

Ueber Methan und Aethylen herrschen verschiedene Ansichten, was mich bewog, die physiologischen Wirkungen dieser Kohlenwasserstoffe nochmals zu untersuchen.

III.

Versuche über die Wirkung des Methan.

Das Methan (CH₄) hat wegen seines häufigen Vorkommens ein besonderes Interesse. Ausser im Leuchtgase, in dem es bis zu 35—40 pCt. enthalten ist, tritt es in Kohlenbergwerken und überhaupt bei der Fäulniss organischer Substanzen unter Wasser (Gruben- und Sumpfgas) auf. In den Bergwerken ist der Gehalt der Luft an CH₄ verschieden; aus sogenannten Bläsern, Steinkohlenklüften, strömt Grubenluft aus mit sehr grosser Menge (82—94 pCt.) Methan³⁾. Da es mit Luft gemischt heftig explodirt, ist es in den Gruben häufige Veranlassung schwerer Unglücksfälle. Schon geringe Mengen genügen zur Explosion. Bei 8 pCt. ist diese schon heftig und bei 10 pCt. am stärksten; bei weniger als 7 pCt. und mehr als 14,5 pCt. ist die Gefahr der Explosion gering.

In Betreff der physiologischen Wirkung des Methan ist ziemlich allgemein die Ansicht verbreitet, dass es ganz indifferent sich verhält und in genügender Menge mit Sauerstoff vermischt die Gesundheit durchaus nicht schädigt.

Eulenberg schreibt das Entstehen von Kopfschmerz, Schwindel und Betäubung nach Einathmung von CH₄ einer Beimengung von CO₂ zu⁴⁾. Er machte auch Versuche mit Methan an Kaninchen; 40 pCt. des

¹⁾ Zeitschr. f. Biol. 1880.

²⁾ Eulenberg, Die Lehre von den schädli. und giftigen Gasen. 1865. S. 15.

³⁾ Gurlt, Bergbau, in Eulenberg, Handb. des öffentl. Gesundheitswesens. 1881. I. S. 320.

⁴⁾ Eulenberg, Handb. d. Gewerbehygiene. 1876. S. 368.

Gases der Athmungsluft beigemischt athmeten die Thiere ohne das geringste Unwohlsein¹⁾.

Auch in Hermann's Laboratorium in Zürich wies Simonowitsch nach, dass Kaninchen ein Gemisch von 4 Vol. CH_4 und 1 Vol. O_2 beliebig lange ohne Schaden athmen können²⁾.

Eulenberg selbst hat $\frac{1}{2}$ —1 Liter des Gases geathmet, ohne irgend welche Wirkung zu verspüren.

Verschieden hiervon ist die Ansicht Richardson's³⁾; nach ihm sollen bei 35 pCt. schon geringe Betäubungssymptome erfolgen und bei 70—80 pCt. CH_4 in der Athmungsluft ein anästhetischer Schlaf ohne vorhergehendes Erregungsstadium sich einstellen. In frischer Luft gingen die Erscheinungen schnell vorüber, weil das CH_4 im Blute nur in sehr kleiner Menge gelöst werde, aber keine Verbindung im Organismus eingehe.

Die anästhesirende Wirkung zeigt sich auch in seinen Versuchen an einer Taube und einem Meerschweinchen.

Beide Versuchsreihen, von Eulenberg und Simonowitsch einerseits und Richardson andererseits, sind nicht ganz vorwurfsfrei. Erstere benutzten zu ihren Experimenten Kaninchen. Diesen Thieren kann man aber, zumal wenn sie unter einer Glasglocke eingeschlossen sitzen, eine leichte Wirkung eines Narcoticums nicht ansehen. Zu Methanversuchen sind sie daher nicht geeignet.

Richardson hatte andere Versuchsthiere gewählt; aber es lässt sich nicht von der Hand weisen, dass die Thiere, in dem abgeschlossenen Glaskasten mit einem Gemenge von 79 Vol. CH_4 und 21 Vol. gewöhnlicher Luft umgeben, an Sauerstoffmangel gelitten haben. Dazu wurde die Athmungsluft immer mehr durch die ausgeathmete Kohlensäure verunreinigt, weshalb man aus dem comatösen Zustand der Thiere eine CO_2 -Vergiftung folgern könnte.

Genannte Einwände sowie die sich widersprechenden Ansichten bestimmten mich, den physiologischen Einfluss des Methan durch Versuche von Neum zu ermitteln.

Darstellung des Methan. Essigsäures Natron wird mit einem Ueberschuss von Baryhydrat (2 Gewichtstheile $\text{C}_2\text{H}_3\text{Na}_2\text{O}_2$ zu 3 Theilen $\text{Ba}(\text{OH})_2$) in einer Schale zur Trocknen erhitzt und darauf in einem Glaskolben oder einer Kupferretorte geglüht; das sich entwickelnde Gas wird durch concentrirte Schwefelsäure geleitet und im Gasometer aufgefangen. Da es die Schwefelsäure stark gebräunt hat und einen an Petroleum erinnernden Geruch besitzt, wird es noch wiederholt durch

1) Eulenberg, Schädliche und giftige Gase. 1865. S. 18.

2) Cit. Pflüger's Archiv. V. 1872. S. 565.

3) Med. Times and Gazette. 1871. II. S. 372.

