XIII.

Zur Chloroformnarkose.

Von

J. Neudörfer

in Wien.

(Hierzu Tafel VI. VII.)

Die Ueberbürdung mit Dienst- und Berufsgeschäften hat es mir bis nun nicht gestattet, eine in ihren Umrissen seit langem beendete grössere Arbeit druckfertig zu machen. — Die grosse praktische Wichtigkeit der Chloroformnarkose veranlasst mich, nicht länger zu zögern und den Fachgenossen schon jetzt einen Auszug aus dem ersten Abschnitt der erwähnten Arbeit zur Prüfung zu unterbreiten. Ich werde mich glücklich schätzen, wenn mein Ideengang und meine Schlussfolgerungen Anklang und meine Praxis Nachahmung finden.

Ich werde mich in den nachfolgenden Zeilen auf die Mittheilung von nackten Thatsachen und einfachen Beobachtungen beschränken, mich sorgfältig von der Aufstellung jeder Hypothese fernhalten und es dem Leser überlassen, sich nach seinem speciellen Standpunkte seine eigene Hypothese über die Erscheinungen zu bilden. Nur ein einziges Mal werde ich eine Ansicht aussprechen, für deren Richtigkeit ich bis zur Stunde den vollen Beweis nicht zu erbringen vermag. Die Veröffentlichung dieser Ansicht, auch wenn dieselbe sich hinterher als unhaltbar erweisen sollte, dürfte dennoch eine nachsichtige Beurtheilung finden, weil dieselbe der Ausgangspunkt der Untersuchung und das Motiv gewesen ist, welches diesen Theil der Arbeit provocirt hat. Auch der Irrthum, wenn er den Weg zur Wahrheit eröffnet, verdient Nachsicht.

Ich gehe zur Sache über.

Es braucht wohl nicht erst erörtert zu werden, dass über die Quantität des bei der Athmung aufgenommenen Chloroforms, über die Einwirkung desselben auf das Blut und auf die Gewebe, sowie über das endliche Schicksal des Chloroforms im Blute nur Vermuthungen, aber keine Thatsachen existiren.

Indem ich diesen Fragen näher zu treten und Thatsachen und Zahlen zu erlangen strebte, war es mir klar, dass ich bei aller Sorgfalt und Genauigkeit nur approximative Werthe erreichen kann, weil die Prämissen, mit denen ich arbeiten muss, nur Mittelwerthe darstellen, die grossen Schwankungen unterliegenden Grenzwerten entnommen sind. Im Körper kann man sich das bei der Respiration aufgenommene Chloroform niemals in flüssigem Zustande, nur dampfförmig vorstellen, weil, abgesehen von der Eigenschaft des flüssigen Chloroforms die Gewebe zu ertöden, dasselbe als Dampf eingeathmet, Dampf bleiben muss; denn im Blute ist die Temperatur höher als in der atmosphärischen Luft — andere Momente zur Condensation des dampfförmigen Chloroforms, starker Druck oder chemische Anziehung, existiren im Blute nicht. Wir haben es daher stets mit dampfförmigem Chloroform zu thun.

Es drängt sich nun zunächst die Frage auf:

1. Welches Volum nimmt der von 1 Ccm. flüssigen Chloroform entwickelte Dampf bei 15—20° C. und 760 Mm. Druck ein?

Nimmt man die Dampfdichte des Chloroforms auf atmosphärische Luft bezogen, bei 0° C. und 760 Mm. gleich 4,129¹⁾, so lässt sich zeigen, dass 1 Ccm. Chloroformdampf bei 0° C. und 760 Mm., 0,0053413 Grm. wiegt. Das specifische Gewicht des Chloroforms lehrt, dass 1 Ccm. desselben bei 0° C. 1,5252 Grm. wiegt, folglich gibt 1 Ccm. flüssiges Chloroform bei 0° und 760 Mm. 285,54 Ccm. Chloroformdampf; bei gewöhnlicher Temperatur, das ist bei 15—20° C., wird diese Ziffer sich auf circa 300 erhöhen. Schon diese einzige Ziffer gibt einen Anhaltspunkt zur Beurtheilung des Chloroformgehaltes der Luft und zur Dosirung dieses Anaestheticums. Denn wenn man in einem geschlossenen Raum, in einem Sack oder einer thierischen Blase von 10 Liter Inhalt 1 Ccm. Chloroform verdampfen lässt, so werden in diesem Raum circa 300 Ccm. Chloroformdampf sich ausbreiten, dieser Sack wird also eine Atmosphäre enthalten, in der circa 3 Proc. Chloroform gleichmässig vertheilt sind. Man kann aber

2. die Mengung des Chloroformdampfes mit einem permanenten Gase, von einem anderen Gesichtspunkte betrachtet, noch auf andere Art procentuarisch bestimmen. Gesetzt, es werde bei einer mittleren Temperatur von 20° C. ein Gemenge von Luft (oder Sauerstoff) und gesättigtem Chloroformdampf hergestellt und 100 Ccm. dieses Dampfgemenges zur Untersuchung herausgenommen, so kann man mit

1) Nach Regnault beträgt dasselbe 4,23, nach Dumas 4,199 und nach der Aequivalentformel des Chloroforms $\text{CHCl}_3 = \frac{119,5}{28,94} = 4,129$.

Bestimmtheit angeben, dass in diesem Gemenge nur so viel Chloroformdampf enthalten sein kann, als seiner Tension bei 20° C. entspricht. Nun beträgt nach den Berechnungen von Regnault die Tension des reinen Chloroformdampfes bei 20° C. 161,58 Mm. Wenn nun der Druck des Gemenges 760 Mm. ist, so beträgt der Partialdruck des Chloroformdampfes 161,58 und der des permanenten Gases 598,42 Mm. Daraus lässt sich durch eine einfache Berechnung das procentuarische Verhältniss zwischen dem permanenten Gase und dem Chloroformdampf berechnen. Es muss dann der Chloroformdampf mit 21,26 und das permanente Gas mit 78,74 Theilen in dem Dampfsgemenge vertreten sein, oder in runden Zahlen ausgedrückt, kann man sagen: In 100 Volumen des Gasdampfgemenges sind 80 Theile Gas und 20 Theile reinen Chloroformdampfes. Mit anderen Worten, bei der gewöhnlichen Temperatur von 20° C. und 760 Mm. Druck können in der Luft höchstens 20 Proc. Chloroformdampf enthalten sein. Eine grössere Menge flüssigen Chloroforms, welches in diesen begrenzten Luftraum gegossen wird, vermag den Procentgehalt der Luft an Chloroform nicht zu erhöhen. Das zugegossene Chloroform wird flüssig bleiben und nur so viel desselben wird in Dampf übergeführt werden, als der Tension entspricht, das sind circa 20 Proc., und diese Ziffer stellt die Maximalgrenze der Mengung des Chloroformdampfes mit einem fixen Gase dar.