Schwefelsäure gewaschen, bis es dieselbe ganz unverändert lässt. — Mit dem so gereinigten Gase machte ich den unten zuerst folgenden 8. Versuch. Die Erscheinungen dabei glaubte ich als eine Wirkung noch beigemengter oxydirbarer Substanzen, die durch concentrirte Schwefelsäure nicht verbrannt würden, ansehen zu müssen. Daher legte ich bei wiederholter Reinigung eine Lösung von doppelt chromsaurem Kalium (20 g) in concentrirter Schwefelsäure (200 ccm) vor; hinterher folgte eine verdünnte Chromsäurelösung (1 g $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$ in 300 ccm SO_4H_2), die als Indicator diente, indem eine Reduction derselben in Chromoxyd leicht an dem Uebergange der hochgelben Farbe ins Grüne erkannt wurde. Die bei der Oxydation sich bildende Kohlensäure wurde durch Barytwasser absorbirt. Anfangs verfärbte sich die Chromsäure beim Durchleiten des Gases; nach zwei- oder dreimaligem Waschen blieb die gelbe Farbe bestehen; obschon das Gas noch mehrere Mal durch denselben Indicator geleitet wurde, zeigte sich keine Farbenveränderung mehr, ein Beweis, dass alle oxydirbaren Substanzen aus dem Methan entfernt waren. Darauf wurde es mit reinem Sauerstoff (4 Vol. CH_4 und 1 Vol. O_2) zusammen in einen grossen Ballon geleitet, mehrere Stunden zur vollständigen Vermischung stehen gelassen und dann den Thieren zugeführt.

Der Apparat, dessen ich mich bei den Versuchen bediente, war so construirt: Das Versuchsthier sitzt unter einer geräumigen, die freie Bewegung nicht hindernden Glasglocke, die luftdicht in eine Rinne der Unterlage eingefügt ist. Ein zu- und ein abführender Tubulus durchbohren den Boden an diametral gegenüberstehenden Seiten. Das zuzuführende Gasgemenge wird aus einem grossen Ballon durch den Druck einer ca. 1,5 m hohen Wassersäule verdrängt, streicht dann, bevor es durch den einen Tubulus unter die Glocke tritt, durch granulirten Natronkalk, durch verdünnte Chromsäurelösung und durch Barytwasser. Das Ableiten des Gases durch den zweiten Tubulus geschieht durch eine Hebevorrichtung; ein grosser mit Wasser gefüllter Ballon ist mit zweifach durchbohrtem Pfropfen verschlossen; durch die eine Bohrung führt eine kurze, rechtwinklig gebogene Glasröhre, die mit dem zweiten Tubulus durch einen Kautschukschlauch verbunden ist; die durch die andere Bohrung gehende Röhre reicht bis auf den Boden des Behälters und steht oben mit einem Kautschukschlauch in Verbindung, der den längeren Arm des gekrümmten Hebers darstellt. Um den Druck des Gases unter der Glocke beobachten zu können, ist ein Manometer (eine mit der Glocke in unmittelbarer Verbindung stehende in Wasser tauchende Glasröhre) eingeschaltet, dessen Schwankungen ein zu starkes Zu- oder Abströmen des Gases erkennen lassen. Durch zwei Schraubhähne am zu- und abführenden Tubulus kann der Druck unter der Glocke mit dem der äusseren Luft genau ins Gleichgewicht gesetzt werden.

8. Versuch.

Ein kleiner, 7 Wochen alter Hund von 1100 g Gewicht wird unter die Glasglocke gebracht, letztere dicht in die dazu bestimmte Rinne der Unterlage eingekittet und durch Öffnen der Schraubhähne mit der Zuleitung des Gasgemenges (4 Vol. CH_4 und 1 Vol. O_2) begonnen. $\frac{1}{2}$ Stunde lang ist das Thier sehr unruhig, bellt andauernd und kratzt an der Glocke; dann legt es sich plötzlich auf die Seite und zeigt Neigung zum Schlafen. Bald rafft es sich auf und nimmt die Bauchlage mit angezogenen Hinterbeinen ein; der Kopf sinkt der Schwere nach auf die Nasenspitze. Die Augen sind halb geschlossen. Auf Klopfen an die Glocke horcht es auf, sinkt aber gleich wieder auf die Nase. Ab und zu wechselt es die Lage, schliesst fest die Augen, athmet leicht und ruhig und wimmert öfters wie im Traume. Nach 1 Stunde wird die Glocke abgesetzt; gleich springt der Hund auf und läuft munter umher.

Controlversuch.

Demselben Hunde wie vorher wird durch denselben Apparat unter der Glocke gewöhnliche Luft zugeführt. Er zeigt dieselbe Lebhaftigkeit wie im Anfang vorigen Versuches. Eine Stunde lang dauerte die Luftzufuhr, ohne dass er sich nur einmal niederlegt oder andere Veränderungen zeigt. Bei der Herausnahme ist er munter, ein Beweis, dass die Ventilation unter der Glocke hinreichend ist.

9. Versuch.

Ein 1150 g wiegender Hund von demselben Wurf wie der vorher gebrauchte, bekommt unter der Glocke das Methan-Sauerstoffgemenge wie vorher zu athmen.

3 Uhr Anfang; unruhiges Umherdrehen, Bellen und Kratzen.

3 Uhr 15 Min. erbricht er. Um diese Zeit ist bei Minderdruck etwas Wasser aus dem Manometer in den Versuchsraum gekommen, wo der Hund sitzt. Trotzdem er nun mit den Füßen im Wasser steht, ist er schläfrig, lehnt sich stehend gegen die Glocke, schwankt mit dem Kopfe, taumelt oft zu Boden, erhebt sich wieder, lässt den Kopf mit geschlossenen Augen tief hängen und erhebt ihn nur auf kurze Zeit beim Anklopfen an die Glocke.

4 Uhr 30 Min. hört dieser Zustand auf; er erwacht, bellt und ist unruhig wie vor dem Einschlafen.

5 Uhr 15 Min. ist noch kein abermaliger Schlaf eingetreten; der Versuch wird beendet. Im Freien ist das Thier munter.

10. Versuch.

Der zuletzt benutzte Hund wird wieder unter die Glocke gesetzt und das Gasgemenge zugeführt.

3 Uhr 50 Min. Beginn des Zuleitens. Der Hund bellt und kratzt, aber nicht so viel wie beim letzten Versuch.

4 Uhr 25 Min. senkt er sitzend mit halb geschlossenen Augen den Kopf zu Boden. Auf leise Geräusche rafft er sich auf, bellt einige Mal und senkt wieder den Kopf. Mitunter schwankt er zur Seite wie ein Schlaftrunkener. Athmung ruhig. Wiederholtes Wechseln der Lage. Zweimal macht er Würgebewegungen, ohne etwas herauszubringen.

4 Uhr 40 Min. eine grössere Unruhe mit Heulen. Bald nachher fällt er in tiefen Schlaf, der nur durch starke Geräusche unterbrochen werden kann.

5 Uhr 20 Min. wird der Versuch beendet, da der Hund wesentlich denselben Zustand behält. Bei Abnahme der Glocke aber springt er weg und spielt munter mit anderen Hunden.

NB. Das Gasgemenge war, da es vom vorigen Versuch herrührte, durch die zu Anfang des Versuches unter der Glocke befindliche Luft um etwa $\frac{1}{3}$ verdünnt. Uebrigens war die Kohlensäure durch mehrmaliges Waschen in Barytwasser absorbiert und Sauerstoff von Neuem hinzugefügt worden.

11. Versuch.

Der Hund von 1100 g Gewicht erhält als Athmungsluft ein durch atmosphärische Luft stark verdünntes Methan-Sauerstoffgemisch. Das Methan war in 40 bis 50pCt. vorhanden.

Zu Anfang, 4 Uhr, dieselbe Unruhe wie in den früheren Versuchen.

4 Uhr 20 Min. schläfriger Zustand, der nach 15 Minuten in festen Schlaf übergeht. Auf Geräusche reagiert das Thier. Der Schlaf dauert bis

5 Uhr 10 Min., da fließt durch unglücklichen Zufall Wasser aus dem Manometer auf den Boden der Glocke, wodurch der Hund erwacht, aufspringt und anhaltend bellt. Bei der Kälte des Wassers (5°C.) schläft er während weiterer 45 Minuten nicht wieder ein. Der Versuch wird darauf gegen 6 Uhr beendet.

12. Versuch.

Zum Versuchsthier dient diesmal eine Maus. An Stelle der Glocke ist in das System ein etwa 1 Litor grosses Cylinderglas eingeschaltet, durch dessen Kautschukverschluss eine Glasröhre für den Eintritt des Gases bis zum Boden geht, eine andere, kurze, zum Ableiten, mit dem unteren Ende des Pfropfens abschneidet.

4 Uhr 20 Min. Anfang des Durchleitens; die Maus im Glase läuft unruhig umher und klettert an der Glasröhre hinauf.

4 Uhr 30 Min. sitzt sie ruhig, schliesst die Augen halb, wacht auf beim Anklopfen, schläft aber gleich wieder mit tief gesenktem Kopfe. Dieser Zustand ändert sich nicht während $\frac{1}{2}$ Stunde.

5 Uhr wird aus einer in den Apparat durch eine T-Röhre eingeschalteten Flasche mit derselben Stromstärke Luft zugeführt. Nach zwei Minuten wacht sie auf, schaut munter um sich, läuft und klettert umher. Bis

5 Uhr 15 Min. bleibt sie so; dann wird der Luftstrom unterbrochen und wieder Methan zugeleitet.

5 Uhr 30 Min. schläft sie fest und reagirt kaum beim Anklopfen ans Glas.

5 Uhr 40 Min. erwacht sie bald nach Beginn wiederholter Luftzufuhr.

13. Versuch.

Eine junge, mittelgrosse Katze, die 1350 g wiegt, sitzt unter der Glocke.

9 Uhr wird mit der Zuleitung des Methan (genau 4 Vol. CH_4 und 1 Vol. O_2) begonnen. Die Katze sieht sich scheu um.

9 Uhr 15 Min. wird sie träge, schliesst bald die Augen, merkt aber auf leise Geräusche.

9 Uhr 30 Min. hat die Somnolenz zugenommen, sodass die Katze nur auf laute Geräusche kurz erwacht.

9 Uhr 46 Min. wird sie etwas unruhig, sinkt aber nach einigen Minuten wieder in Schlaf, welcher bis

10 Uhr 30 Min. dauert. Da wird der Methanballon abgesperrt und aus einer durch eine T-Röhre eingeschalteten Flasche Luft durch die Glocke geleitet.

10 Uhr 35 Min. Erwachen der Katze. Sie schaut sich unruhig um, miaut und trotz grösster Ruhe in der Umgebung schliesst sie während $\frac{1}{2}$ stündiger Luftzufuhr die Augen nicht.

14. Versuch.

Diesmal sitzen vier Mäuse in einer Zehnliterflasche. Das CH_4 tritt in der bekannten Mischung mit O_2 durch eine kurze Glasröhre in die Flasche und entweicht wieder durch eine bis auf den Boden des Behälters reichende.