Diese Deduction gibt uns die Mittel an die Hand, das Dampfsgemenge zwischen 0 und 20 Proc. dem Volumen nach zu dosiren.

Es geht ferner darans hervor, was sich übrigens von selbst versteht, dass es absolut unmöglich ist, einen Menschen oder Thier reines Chloroform athmen zu lassen. Man könnte sich zwar reinen Chloroformdampf erzeugen, wenn man flüssiges Chloroform in einem Vacuum verdampfen liesse, aber dieser reine Chloroformdampf würde, wenn es auch gelingen sollte, denselben direct in die Lunge zu bringen, sich mit der daselbst befindlichen Luft in dem früher erwähnten Verhältnisse mischen.

3. Um sich eine richtige Vorstellung von der approximativen Menge des bei der Narkose aufgenommenen Chloroforms zu machen, ist es nothwendig, sich zu erinnern, dass wir niemals direct athmen, das heisst, dass wir das eingeathmete Gas niemals direct mit der gasabsorbirenden Oberfläche der Lunge in Berührung bringen, sondern dass dieses stets nur indirect, durch Vermittelung der constant in der Lunge bleibenden Luftmenge geschieht. Wenn wir daher vom Alter, Geschlecht und von der individuellen Verschiedenheit des Athmenden abstrahiren, und auch keinen weiteren Unterschied machen

zwischen der auspressbaren und nicht auspressbaren Lungenluft, Residual air- und Reserveluft, und uns bei dieser Betrachtung mit Mittelwerthen und ganzen Zahlen begnügen, so können wir die Capacität der Lunge mit 3500 Ccm. veranschlagen, d. h. der Raum, den die Lungenalveolen, die Bronchiolen und die Bronchien bei normaler Athmung vor einer Inspiration zusammen einnehmen, beträgt 3500 Ccm.

Bei der Inspiration dehnt sich dieser Raum aus und es dringen durch die Nase und den Kehlkopf 500 Ccm. Luft von aussen ein. Diese von aussen eingedrungenen 500 Ccm. erwärmen sich und tauschen in Berührung mit den in der Lunge vorhanden gewesenen 3500 Ccm. Luft ihre gasige Zusammensetzung nach dem Gesetze der Diffusion aus, und wenn dieses geschehen, verkleinert sich der Thoraxraum, die 500 Ccm. verlassen die Lunge in geänderter procentischer Zusammensetzung ihrer gasigen Bestandtheile und eine neue Inspiration kann beginnen. In der Zwischenzeit, das ist zwischen zwei Inspirationen, die wir im Mittel und in runder Zahl auf 3 Secunden festsetzen wollen, tauscht die Lungenluft ihren Gasgehalt mit dem im Blute befindlichen Gase aus, indem dieselbe, wenn wir vom Stickstoffe abstrahiren, Kohlensäure aus dem Blute aufnimmt und Sauerstoff an dasselbe abtritt. Dieser Gasaustausch zwischen den in der Lungenluft und im Blute enthaltenen Gasen erfolgt zwar nach analogen Gesetzen, wie zwischen zwei Luftarten, und zwar proportional dem Drucke oder der Spannung, welche die einzelnen Gase ausüben, aber die Verhältnisse compliciren sich hier sehr bedeutend. Wir haben es hier zunächst mit einem Absorptionscoefficienten zu thun, der bei derselben Flüssigkeit für verschiedene Gase verschieden ist, d. h. dieselbe Flüssigkeit vermag von verschiedenen Gasen verschiedenen grosse Volumina aufzulösen; dazu kommt noch, dass im Blute verschiedene Formbestandtheile existiren, welche ein verschiedenes Lösungsvermögen für die verschiedenen Gase besitzen. Dennoch ist es gelungen, auch über diesen Gasaustausch zu mittleren Werthen zu gelangen. Durch wiederholte Beobachtungen wissen wir, dass Arterienblut circa 20 Proc. Sauerstoff und 40 Proc. Kohlensäure, dass hingegen Venenblut circa 11 Proc. Sauerstoff und 46 Proc. Kohlensäure enthält; ferner, dass das lebende Blut den Sauerstoff und die Kohlensäure nicht im Sättigungszustande enthält, dass im Erstickungsblut der Sauerstoff bis 0,4 Proc. sinken, die Kohlensäure bis 55 Proc. steigen kann, dass das Serum gar keinen Sauerstoff aufnimmt, dass derselbe hauptsächlich vom Hämoglobin aufgenommen wird, dass bei jeder Athmung circa 5 Proc. Sauerstoff vom Blute auf-

genommen und etwas weniger Kohlensäure vom Blute abgegeben werden.

Wenden wir das eben Gesagte auf die Athmung mit Chloroform an, so wissen wir, dass sich der Gehalt der eingeathmeten Luft an Chloroform relativ leicht bestimmen lässt, dass ferner, wenn wir eine Luft mit 20 Proc. Chloroform einathmen, mit den 500 Ccm. eingeathmeter Luft 100 Ccm. Chloroformdampf in die Lunge gebracht werden; ferner, dass in der Lunge das Chloroform der inspirirten Luft durch Diffusion in die Lungenluft übergeht. Damit endet jedoch unser positives Wissen in dieser Angelegenheit. Wir wissen nur nach den Gesetzen der Diffusion, dass die inspirirte Luft nicht ihren ganzen Chloroformgehalt der Lungenluft abtreten kann, und wir überzeugen uns leicht, dass die ausgeathmete Luft noch fast ebenso stark nach Chloroform riecht, wie die inspirirte Luft; aber nachdem der Geruchssinn als Maassstab zur Beurtheilung des Procentgehaltes der Luft an Chloroform nicht verwendbar ist, so wissen wir nicht, ob die inspirirte Luft ein Viertel, die Hälfte oder zwei Drittel ihres Chloroforms in der Lunge zurückgelassen hat.

Noch schlimmer steht es mit unserem Wissen, wie viel von dem in der Lungenluft enthaltenen Chloroform in den Körper übergeht, weil über den Absorptionscoefficienten der verschiedenen thierischen Flüssigkeiten für den Chloroformdampf bisher nichts bekannt ist. Einige dieser Daten werden in diesen Blättern approximativ bestimmt werden. Hier mag nur erwähnt werden, dass unter geeigneten Umständen 600 Ccm. und selbst 500 Ccm. Chloroformdampf zur vollen Narkose hinreichen.

4. Claude Bernard ¹⁾ hat durch seine schönen Versuche am Frosche nachgewiesen, dass die anästhesirende Wirkung des Chloroforms nur durch das Blut an die verschiedenen Körpertheile übermittelt wird, und wenn er die Blutbahn in einem Gebiete des Körpers abgeschnürt hat, so fehlten in diesem Körperbezirke die allgemeinen Erscheinungen der Anästhesie. Ich habe diese Thatsache auf einem anderen Weg für Warmblüter nachgewiesen.