11 Uhr 25 Min. Anfang des Zuleitens; die Thiere klettern unruhig umher.

11 Uhr 40 Min. sitzen alle vier ruhig zusammen; nur eine zeigt sich mitunter etwas unruhig.

12 Uhr schlafen Alle fest. Ab und zu wacht die eine, die sich von Anfang

recht lebhaft verhielt, auf und schaut sich um. Im Allgemeinen bleibt der Zustand der Betäubung bis

1 Uhr, wo Luft zugeführt wird.

1 Uhr 15 Min. erwachen sie und zeigen die frühere Unruhe. Sie bleiben an der Luft stehen bis

3 Uhr 45 Min., da wird wieder Methan durchgeleitet.

4 Uhr 5 Min. schlafen alle, reagiren noch auf leises Anklopfen.

4 Uhr 15 Min. erwachen sie erst bei stärkerem Anschlagen oder Umlegen der Flasche, worauf gleich wieder Schlaf folgt.

4 Uhr 50 Min. Beginn der Luftzufuhr.

4 Uhr 56 Min. unruhige Bewegungen; der träge, schläfrige Zustand weicht.

15. Versuch.

Um auch die Wirkung des Methan am Menschen zu erproben, athmete ich selbst dieses Gas, welches mit ca. $\frac{1}{5}$ Vol. O_2 vermischt war, indem ich es durch Druck einer mässigen Wassersäule aus dem Ballon trieb, aus einer unter die Nase gehaltenen Glasröhre. Hier war die Vermischung mit Luft möglich, wodurch ich nur verdünntes Methan athmete. In zwei Zeiträumen von 16 resp. 20 Minuten verbrauchte ich im Ganzen 50 Liter reines Methan. Jedesmal spürte ich einen geringen Druck in Stirn- und Schläfengegend, beim Aufstehen und Bewegen etwas Schwindel, Taubheit und Ohrensausen. Das Gesicht war geröthet und heiss. Der Puls blieb unverändert. In 2—3 Minuten gingen die Erscheinungen beidemal vorüber.

Bei einem Controlversuch, wobei ich aus demselben Apparat gewöhnliche Luft forcirt einathmete, um dem Einwand zu begegnen, obige Symptome seien durch das andauernd tiefe Athmen gekommen, zeigte sich während und nach 35 Minuten nichts Aehnliches.

Gestützt auf diese Versuche über die physiologische Wirkung des Methan kann ich dasselbe nicht als ein ganz indifferentes Gas betrachten. In allen Fällen beobachtete ich nach kurzer Zeit der Einwirkung bei Hunden, Katzen und Mäusen ohne eine vorhergehende Erregung (die anfängliche Unruhe war durch das Einschliessen veranlasst) einen leichten, oft auch festern Schlaf, der in Versuch 9 durch Einfließen von Wasser auf den Boden der Glocke für einige Zeit nicht gehindert wurde. Anästhesie wurde nicht gesehen. An mir selbst konnte ich nur eine sehr leicht betäubende Wirkung merken. Die Erholung erfolgte immer gleich an der Luft, ein Beweis, dass das Methan keine sonderlichen Aenderungen im Organismus zu setzen im Stande ist. Athmung und Puls wurden gar nicht beeinträchtigt. Ob die einschläfernde Wirkung so gross ist, dass bei geeigneter Application kleinere Operationen nach Richardson's Meinung schmerzlos ausgeführt werden können, ist nach dem Gesehenen kaum anzunehmen. Immerhin mag das Methan vermöge seiner leicht hypnotisirenden Wirkung auch in geringem Procentsatze bei der Leuchtgasvergiftung eine wenn auch dem Kohlenoxyd gegenüber fast verschwindende Rolle spielen.

IV.

Versuche über die Wirkung des Aethylen.

Als Bestandtheile des Leuchtgases kommen die schweren Kohlenwasserstoffe, die durch das Aethylen (C_2H_4) vertreten werden, in sehr wechselnder Menge vor; dieselbe schwankt zwischen 5 und 22 Volumprocent¹⁾.

Die Erscheinungen, die nach Athmen von Aethylen auftreten, sind immer als viel ausgeprägter beschrieben worden, wie die unter dem Einflusse des Methan und anderer gesättigten Kohlenwasserstoffe entstehenden.

Bei Eulenberg²⁾ finden wir mehrere Angaben über die Wirkung des C_2H_4 auf den thierischen Organismus. Nach Johannes Müller erzeugt das Gas in kleinen Mengen Schwindel, Uebelkeit, Ohnmacht; in grössern führt es den Tod durch Apoplexie herbei. Auch Gmelin glaubt, dass kleine Thiere dadurch getödtet werden können.

Davy athmete das Gas, mit Luft verdünnt (2 Th. C_2H_4 u. 3 Th. Luft), und bekam Schwindel, Kopfweh und vorübergehende Schwäche der Glieder. — Nach Eulenberg's eigenen Versuchen erzeugt es nur eine geringe Eingenommenheit des Kopfes. Jede positive Schädlichkeit spricht er dem reinen Gase ab.

Auch an Thieren hat er das Aethylen erprobt³⁾. Eine Taube zeigte nach Einathmen einer Luft, die mit 1 pCt. C_2H_4 gemischt war, Anästhesie, nach 3 pCt. wesentlich dieselben Symptome; bei 30 pCt. trat erschwerte Athmung mit baldigem Tod ein. Nach dem Sectionsbefunde war Erstickung die Todesursache.

Bei Versuchen an Kaninchen zeigte sich in 30 proc. Aethylenluft nach kurzer Erregung eine Verlangsamung der Athmung, in einem Falle eine leichte Trunkenheit, die an der Luft rasch verschwand, in einem andern geringe Anästhesie. Immer trat die Erholung rasch ein, und üble Folgen blieben nicht zurück.

Das Gas, welches Eulenberg zu seinen Thierversuchen gebrauchte, stellte er durch Erhitzen von Alcohol mit überschüssiger Schwefelsäure dar, reinigte es durch concentrirte Schwefelsäure von Aetherdämpfen, durch Kalkmilch von schwefliger Säure.

In derselben Weise wird in allen grössern Lehrbüchern der Chemie die Darstellung und Reinigung des Aethylen gelehrt. — Ich verfuhr

¹⁾ Maschka, a. a. O. S. 341.

²⁾ Die Lehre von den schädlichen und giftigen Gasen. 1865. S. 24.

³⁾ Gewerbehygiene. 1876. S. 398.

nun bei Bereitung dieses Gases zu meinen Versuchen ebenso. 1 Th. Alcohol mit 4 Th. concentrirter Schwefelsäure wurden in einem Glascolben, dessen Boden mit geglühtem Sand belegt war, um das Aufschäumen der Flüssigkeit zu verhüten, über einem Sandbade mässig erwärmt. Das sich entwickelnde Gas wurde durch Vorlagen mit Kalkmilch und Barytwasser zur Absorption der schwefligen Säure geleitet, strich dann durch zwei U-Röhren, welche mit concentrirter Schwefelsäure getränkte Bimsteinstücke enthielten, zur Befreiung von Aetherdämpfen, wurde nochmals durch Barytwasser gewaschen und kam mit $\frac{1}{4}$ Vol. O_2 gemischt zur Anwendung. (Um die gänzliche Abwesenheit von SO_2 nachzuweisen, schüttelte ich eine Jodstärkelösung häufig mit dem gereinigten Gas; sie entfärbte sich nicht.)

Die Versuche, die ich mit diesem Gasgemenge an Fröschen, Kaninchen und einem Kanarienvogel anstellte, endigten in einigen Fällen nach schneller, schwerer Betäubung mit dem Tode des Thieres. Das Blut und die Organe wurden bei der Section von hellrother Farbe gefunden. Dies bewog mich den Einfluss dieses Aethylen auf's Blut eingehender zu untersuchen.

Eine Blutprobe wurde längere Zeit mit dem zu den Versuchen verwendeten Gase geschüttelt. Man bemerkte hierauf eine hochrothe, ins Blaue stechende Färbung des Blutes. Im Spektroskop zeigte es, verglichen mit einem durch Wasser gleich stark verdünnten Präparat, eine deutliche Verschiebung beider Absorptionsstreifen nach dem Violetten zu. Der Raum zwischen beiden Streifen war etwas verwaschen.

Hiernach war die Anwesenheit von Kohlenoxyd zu vermuthen, welches denn auch die schweren Vergiftungserscheinungen bei den gemachten Versuchen hervorgerufen haben konnte.

In sämmtlichen mir zu Gebote stehenden grössern Lehrbüchern der organischen Chemie fand ich über eine Verunreinigung des so dargestellten Aethylen durch CO keine einzige Erwähnung. Gerhardt¹⁾ giebt ausdrücklich, um das C_2H_4 „in reinem Zustande“ zu erhalten, die von mir ausgeführte Darstellungsmethode an. Auch in dem neuern Werken war nur die Reinigung von Aether und schwefliger Säure vorgeschrieben. Selbst in dem neuesten Handbuch von Beilstein²⁾ war keine Rede von einer Kohlenoxydbeimischung.

Nur in Hermann's Toxikologie ist bestimmt angegeben, dass CO als zufällige Verunreinigung von künstlich dargestellten Kohlenwasserstoffen vorkommt. Dieser Autor selbst kam bei Einathmung COhaltigen C_2H_4 in Lebensgefahr.

¹⁾ Lehrb. d. organ. Chemie. 1854. II. S. 224.

²⁾ Handb. d. organ. Chemie. 1883. I. S. 307.

³⁾ Lehrb. d. experim. Toxikol. 1874. S. 101.

Meine bisherigen Versuche beweisen also nicht die Wirkung von reinem Aethylen.

Die Aufgabe war nun zunächst, alles CO zu absorbiren; deshalb wurde das sich bildende Gas durch zwei Vorlagen mit Kupferchlorürlösung, abgesehen von den andern zur Entfernung des Aethers und der schwefligen Säure dienenden Vorlagen, geleitet: Dazu benutzte ich grössere Cylinder, die in concentrirter Salzsäure einen starken Ueberschuss an Cu_2Cl_2 enthielten. Das Gas trat durch ausgezogene, bis auf den Boden des Glases reichende Röhren ein und verliess die Vorlage durch eine kurze, über der Lösung befindliche Glasröhre. Nachdem es einigemal durchgegangen, prüfte ich es an Blutlösung; es gab noch eine Kohlenoxydreaction. Selbst nach achtmaligem Durchleiten durch dieselben Vorlagen war noch CO nachzuweisen. Von jetzt ab erneuerte ich bei jedem Durchleiten die Vorlagen, worauf ich erst nach längerem Schütteln des Blutes mit dem Gase das CO erkennen konnte. Nach einem elften Durchgange war das Gas, soviel ich durch gänzliches Bestehenbleiben der O_2Hb streifen und durch das Auftreten des reinen Stokes'schen Streifens bei Zusatz von Schwefelammonium nachweisen konnte, von CO frei.

Die Entfernung des CO war also eine schwierige und umständliche Arbeit; ohne die stete Erneuerung der Vorlagen wäre sie nicht gelungen. Es lag der Gedanke sehr nahe, dass die öfter gebrauchten Vorlagen, mit dem CO vollständig gesättigt, nicht mehr absorptionsfähig gewesen wären; das absorbirte CO hätte sich auch vermöge seiner grossen Tension dem durchstreichenden Gas wieder beimischen können. Dass letzteres wirklich der Fall gewesen, beweist folgender einfacher Versuch.

Durch eine der achtmal angewandten Vorlagen führe ich einen langsamen Luftstrom. Nachdem das etwa noch über der Flüssigkeit stehende Gas dadurch verdrängt war, leite ich die Luft in verdünntes Blut und schüttelte einigemal auf. Darauf war spektroskopisch CO nachzuweisen. Dasselbe Resultat bekam ich, als schon vier Liter Luft durchgegangen waren.