Ich habe Hunden mittlerer Grösse bis 10000 Ccm. mit Chloroform gesättigter Luft subcutan in den Körper eingetrieben, die Hunde waren durch diese Manipulation sackartig aufgebläht und unförmig geworden; aber es konnte an denselben weder gleich, noch später weder eine Spur einer allgemeinen, noch einer localen Anästhesie wahrgenommen werden. Daraus lässt sich schliessen, dass das ein-

¹⁾ Leçons sur les anesthésiques et sur l'asphyxie par M. Claude Bernard. Paris 1875. Baillière et Fils. p. 99—119.

getriebene Luft-Chloroformgemenge theils durch die äusseren Bedeckungen nach aussen diffundirt, theils von den Geweben zurückgehalten und mit der resorbirten Luft gar kein Chloroform oder eine derart geringe Menge in den Kreislauf gelangt, die zur Hervorbringung von anästhetischen Erscheinungen nicht ausreicht. Für Warmblüter ist die Möglichkeit der directen Aufnahme einer hinreichend grossen Quantität von Chloroformdampf ins Blut nur durch die Lungenathmung gegeben, weil nur hier die Bedingungen für die directe Aufnahme des Dampfes ins Blut vorhanden sind, wie gleich gezeigt werden soll.

Nach den Berechnungen von Zuntz¹⁾ beträgt die Oberfläche eines Lungenalveolus beim Menschen 0,126 Qmm., deren die Lunge etwa 725 Millionen besitzt mit einer Gesamtoberfläche von 90 Qm., die 100 mal grösser als die Oberfläche des Körpers ist. Die Oberfläche eines jeden Alveolus besteht aber aus lauter Capillarschlingen, die so schmal sind, dass nur ein Blutkörperchen in denselben Platz hat, und deren Wände an Dicke und Durchlässigkeit der Wand einer Seifenblase entsprechen. Die Lungenathmung bringt demnach eine 90 Qm. grosse Capillarfläche mit der eingeathmeten Luft in Berührung und gestattet derselben ihre Bestandtheile durch die äusserst dünne Alveolenwand an das Blut abzugeben.

An die unmittelbare Einbringung des Chloroforms ins Blut durch die Venen oder durch die Arterien ist gar nicht zu denken, weil das Chloroform, wenn dasselbe in flüssiger Form in die Vene oder in die Arterie gebracht wird, das mit ihm in Berührung kommende Blut tödtet und zerstört; das dampfförmige Chloroform aber, welches vermöge seiner Verdünnung milder wirkt, kann niemals für sich allein, sondern immer mit einem fixen Gas gemengt, welches letztere in viermal grösserer Menge vorhanden ist, in die Blutgefässe gebracht werden. Von Luft oder einem anderen fixen Gas wissen wir, dass dasselbe in grösserer Menge in die Blutgefässe, besonders in die Venen gebracht, auf rein mechanischem Wege tödtet. Es ergibt sich aus dieser Deduction, dass für die Verwendung des Chloroforms zur Narkose sowohl der subcutane als intravenöse Weg verschlossen ist, dass also wirklich nur der intrapulmonale Weg offen bleibt.

5. Aus dem eben Gesagten ist zu entnehmen, dass die ganze Oberfläche der Lunge mit dünnwandigen und engen Capillaren ausgestattet ist, in welchen nur ein Blutkörperchen passiren kann; damit soll jedoch nicht etwa gesagt sein, dass nur die Blutkörperchen das Chloroform aufzunehmen vermögen, wir werden später sogar angeben,

1) Handbuch der Physiologie von L. Hermann. IV. Bd. 2. Thl. Leipzig 1882.

wie viel Chloroform das Serum aufzunehmen vermag; aber es ist doch in hohem Grade wahrscheinlich, dass die Blutkörperchen durch ihren Chloroformgehalt den Hauptantheil an der Erzeugung der Narkose haben, es stellt sich daher das Bedürfniss heraus, die Einwirkung des Chloroforms auf die Blutkörperchen näher zu studiren.

Die Einwirkung des flüssigen Chloroforms auf die Blutkörperchen soll in diese Betrachtung nicht einbezogen werden, weil das flüssige Chloroform so mächtig und zerstörend wirkt, dass an denselben nicht viel zu beobachten ist; das Beobachtungsobject wird in eine gelbliche, gleichmässig kernige Masse umgewandelt, in welcher man nur sehr vereinzelt den Schatten eines früher vorhanden gewesenen Formbestandtheiles des Blutes erkennt. Dagegen ist die Einwirkung des dampfförmigen Chloroforms auf die Blutkörperchen höchst prägnant. Ich bin so zu Werke gegangen:

Unter der continuirlichen Einwirkung einer mit Chloroform gesättigten Luft (20 Proc.), welche aus einer Blase gegen den Finger getrieben wurde, habe ich mit einer feinen Nadel einen Stich in den Finger gebracht, so dass der hervorgepresste Blutropfen immer von dem Gasdampfstrom bespült blieb; unter der Einwirkung desselben wurde ein feines Deckgläschen sanft über die kleine Blutkuppe geführt und vorsichtig auf ein gleichfalls von dem Gasdampfgemenge bespültes Objectglas gelegt, und mit Hartnack's und Lenz' Objectiv Nr. 8 untersucht. Es wurden stets mindestens drei Proben von dem so präparirten Blute gleichzeitig angefertigt und zur Controle wurde eine Probe desselben Blutes angefertigt, auf welches kein Chloroform eingewirkt hat. Die Beobachtungsdauer betrug stets 2—3 Stunden. Bei den geldrollenförmig zusammenhängenden Blutkörperchen war nichts Besonderes wahrzunehmen, wahrscheinlich weil das Chloroform auf diese zusammenhängenden Massen nicht intensiv genug einwirken konnte, dagegen konnte an den isolirten Blutzellen stets beobachtet werden, dass dieselben grösser, entfärbt, weich und teigig sind, Eindrücke und Abplattungen, Risse und Umkrümpungen zeigend; dort wo sich zwei oder mehrere Blutzellen berührten, platteten sie sich ab; einzelne erschienen verschmolzen zu einer langen ovalen Zelle, die in der Mitte eine Scheidewand trug, wie man sie an in der Theilung begriffenen Zellen wahrnimmt, andere zeigten theils eine reguläre, theils eine unregelmässige polygonale gegenseitige Abplattung, mosaik- oder pflastersteinartig, wieder andere waren unregelmässig oder keulenförmig in die Länge gezogen, überhaupt waren die sonderbarsten Formen wahrzunehmen, wie man sie niemals im Blute findet. Bei flachliegenden und wenig veränderten Blut-