Das in beschriebener Weise gereinigte Aethylen wird mit $\frac{1}{4}$ Vol. Sauerstoff vermischt zu den Versuchen benutzt. Der Apparat, durch den ich das Gasgemisch den Thieren zuführte, war derselbe wie bei den Versuchen über Methan.

16. Versuch.

Ein kleiner, 1550 g wiegender Hund wird unter die Glocke gesetzt, diese hermetisch verschlossen und das Gas zugeleitet.

10 Uhr 59 Min. Beginn des Durchleitens. Das Thier zeigt bald etwas Erregung.

11 Uhr 8 Min. traumhaftes Bellen von etwa $\frac{1}{2}$ Minute, dann tiefer Schlaf.

11 Uhr 12 Min. Oeffnen der Glocke; auf den Boden gesetzt taumelt das Thier

umher, speichelt stark, erbricht sich. Die untere Zungenfläche ist abnorm hochroth. Die Pupillen sind sehr erweitert.

11 Uhr 35 Min. noch etwas Speichelfluss und Trägheit im Gange, sonst normaler Zustand.

17. Versuch.

Unter die Glocke bringe ich einen jungen Hund von 950 g Gewicht und leite nach gehöriger Dichtung ein Gasgemenge von 80 pCt. C_2H_4 und 20 pCt. O_2 durch. Als Vorlagen dienen Natronkalk und Barytwasser. Hinter der Glocke folgt wieder eine Barytflasche zur theilweisen Absorption der CO_2 .

3 Uhr 12 Min. Anfang des Durchleitens. Keine Erregung ist zu sehen.

3 Uhr 30 Min. Das Thier ist schläfrig, wankt hin und her mit dem Kopfe, legt sich nieder zum Schlafen, erwacht jedoch beim Anklopfen an die Glocke und springt auf.

3 Uhr 35 Min. kann es nicht mehr stehen, fällt auf die Seite und sinkt in tiefen Schlaf. Auf Anklopfen keine Reaction mehr. Beim Schiefstellen der Unterlage schlägt es willenlos zur anderen Seite um. Athmung ausgiebig und langsam.

3 Uhr 45 Min. Die Expiration ist von einem kreisenden Tone begleitet, was auf einen Traumbzustand zu deuten scheint. Sonst wird der feste Schlaf durch Nichts unterbrochen.

3 Uhr 48 Min. wird die Glocke abgehoben. Der Hund bleibt betäubt liegen. Die Zunge hochroth, die Gefäße an der unteren Fläche stark injicirt. Bei Geräuschen öffnet er die Augen und hebt den Kopf, kann aber nicht aufstehen. Darauf erbricht er.

3 Uhr 56 Min. Schwanken des erhobenen Kopfes.

4 Uhr. Taumel bei Bewegungen, sodass ein Fortgehen noch nicht möglich.

4 Uhr 10 Min. zeigt sein Gang und sonstiges Verhalten nichts Abnormes mehr.

18. Versuch.

Ein 500 g wiegendes Meerschweinchen bekommt unter der Glocke dasselbe Gasgemenge zu athmen.

4 Uhr 12 Min. Anfang des Durchleitens. Das Thier sitzt ruhig.

4 Uhr 22 Min. Erregung; es dreht sich mehrere Male herum. Athmung langsamer und tiefer.

4 Uhr 35 Min. fällt es zur Seite und sucht vergebens aufzustehen. Die Athmung ist etwas beschleunigt. Pupillen weit. Das Thier reagirt auf Anklopfen gar nicht.

4 Uhr 45 Min. Bei Absetzung der Glocke rollt es sich 5—6 mal um und bleibt auf dem Bauch mit angezogenen Beinen liegen.

4 Uhr 46 Min. kriecht es fort, die Hinterbeine mühsam nachziehend.

4 Uhr 50 Min. ist sein Zustand nicht mehr verändert.

19. Versuch.

Dasselbe Gasgemenge athmete ich selbst, wie vorher Methan, aus einer Glasröhre, die ich unter die Nase hielt. in tiefen Zügen ein. Gegen den unangenehmen, an Phosphor erinnernden Geruch wurde ich nach einigen Minuten unempfindlich. Nach 5 Minuten empfand ich einen Druck im Kopfe, der noch zunahm mit der Zeit, etwas Schläfrigkeit, ein kleines Steigen der Pulsfrequenz von 80 auf 84. Als ich 18 Minuten lang das Gas eingeathmet hatte, verspürte ich bedeutende Muskelschwäche in Armen und Beinen, Schwindel mit etwas unsicherem Gange. An der Luft schwan- den bald diese Symptome und nach 10 Minuten merkte ich nichts Abnormes mehr.

Bei allen Thierversuchen wurde also eine stark betäubende Wirkung des in möglichst hohem Procentsatz angewandten Aethylen gesehen. Auch bei mir selbst zeigte sich nach längerem Einathmen mit Luft verdünnten Aethylens der Beginn einer Narcoese.

Um zu untersuchen, ob das Aethylen auch verdünnt, in Mengen, die doch noch grösser sind als die des Leuchtgases, eine ähnliche, natürlich nicht so intensive Betäubung hervorrufe, machte ich noch einige Versuche mit einem Gasgemenge, das 30—40 pCt. C_2H_4 , 10 pCt. O_2 und 50—60 pCt. Luft enthielt. — Ich stellte das C_2H_4 , um an Zeit beim Reinigen zu sparen, auf folgende Art dar ¹⁾.

In einen Destillirkolben bringe ich gekörntes Zink mit etwas Alcohol. Durch einen Scheidetrichter lasse ich zeitweise 10—15 cem Aethylenbromid ($C_2H_4Br_2$) nachfliessen.

Dasselbe zersetzt sich beim Erwärmen im Wasserbad auf 50—60° C. in Aethylen und Zinkbromid:



Letzteres bleibt im Alcohol gelöst. Dabei ist nur eine Beimischung von Alcoholdämpfen möglich, zu deren Absorption ich zwei Wasservorlagen mache und eine $CaCl_2$ Röhre einfüge.

Die so erzielte Menge C_2H_4 würde für einen Versuch nicht gereicht haben; ich führte deshalb $\frac{1}{4}$ Vol. O_2 und darauf soviel Luft zu, dass das C_2H_4 30—40 pCt. des Gemenges betrug. So konnte ich die Wirkung des stark verdünnten C_2H_4 in den folgenden Versuchen sehen.

20. Versuch.

Ein junges Meerschweinchen von 150 g sitzt in einem 3 Liter grossen Glaszylinder, der, um an schädlichem Raum zu sparen, statt der Glocke in das System eingeschaltet ist. Das Gas tritt durch eine kurze, mit dem Verschluss abschneidende Röhre ein und wird durch eine auf den Boden des Behälters reichende abgeleitet.

3 Uhr 58 Min. Beginn der Gaszufuhr.

4 Uhr 5 Min. Erregung; Wittern nach dem Gase.

4 Uhr 7 Min. langsame Athmung. Erregtes Umherschauen wechselt mit Schläfrigkeit ab.

4 Uhr 29 Min. sehr langsames Athmen. Taumel bei Bewegungen. Es vermag aber noch aufrecht zu sitzen.

5 Uhr 6 Min. Der Zustand hat sich nicht wesentlich geändert; Schlaf ist gar nicht eingetreten. Es wird Luft zugeleitet.

5 Uhr 10 Min. Lebhaftes Umhersehen; Athmung und Bewegungen sind normal.

21. Versuch.

Der kleine Hund von Versuch 17 athmet unter der Glocke das C_2H_4 von voriger Verdünnung.

10 Uhr 52 Min. Anfang; bald grosse Unruhe mit Bellen.

11 Uhr 5 Min. tritt etwas Ruhe ein. In der Folge wechseln Ruhepausen mit erregtem Bellen ab.

¹⁾ Beilstein, Handb. d. organ. Chemie. 1883. I. S. 310.

11 Uhr 55 Min. wird ein Hin- und Herschwancken des Kopfes, taumliges Hinsinken bei Bewegungen beobachtet.

12 Uhr 40 Min. ist noch kein Schlaf eingetreten. Beim Absetzen der Glocke springt der Hund auf, taumelt einige Mal, ist dann aber gleich normal munter.

22. Versuch.

Ein 1200 g wiegender junger Hund wird benutzt.

4 Uhr Anfang des Durchleitens. Der Hund ist nicht so lobhaft wie voriger.

4 Uhr 30 Min. Bellen mit andauernder Unruhe.

4 Uhr 40 Min. Schwankende Bewegungen; er wird ruhiger.

4 Uhr 45 Min. fällt er um und legt sich schlafen. Bei Anklöpfen Erwachen; Schlaf tritt nicht wieder ein.

5 Uhr 10 Min. Abheben der Glocke. Der Hund zeigt etwas schwankenden Gang, der sich schnell zum normalen ändert.

23. Versuch.

Auch dieses verdünnte Gas athmete ich in der schon beschriebenen Weise ein. Der Puls nahm wieder an Frequenz zu (von 76 bis 84). Nach 15 Minuten hatte ich dieselbe Gliederschwäche wie bei Versuch 19, leichtes Drücken in Stirn- und Schläfengegend. Die Bewegungen waren etwas unsicher. Die Gesichtsfarbe hatte sich nicht geändert.

Bei Wiederholung des Versuches zeigte sich dasselbe. Beide Mal schwanden die Erscheinungen nach wenigen Minuten.

Die Versuchsreihe über das Aethylen wird hier abgeschlossen; das Ergebniss ist, dass dieses Gas zu den ziemlich kräftig wirkenden Narcoticis zu rechnen ist. Von 70—80 pCt. C_2H_4 beobachtete ich bei allen Thieren stets nach verschieden langem Erregungsstadium bald eine zunehmende Betäubung, die zuletzt in festen, durch Gehörsreize nicht zu unterbrechenden Schlaf überging. Die zu Anfang kaum merklich gesteigerte Athmung wurde bei Eintritt des Schlafes verlangsamt. Besonders auffallend war bei den betäubten Hunden die abnorme Röthung der zugänglichen Schleimhäute, namentlich der Zunge, und der gesteigerte Speichelzufluss. Nach der beobachteten starken Injection der Gefässe an der untern Zungenfläche kann man an einen Einfluss des Aethylen, ähnlich wie beim Amylnitrit, auf die Vasomotoren denken, so dass die Röthung vom hohen Blutgehalt der erweiterten Schleimhautgefässe, nicht aber — was auch ja Schütteln defibrinirten Blutes mit reinem Aethylen ergab — von einer Veränderung des Blutfarbstoffes abhängig wäre.

Die Erholung kam immer vollständig nach wenigen Minuten; verschiedene Mal stellte sich in diesem Stadium Erbrechen ein.

Zu 30—40 pCt. der Athmungsluft beigemischt war die Wirkung des C_2H_4 bedeutend gemildert; ein andauernd fester Schlaf ward nie beobachtet, eine sehr lange währende Erregung mit geringen Taumelerscheinungen war die Folge.

Auch die Versuche an mir selbst bestätigten die leicht narcotisirende Wirkung des durch Luft verdünnten C_2H_4 , die unter dem Einfluss gewöhnlicher Luft bald verschwand.