zellen war der Rand stark aufgequollen, ein wenig perlmutterartig glänzend, während die Delle breiter und einen nabelartigen Knopf trug; bei geändertem Focus wurde der gequollene Rand dunkel, die Delle licht. Nach einiger Zeit, nach etwa einer halben Stunde, ist in der Delle eine feine Streifung wahrzunehmen, wie man sie an den Amylumzellen und an den quergestreiften Muskelfasern sieht; wo die veränderten Blutzellen in grösserer Menge angehäuft waren, flossen dieselben zusammen und wurden undeutlich, die Contouren erschienen schattenhaft und konnten nicht zur scharfen Wahrnehmung gebracht werden, nach welcher Richtung auch die für die feine Einstellung bestimmte Schraube bewegt wurde. Morgensternartig geschrumpfte Blutkörperchen konnten nicht wahrgenommen werden, und nur sehr wenige Blutkörperchen erschienen an ihrem Rande zahnartig gezackt. Die weissen Blutkörperchen blieben durch die Einwirkung des Chloroformdampfes ganz unverändert. Der dritte Formbestandtheil des Blutes, die Hayem'schen (Bizzozero) Hämatoblasten, wurden nicht gefunden, es wurde ihnen übrigens bei dieser Beobachtung keine Aufmerksamkeit zugewendet. Alle hier aufgezählten Veränderungen hat mein geehrter Freund Weichselbaum gesehen und constatirt, und kann sich Jedermann sehr leicht von der Richtigkeit dieser Angaben überzeugen. Erwähnt muss doch werden, was die Controlversuche ergeben haben. Wenn man Blut ohne Zusatz einer Flüssigkeit und ohne Einwirkung von Chloroformdampf zwischen Object- und Deckglas bringt und durch Druck und Verschiebung des Deckgläschens die eingeschlossenen Blutkörperchen maltraitirt, so bekommt man ähnliche Bilder, wie sie hier geschildert wurden; unter der Einwirkung des Chloroforms erhält man die Bilder jedoch auch bei der schonendsten Behandlung der Blutkörperchen. Die früher beschriebene Querstreifung und concentrische Streifung an den Blutkörperchen, die, nebenbei gesagt, beim gequetschten Controlblute nicht gefunden wurden, halte ich für den optischen Ausdruck der Interferenz des Lichtes, für die Beugung der Strahlen beim Passiren einer sehr dünnen Membran (Seifenblase).

6. In der früheren Nummer wurde gezeigt, dass durch die Einwirkung des dampfförmigen Chloroforms die rothen Blutkörperchen weich, teigig, entfärbt werden, Risse und Falten bekommen und die sonderbarsten Formen annehmen. Diese Veränderungen werden durch die Einwirkung des Chloroformdampfes auf das Hämoglobin der Blutkörperchen hervorgebracht. Die letzteren nehmen aber auch, wenn der Chloroformdampf dieselben verlassen hat, nicht mehr ihre frühere Gestalt an, sind auch zu ihrer Function nicht mehr geeignet, sie

haben ihr Leben eingeblüht, sie zerfallen und verschwinden allmählich aus dem Kreislauf. Man darf sich daher die Wirkung des Chloroforms auf die Blutkörperchen nicht analog wie die des Sauerstoffes oder der Kohlensäure vorstellen, welche Gase absorbiren und wieder abgeben und dabei geeignet bleiben, die Aufnahme und Abgabe der Gase beliebig oft zu wiederholen. Das Chloroform wirkt vielmehr wie ein Gift auf die Blutkörperchen, es tödtet dieselben.

Dieser Vorgang ist jedoch im Allgemeinen nicht so tragisch, als derselbe für den ersten Augenblick erscheint. Wir werden später die besonderen Bedingungen aufsuchen, unter welchen dieses Spiel zu einem dramatischen Ausgang führt. Für jetzt soll nur gezeigt werden, dass wir im Allgemeinen die giftige Wirkung des Chloroformdampfes beim Athmen doch nicht gar so sehr zu fürchten haben.

1 Ccm. Blut enthält ca. 20 Tropfen frei fallenden Blutes. Ein frei fallender Blutstropfen entspricht daher 50 Cmm. und enthält ca. 250 Millionen Blutkörperchen. Erinnert man sich nun, dass in der Lunge nur so dünne Capillaren existiren, dass in denselben nur ein Blutkörperchen Raum hat, so werden 250 Millionen Blutkörperchen, wenn sie nebeneinander in eine Fläche gelegt würden, in demselben Abstände wie sie in den Lungencapillaren sich befinden, eine so grosse Oberfläche in Anspruch nehmen, dass die mit 90 Q.-M. angenommene innere Oberfläche der Lunge kaum 500 Ccm. Blut zu fassen im Stande ist. Wenn alle diese Blutkörperchen zerfallen würden, so würde dieses jedenfalls einem bedeutenden Blutverluste entsprechen, aber absolut tödtlich wäre derselbe nicht. In der Wirklichkeit verhält sich die Sache ganz anders. Es wurde schon früher erwähnt, dass das in den Gefässen kreisende Blut niemals so viel Sauerstoff aufnimmt, als das extravasirte Blut aufzunehmen vermag. Mit anderen Worten, das in den Gefässen kreisende Blut enthält die absorbirten Gase niemals in vollem Sättigungszustande. Es wird ferner später gezeigt werden, dass nach dem Graham'schen Gesetze die Diffusion der Gase im verkehrten Verhältniss der Dichte, strenge genommen, nach dem verkehrten Verhältniss der Quadratwurzeln der Dichte der diffundirenden Gase steht; dass also von dem schweren Chloroformdampf weniger als von der leichteren Luft durch die innere Oberfläche der Lunge diffundirt. Endlich und hauptsächlich ist zur Hervorrufung der eben geschilderten tödtlichen Wirkung des Chloroforms auf die Blutkörperchen eine längere Einwirkung auf die ruhenden Blutkörperchen nöthig. Die in den Lungencapillaren sich bewegendenden Blutkörperchen werden nicht lange genug den Chloroformdämpfen ausgesetzt sein und werden daher auch nicht der Zerstörung anheimfallen; sie

werden nur eine ganz oberflächliche partielle Erweichung erfahren, aber doch lebensfähig bleiben und nur eine ganz kleine Zahl von Blutkörperchen kann die volle Einwirkung des Chloroformdampfes erfahren und zu Grunde gehen, was von keiner ernsten Bedeutung ist.