Da ich beim Imprägniren von Blut mit Aethylen nur eine leichte Reduction des Oxyhämoglobins am Hervortreten des Stokes'schen Streifens erkannte, und eine andere besondere Veränderung des Blutes bis jetzt nicht nachgewiesen worden, so muss die Wirkung des Aethylen als direct auf's Gehirn und wahrscheinlich auch auf die Vasomotoren, jedenfalls auf die der Mundhöhle bezogen werden.

V.

Am Schlusse dieser Arbeit möchte ich die durch meine Versuche gewonnenen Resultate noch kurz zusammenstellen.

1) Das Kohlenoxyd, der hauptsächlich giftige Bestandtheil des Leuchtgases, kann im Blute an der Verschiebung der Absorptionsbänder des Spectrums nach dem Violetten hin mit Hülfe des Schulz'schen Apparates noch nachgewiesen werden, wenn es in der mit dem Blute geschüttelten Luft in 1 : 1800 (= 0,056 pCt.) Volum vorhanden ist.

2) Die Verbindung des CO mit dem Hämoglobin ist nicht so fest, als dass sie nicht bei Durchleiten von Luft und Sauerstoff gelöst werden könnte. Der reine Sauerstoff wirkt in seiner Masse schneller und vollständiger als gewöhnliche Luft, und es ist danach bei Leuchtgasvergiftung die Inhalation reinen Sauerstoffs wenigstens rationell, wenn auch nicht zuviel versprechend und unter den allermeisten Verhältnissen kaum durchführbar.

3) Die künstliche Oxydation des im Blute enthaltenen CO zu CO₂ kann durch Anwendung von Ozon, Wasserstoffsperoxyd oder salpetrigsaurem Natron nicht bewirkt werden.

4) Das Methan ist nach Versuchen an jungen Hunden, Katzen und Mäusen als ein sehr leichtes Hypnoticum zu betrachten, von dem man bei möglichst grossem Procentgehalt einen ausgesprochenen, aber sehr flüchtigen Schlaf beobachtet. Auch beim Menschen tritt nach Athmen des Methan eine geringe Benommenheit auf, die an der Luft rasch vergeht.

5) Das Aethylen zeigt die betäubende Wirkung in höhern Grade; 70—80 pCt. erzeugen einen sehr tiefen, anästhetischen Schlaf bei den genannten Thieren, der etwas länger dauert als die Einwirkung. Geringer Gehalt der Athemluft an diesem Kohlenwasserstoff vermag nur einen trunkenen Zustand bei ihnen herbeizuführen.

Bei mir selbst bewirkte Einathmen von Aethylen deutlich den Anfang einer Narcose. Die Wirkung war von sehr kurzer Dauer, doch weniger flüchtig als beim Methan.

6) Die Leuchtgasvergiftung ist also im Wesentlichen als Kohlenoxydvergiftung anzusehen; jedoch müssen wir auch den leichten und schweren Kohlenwasserstoffen eine wenn auch geringfügige Complication der Vergiftung zuschreiben.

7) Die in den Hand- und Lehrbüchern vorgeschriebene Methode zum Reinigen des Aethylens reicht bei Weitem nicht aus. Nur oft wiederholtes Durchleiten des Gases durch Kupferchlorür nimmt die letzte Spur des bei der gebräuchlichen Darstellung stets vorhandenen Kohlenoxyds hinweg.

An dieser Stelle ergreife ich mit Freuden die Gelegenheit, Herrn Professor Dr. Binz, der mir bereitwilligst gestattete, die Versuche in seinem Laboratorium anzustellen, und mir während meiner Arbeit gütige Unterstützung zukommen liess, meinen herzlichsten Dank auszusprechen. In gleicher Weise fühle ich mich Herrn Dr. Bodländer, Assistenten des hiesigen pharmakologischen Instituts, gegenüber für das freundliche Entgegenkommen zu grossem Danke verpflichtet.

Lebenslauf.

Geboren wurde ich, Franz Lüsse, kath. Confession, am 24. Juli 1858 zu Gross-Vernich im Kreise Euskirchen als Sohn von Joh. Math. Lüsse und Anna Sibilla geb. Kader. Meinen Vater verlor ich im Jahre 1873 durch den Tod.

Nachdem ich den ersten Unterricht in meiner Heimath genossen, besuchte ich von Herbst 1874 an das Gymnasium zu Müntereifel, welche Anstalt ich Ostern 1880 mit dem Zeugnisse der Reife verliess.

Darauf widmete ich mich an der Universität zu Bonn dem Studium der Medicin und bestand am Schlusse des 4. Semesters das Tentamen physicum. Im nächsten Semester, Sommer 1882, bezog ich zur Fortsetzung meiner medicinischen Studien die Universität zu Würzburg und genügte dort gleichzeitig meiner halbjährigen Dienstpflicht mit der Waffe beim 9. bayr. Infanterie-Regiment. Die vier folgenden Semester gehörte ich wieder der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn an, wo ich als Auscultant und Practicant die verschiedenen Kliniken und Vorlesungen besuchte. Das medicinische Staatsexamen beendete ich am 6. Februar, das Examen rigorosum bestand ich am 11. Februar 1885.

Meine academischen Lehrer waren die Herren Professoren und Dozenten:

Binz, Burger, Clausius, Doutrelepont, Finkler, v. Hanstein, Kekulé, Kochs, Koester, Kruckenberg, v. Leydig, Matterstock, Nasse, Nussbaum, Pflüger, Prior, Ribbert, Rindfleisch, Rühle, Rumpf, Schaaffhausen, Schulz, Saemisch, Trendelenburg, Ungar, v. la Valette St. George, Veit, Wolffberg, Zuntz.

Allen diesen hochverehrten Herren meinen besten Dank.



11506