7. Das Chloroform hat zwar einen ganz charakteristischen Geruch und ist selbst in sehr geringer Menge von Jedermann leicht zu erkennen, so dass man durch den Geruchsinne die An- oder Abwesenheit selbst geringer Mengen Chloroforms erkennen kann; doch bleibt das Urtheil, welches wir mit Hülfe des Geruchsinnes fällen, immer ein subjectives. Mit demselben kann man Niemand die Anwesenheit des Chloroforms zeigen und noch weniger ihn von derselben überzeugen. Diesem Uebelstand hat Lustgarten in dankenswerther Weise abgeholfen. Lustgarten¹⁾ hat gezeigt, wenn man α oder β Naphtol in concentrirter Kalilauge löst, zur Lösung Chloroform hinzusetzt und auf circa 50° erwärmt, so erhält man eine prächtig berlinerblaue Flüssigkeit, deren Farbe beim Stehen Wandlungen von Blaugrün, Grün, Grünbraun zum Braun durchmacht. Man kann daher auch umgekehrt bei Anwesenheit des Chloroforms durch eine alkalische Lösung von in Kalilauge gelöstem Naphtol die beschriebene charakteristische Reaction hervorrufen, sie verschwindet beim Erkalten und kann durch Erwärmen ein- oder zweimal wieder hervorgerufen werden. Diese Reaction lässt zur qualitativen Nachweisung des Chloroforms nichts zu wünschen übrig. — Um einen näheren Einblick in die hier abgehandelte Frage zu gewinnen, reicht der qualitative Nachweis des Chloroforms nicht hin, sondern es ist die viel schwierigere quantitative Bestimmung des Chloroforms nothwendig. Ich habe gesucht, meinen Freund, den ausgezeichneten Chemiker und gewandten Analytiker Herrn Florian Kratschmer, für diese Frage zu interessiren und ihn zu bewegen, diesen Theil der Frage mit mir zu studiren.

Das Chloroform ist ein höchst beständiger Körper, der auch in der Wärme keine chemischen Verbindungen eingeht und unzersetzt bleibt. Es blieb daher nichts übrig, als diese Bestimmung nach Art der Elementaranalyse in einer Verbrennungsröhre auszuführen. Es wurde zu diesem Zwecke in einem Kölbchen eine Quantität Chloroform abgewogen, dieses dann auf der einen Seite mit einer Flasche, in welcher sich concentrirte Schwefelsäure befand, durch eine bis auf den Boden reichende Glasröhre, auf der anderen Seite mit einer im Ver-

1) Ueber den Nachweis von Jodoform, Naphtol und Chloroform in thierischen Flüssigkeiten und Organen von Dr. S. Lustgarten. Sitzungsberichte der Kais. Akademie der Wissenschaft. LXXXV. Bd. II. Abth. Maiheft 1882.

brennungsofen in der Glühhitze liegenden, mit chlorfreiem Natronkalk beschickten Verbrennungsröhre verbunden. Die letztere war mit einem gefüllten Gefäss (Aspirator) verbunden.

Wurde das Wasser aus dem Gasometer (Aspirator) langsam abfließen gelassen, so wurde atmosphärische Luft aspirirt, die beim Durchstreichen durch Schwefelsäure getrocknet wurde und beim Durchstreichen durch das Chloroform das verdampfende Chloroform mitriss; beim Durchstreichen durch den in der Verbrennungsröhre befindlichen glühenden Natronkalk wurde das Chloroform zersetzt und sein Chlor an den Natronkalk gebunden. Nachdem der Process längere Zeit im Gang war, wurde derselbe unterbrochen, das nicht verdampfte Chloroform gewogen und die Differenz als verbrauchtes Chloroform notirt. Der Natronkalk wurde mit Salpetersäure aufgelöst nach der Methode von Volhard und Falke die Quantität des Chlors titrimetrisch bestimmt und daraus die dem Chlor entsprechende Quantität Chloroform berechnet. — Lange wollte die gefundene mit der gewogenen Menge des Chloroforms nicht stimmen, hatte vielmehr einen relativ grossen Verlust desselben gezeigt, bis es Kratschmer gelungen ist, durch Cautelen, die mehr den Chemiker als den Chirurgen interessiren und die an anderer Stelle erwähnt werden sollen, die Verbrennung zu regeln und den Verlust von Chloroform zu verhüten, worauf dann die Analysen ganz befriedigende Resultate ergaben.

Einige nach dieser Methode gewonnene Daten mögen hier erwähnt werden:

a) Es wurde versucht, auf analytischem Wege die Quantität von Chloroform, die destillirtes Wasser bei der gewöhnlichen Temperatur zu lösen vermag, zu bestimmen. Zu diesem Ende wurde Wasser mit einer überschüssigen Menge von Chloroform lange geschüttelt, dann mehrere Tage stehen gelassen, bis das Chloroform sich vollkommen abgesetzt und das darüber stehende Wasser keine Spur von eingeschlossenen Chloroformpartikelchen gezeigt hatte; dann wurde das klare Wasser vorsichtig in ein Kölbchen gegossen und wieder verschlossen ruhig stehen gelassen, und zu verschiedenen Zeiten Bestimmungen des Chloroformgehaltes in der Verbrennungsröhre ausgeführt. Es hat sich dabei ergeben, dass das Chloroform mit der Zeit aus dem Wasser verdunstet und dasselbe dadurch ärmer an Chloroform wird. Die höchste Ziffer, wenn das Wasser noch nicht viel Chloroform verloren hatte, war, auf 100 Ccm. berechnet, 520 Mgrm. Chloroform; wenn dasselbe durch längeres Offenstehen mehr Chloroform abgegeben hatte, so fanden wir in 100 Ccm. 460 Mgrm. und später 440 Mgrm. Chloroform. Ganz verschwunden ist das Chloroform nicht; wenn dasselbe 4 bis

5 Stunden im offenen Kölbchen auf dem Wasserbade gestanden hatte, konnte man dasselbe noch immer durch den Geruch nachweisen, dagegen hat ein einziges Aufwallen des Wassers hingereicht, um das Chloroform ganz zu vertreiben, und konnte weder durch den Geruch, noch durch die Lustgarten'sche Probe eine Spur von Chloroform nachgewiesen werden.

Das chloroformärmste Wasser (mit 440 Mgrm. in 100 Ccm. Wasser) wurde dazu benutzt, die Schärfe der Lustgarten'schen Probe zu bestimmen. Wurde zu einer alkalischen Naphtollösung ein Tropfen dieses Wassers gegeben, so konnte man die Lustgarten'sche Farbenreaction noch nicht mit Sicherheit wahrnehmen, wenn man jedoch zwei Tropfen dieses Wassers zusetzte, dann war die Farbenreaction schon ganz deutlich wahrzunehmen, das entspricht 0,7 Mgrm. Chloroform als Grenzwert der Lustgarten'schen Probe.

b) Wir haben dann versucht, die Menge des von Blut und von Serum gelösten Chloroforms zu bestimmen. Prof. Bayer hatte die Güte, mir zu diesem Zwecke Pferdeblut nach Bedarf zur Verfügung zu stellen. Es waren freilich ältere und kranke Pferde, sogenannte Anatomiepferde, denen stets zu diesem Zwecke ein Aderlass gemacht wurde. Das Blut wurde in ein hohes Becherglas aufgefangen, stehen gelassen, bis die Blutkörperchen sich gesenkt hatten und der Blutkuchen ziemlich fest war; dann wurde das gelbe Serum mit einer Pipette abgehoben, in einem Kölbchen mit Chloroform geschüttelt und unter denselben Cautelen, wie sie beim Wasser erwähnt wurden, aufbewahrt und analysirt. Diese Analysen haben, auf 100 Ccm. Serum berechnet, ergeben 1018 Mgrm., ein zweites Mal 1006 Mgrm. und ein drittes Mal 988 Mgrm. Chloroform. Wir haben erwartet, das Serum werde weniger Chloroform lösen, als das Wasser, und es ist immerhin möglich, dass nicht die ganze hier gefundene Quantität Chloroform im Serum gelöst enthalten ist, sondern beim Schütteln ein Theil desselben von der viscidn Flüssigkeit nur mechanisch festgehalten wird.

c) Zu bestimmen, wie viel Chloroform das lebende Blut als Ganzes aufzunehmen vermag. Zuerst wurde so vorgegangen, dass in ein Kölbchen, in welchem etwa 30 Ccm. Chloroform enthalten waren, etwa 150 Grm. Blut bei einem Aderlass direct aus der Halsvene des Pferdes wurden einfließen lassen. Die Flüssigkeit wurde stark geschüttelt, mehrere Tage stehen gelassen und während dieser Zeit ab und zu geschüttelt. Die Flüssigkeit war dadurch in einen klumpigen Brei umgewandelt. Dieser wurde in ein Becherglas geleert und durch 18 Stunden ruhig stehen lassen. Von diesem Brei wurde eine bestimmte Gewichtsmenge (sie konnte nicht gemessen werden) mit Kali-

lange destillirt und auf Chloroform quantitativ untersucht. Es hat sich ergeben, dass 100 Grm. reines Blut 5835 Mgrm. Chloroform eingeschlossen hielten. Es ist klar, dass die hohe Ziffer wahrscheinlich durch freies Chloroform, welches in den Klümpchen mechanisch eingeschlossen war, bedingt worden ist. Wir haben daher den Versuch dahin abgeändert, dass wir die Gerinnung des Blutes zu hindern suchten. Wir haben das aus der Ader kommende Blut in einer 2 proc. Lösung von doppeltkohlensaurem Natron aufgefangen und dieses flüssige Blut mit Chloroform geschüttelt und dann analysirt. In 100 Cgrm. dieses Blutes wurden 1753 Mgrm. Chloroform gefunden.

Die hier gefundenen Zahlen geben uns ein Bild, wie viel flüssiges Chloroform extravasäres Blutserum und extravasäres Blut in toto mechanisch zu binden oder einzuschliessen vermag. Die gleiche Bestimmung für die Blutkörperchen wurde wegen der dabei unvermeidlichen Fehlerquellen gar nicht versucht. Die Bestimmungen, wie viel extravasäres Blutserum und extravasirtes Blut in toto Chloroformdampf zu absorbiren vermag, stehen noch aus.

Ausserordentlich schwierig ist die qualitative Bestimmung, wie viel Chloroformdampf das intravasäre Blut in toto zu absorbiren vermag, oder was für unsere Frage viel wichtiger ist, wie viel Chloroform jedes Mal vom Blute aufgenommen wird, wenn die volle Narkose eingetreten ist. Die Schwierigkeit liegt darin, dass, wie wir später zeigen werden, der Chloroformgehalt der eingeathmeten Luft nicht constant bleibt, und wenn es auch gelingt, die Menge des eingeathmeten Chloroformdampfes genau zu bestimmen, so ist die quantitative Bestimmung der Menge des ausgeathmeten Dampfes nur schwer zu eruiiren; und wenn auch dies gelänge, so könnten wir noch immer nicht wissen, wie viel Chloroformdampf von den Geweben verschluckt oder festgehalten wird. Doch werden die Versuche auch in dieser Richtung fortgesetzt werden, wenn auch wenig Hoffnung vorhanden ist, zu wissenschaftlich verlässlichen Resultaten zu gelangen.

8. In den Punkten 1 und 2 wurde auf theoretischem Wege gezeigt, wie viel 1 Ccm. flüssiges Chloroform Chloroformdampf dem Volumen nach zu entwickeln vermag, und gestützt auf die dort gefundene Ziffer das Mischungsverhältniss des Dampfgasgemenges berechnet. Diese Berechnung fusste auf den bei der Bestimmung der Dampfdichte und der Tension des Chloroforms gefundenen Zahlen, deren Richtigkeit zu bezweifeln nicht gestattet ist, weil die Namen Regnault und Dumas hinreichende Bürgschaft für dieselben gewähren, und weil die nach verschiedenen Methoden gemachten Bestimmungen miteinander übereinstimmen.

Ich war demnach befremdet, als ich bei meinen Versuchen folgende Beobachtungen machen konnte. Eine thierische Blase von 10000 Ccm. Inhalt habe ich mit Luft oder mit einem fixen Gase gefüllt, d. h. aufgeblasen und mit einem Hahn verschlossen, in diese dann durch den Hahn 10 Ccm. flüssiges Chloroform hineinfallen lassen und dann geschüttelt, bis kein flüssiges Chloroform mehr zu sehen war; dabei hatte sich die Blase stark abgekühlt, ausgedehnt und prall gespannt. Nach der Berechnung hätte die Blase durch den Chloroformdampf eine Volumzunahme von 2850 Ccm. erfahren sollen. Die Volumzunahme war aber bei Weitem nicht so gross. Ich konnte die Volumzunahme nicht genauer durch Zahlen bestimmen, aber es war ausser Zweifel, dass sie kleiner war. Ich habe geglaubt den Mangel an Volumzunahme theils durch die starke Abkühlung in der Blase, theils durch die Annahme erklären zu können, dass die Moleküle des Chloroformdampfes theilweise zwischen den Molekülen des fixen Gases Platz finden. Wir haben daher folgenden Controlversuch unternommen: In ein Becherglas wurde eine Quantität Chloroform gegossen, mit einem Uhrglas zugedeckt und abgewogen. Das Gewicht hat 45172 Mgrm. betragen. Dieses Becherglas wurde über Quecksilber unter ein Glassturz von 6580 Ccm. gestellt, das Uhrglas entfernt, so dass das Chloroform frei verdampfen konnte. Nach 15 Stunden wurde der Barometerstand 754 Mm. und die Temperatur $15,7^{\circ}$ C. abgelesen, die Belastung vom Glassturz entfernt, das Becherglas zugedeckt und wieder gewogen. Es wog jetzt 40894 Mgrm. Es waren also 4278 Mgrm. Chloroform verdampft, dieses entspricht 2,805 Ccm. flüssigen Chloroforms = 799,495 Ccm. Chloroformdampf, also 12,15 Proc. Nach Punkt 3 aber hätten verdampfen sollen, damit das Gasdampfmenge 20 Proc. Chloroform enthalte, 7320 Mgrm = 4,80 Ccm. flüssigen Chloroforms = 1370 Ccm. Chloroformdampf, also beinahe doppelt so viel, als in der Wirklichkeit verdampft ist. Es folgt daraus, dass die Tension des Chloroformdampfes bei unserem Controlversuche kleiner gewesen ist, als wir sie nach Regnault aus der Formel $\log S = a + b\alpha^t + c\beta^t$ berechnet haben, dass also die in 3 angegebene Maximalgrenze des Chloroformgehaltes für eine Temperatur von 15° viel zu hoch gegriffen, dass daher auch nach dem Mariotte'schen Gesetz viel weniger Chloroform verdampfen wird. Wenn dennoch in meinen praktischen Versuchen mit thierischen Blasen mehr flüssiges Chloroform verloren gegangen, so muss man annehmen, dass ein Theil des Chloroforms von der thierischen Blasenwand festgehalten wird, dass ein anderer Theil des Chloroforms durch die gespannte Blasenwand nach aussen diffundirt ist, und dass bei 15° C. die Maximalgrenze des Chloro-

formgehaltes nur 12—13 Volumprocent beträgt. In der Lunge jedoch, wo die Temperatur 37° C. beträgt, wird die Tension des Chloroformdampfes wachsen; wir können daher in der Lunge die Maximalgrenze immerhin mit 20 Proc. veranschlagen.

9. Nach der langen Erörterung der acht Punkte kann ich jetzt zur Entwicklung meiner hypothetischen Annahme übergehen. Wir wissen, dass, wenn zwei Gase, die nicht chemisch miteinander verbunden, sondern nur in einem bestimmten Verhältniss miteinander gemengt sind, durch eine Wand in ein Vacuum diffundiren, sie dies nicht nach dem Verhältnisse ihrer Mengung, sondern nach einem anderen Verhältnisse thun werden. So wird die atmosphärische Luft, wenn dieselbe durch eine Kautschukwand in ein Vacuum diffundirt, in demselben nach beendeter Diffusion aus 2 Volum Sauerstoff und 3 Volum Stickstoff zusammengesetzt zu finden sein. Wir nehmen an, dass die Sauerstoffmoleküle durch die Kautschukwand leichter durchschlüpfen, als die Stickstoffmoleküle. — Denken wir uns anstatt der Kautschukwand eine Wasserschicht als Grenzmembran und diese Grenzmembran immer wachsend, bis das Vacuum ganz erfüllt wird, dann wird die atmosphärische Luft wieder nicht als solche diffundiren, sondern das Wasser wird von der atmosphärischen Luft in 1000 Volum 650,9 Stickstoff und 349,1 Sauerstoff gelöst enthalten; daraus rechnen wir, dass 1 Volum Wasser 0,02035 Volum Sauerstoff und 0,04114 Volum Stickstoff zu lösen vermag. Wir nennen die letztgenannten Zahlen den Absorptionscoefficienten des Wassers für Sauerstoff und Stickstoff. Nun enthält ja die Luft nur $\frac{1}{5}$ Sauerstoff und $\frac{4}{5}$ Stickstoff, und wenn das Wasser dennoch fast halb so viel Sauerstoff als Stickstoff aufnimmt, so schreiben wir diesen grösseren Gehalt an Sauerstoff der Affinität, der Vorliebe des Wassers für den Sauerstoff zu. Wenn wir daher dem Wasser ein Gemenge von $\frac{4}{5}$ Sauerstoff und $\frac{1}{5}$ Stickstoff zur Absorption anbieten könnten, so würden wir im Wasser eine entsprechend höhere Ziffer von Sauerstoff und kleinere von Stickstoff finden. Aehnliche Verhältnisse, wie wir sie beim Wasser gesehen haben, existiren auch beim Blute. — Auch das Blut hat eine Vorliebe, eine Affinität für gewisse Gase, von denen es je nach seiner Affinität mehr oder weniger aufzunehmen vermag. Für das Blut ist diese Vorliebe, die sich durch den Absorptionscoefficienten ausdrückt, noch nicht mit Sicherheit gefunden. Nur für den wichtigsten Bestandtheil des Blutes, für die rothen Blutkörperchen und für den wesentlichsten Bestandtheil derselben, für das Hämoglobin, ist diese Affinität für einzelne Gase durch die schönen Arbeiten von Claude Bernard, von V. Gréhant, von Hoppe-Seyler und

von L. Hermann zweifellos nachgewiesen worden. Diese Forscher haben gefunden, dass das Hämoglobin eine viel geringere Vorliebe für Sauerstoff als für Kohlenoxyd hat, und Hermann hat nachgewiesen, dass das Hämoglobin für Stickoxyd eine noch grössere Vorliebe als für Kohlenoxyd hat. Mit anderen Worten, das Hämoglobin hat zu Sauerstoff die kleinste, zu Kohlenoxyd eine grössere und zu Stickoxyd die grösste Affinität. Absorptionscoefficienten für diese Gase sind nicht vorhanden, aber es ist bekannt, dass beim Vorhandensein einer etwas grösseren Menge von Kohlenoxyd das Blut den Sauerstoff nicht aufzunehmen vermag, und bei der Anwesenheit von Stickoxyd das Blut weder Sauerstoff, noch Kohlenoxyd aufzunehmen vermag. Gréhant hat diese Thatsache durch einige Zahlen illustriert. — Wenn er ein Thier Luft athmen liess, welche nur 1 Proc. Kohlenoxyd enthalten hat, so ist der Sauerstoff des Hämoglobins von 20 Proc. auf 11 Proc. gesunken und der Kohlenoxydgehalt desselben auf 10,7 Proc. gestiegen, und das Thier ist nach 20 Minuten gestorben. Wenn die Luft 0,05 Proc. Kohlenoxyd enthalten hat, dann war der Sauerstoffgehalt des Hämoglobins auf 15,4 Proc. gefallen und der Kohlenoxydgehalt noch immer 10,1 Proc. Wenn die Luft 0,025 Proc. Kohlenoxyd enthalten hat, ist der Sauerstoff des Hämoglobins auf 19,9 Proc. gefallen und der Kohlenoxydgehalt war noch immer 1,2 Proc. Aber nachdem das Hämoglobin einen bestimmten Absorptionscoefficienten für die genannten Gase besitzt, wenn wir denselben auch nicht genau kennen, so ist klar, dass, wenn wir das Thier ein Gemenge von 80 oder 100 Proc. Sauerstoff und 1 Proc. Kohlenoxyd athmen lassen, alsdann das Hämoglobin immer 20—23 Proc. Sauerstoff enthalten wird, und dass dann die 10,7 Proc. Kohlenoxyd nicht mehr tödtlich wirken werden. In der That behaupten Hoppe-Seyler und Gréhant, dass, wenn das schwächste der drei Gase im Ueberschuss vorhanden ist, dasselbe die Aufnahme der anderen Gase von starker Affinität hindert. Ich glaube jedoch, dass sie nur unschädlich gemacht, aber doch aufgenommen werden.

Ich habe früher in Punkt 4 nachgewiesen, dass die mit Chloroformdampf gesättigte Luft, wenn sie lange genug auf die Blutkörperchen einwirkt, den Farbstoff derselben auflöst, das Hämoglobin erweicht und die Blutkörperchen tödtet, und dass daher das Chloroform auf die Blutkörperchen giftig wirkt. Aus dem Verhalten des Kohlenoxyd und des Stickoxyds dem Sauerstoff gegenüber hat sich ergeben, dass die Blutkörperchen, resp. das Hämoglobin eine schwache Affinität zum Sauerstoff hat. Ich stelle mir nun vor, dass die Affinität des Hämoglobins für Sauerstoff keine constante Grösse darstellt, son-

dern nach der Constitution, d. i. nach der individuellen Zusammensetzung und den Eigenschaften der Säfte schwankt und innerhalb gewisser Grenzen bald grösser, bald kleiner sein kann; dass daher beim Vorhandensein einer schwächeren Affinität die Sauerstoffabsorption des Hämoglobins nicht nur durch Kohlenoxyd und Stickoxyd, sondern auch durch andere Gase und Dämpfe, durch den Einfluss der Temperatur und des Luftdruckes stärker beeinflusst wird, als beim Vorhandensein einer stärkeren Affinität; dass daher die unbekannte Affinitätsgrösse einen Theil der constitutionellen Eigenschaften repräsentirt, die wir mit den Collectivnamen *Disposition* und *Constitution* belegen. Ich will hier davon absehen, welche Bedeutung eine solche Vorstellung auf die Aetiologie und Genese mancher Krankheiten haben kann, und mich darauf beschränken, dass eine solche Vorstellung die üblen Zufälle und die letalen Ausgänge der Chloroformnarkose auf einfache, ungezwungene und plausible Art zu erklären vermag.

Wenn wir ein Individuum, dessen Hämoglobin eine relativ schwache Affinität zum Sauerstoff hat, mit Chloroform narkotisiren und seinem Blute beim Athmen eine Luft darbieten, die 20 Proc. Chloroform enthält, so werden in 100 Volumen dieser Luft 20 Volumen Chloroform und nur 80 Volumen atmosphärischer Luft enthalten sein; wir bieten daher dem Blute statt der üblichen 20 Proc. nur 16 Proc. Sauerstoff an, da kann es dann bei schwacher Affinität des Hämoglobins für den Sauerstoff geschehen, dass dasselbe unter diesen Verhältnissen nur wenig oder gar keinen Sauerstoff aufzunehmen, das Chloroform daher seine giftige Wirkung auszuüben vermag. Diese Annahme stimmt mit den Thatsachen viel besser überein, als jene, welche die Chloroformunglücksfälle von einer Herzschwäche und den Herzkrankheiten herleitet; denn es ist bekannt, dass Leute mit schwachem Herzschlage und selbst mit ausgesprochenen Herzfehlern ohne gefährliche Zufälle narkotisirt werden, und andererseits sind Chloroformtodesfälle bei kräftigem Herzschlage und ganz gesunden Herzen verzeichnet.

Diese Vorstellung zeigt aber gleichzeitig den Weg, welcher zur Umgehung der Gefahren führen dürfte. Es wurde gezeigt, dass selbst das sehr giftig wirkende Kohlenoxyd unschädlich gemacht werden kann, wenn andere Gase im Ueberschusse vorhanden sind. Ich habe daher geschlossen, wenn ich dem zu narkotisirenden Kranken eine Atmosphäre biete, in welcher der Sauerstoff im Ueberschuss vorhanden ist, dann wird das Chloroform die zerstörende Wirkung auf die Blutkörperchen nicht ausüben können. Die Blutkörperchen werden auch

bei schwacher Affinität zum Sauerstoff soviel von demselben aufnehmen, um lebensfähig zu bleiben. Ich habe mir also vorgestellt, wenn ich das Chloroform statt in die Luft in Sauerstoff diffundiren und mit Sauerstoff athmen lasse, so könnten möglicher Weise die Gefahren der Chloroformnarkose hintangehalten werden.

10. Ehe ich zur praktischen Durchführung meiner Ansicht geschritten bin, musste ich mir die Frage vorlegen, ob ich durch die Athmung des Chloroforms im Sauerstoff den Athmenden nicht neuen Gefahren aussetze.

Ich habe zuerst an das Phosgene gedacht. Es könnte sich durch die Einwirkung des Sauerstoffes auf Chloroform Chlorkohlenoxyd (Kohlenoxychlorid oder Carbonylchlorid ist sein wissenschaftlicher Name) bilden, welchem ebenfalls giftige Eigenschaften zugeschrieben werden.

Der einfache Versuch, Chloroform in Sauerstoff zu verdampfen, muss dieses Bedenken verschuchen. Das Chlorkohlenoxyd, das nur bei mittlerer Temperatur gasförmig ist und an seinem specifischen, unangenehmen, erstickenden Geruch ausserordentlich leicht erkennbar ist, war in dem Gasgemenge nicht vorhanden. Uebrigens kann man schon a priori behaupten, dass aus der blossen Berührung des Chloroforms mit Sauerstoff sich kein Phosgen bilden wird, weil, wie schon früher gesagt wurde, das Chloroform ein äusserst beständiger schwer zerlegbarer Körper ist, weil ferner, um aus Chloroform Chlorkohlenoxyd zu bereiten, man dasselbe mit der zwanzigfachen Menge Schwefelsäure und mit dreifacher Menge chromsauren Kali übergiessen und durch längere Zeit einer Temperatur von etwa 60° C. aussetzen muss.

Dann habe ich an die Möglichkeit gedacht, das Chloroform könne unter dem Einflusse der grossen Menge von Sauerstoff in Ameisensäure und bei der Anwesenheit von Wasserdampf zur Bildung von Salzsäuregas Veranlassung geben. Die Untersuchung des Gasdampfgemenges mit Silbernitrat, nachdem dasselbe über 14 Tage miteinander immer in Berührung geblieben, hat gezeigt, dass in dem Gemenge weder eine Spur von Ameisensäure, noch von Salzsäure vorhanden ist. Dass keine Ameisensäure sich in dem Dampfgasgemenge bilden könne, geht übrigens schon aus theoretischen Gründen hervor. Um aus Chloroform Ameisensäure darzustellen, ist die Anwesenheit von Kalihydrat nöthig; nun wurde der Sauerstoff bei seiner Darstellung zwar durch eine Kalilösung geleitet, um das Gas zu reinigen, aber das genügt nicht, um Ameisensäure aus dem Chloroform zu bilden, denn die Theorie verlangt, dass auf je ein Molekül Chloroform vier

Moleküle Kalihydrat und Hitze anwesend seien, beim Durchstreichen des Sauerstoffes durch Kalilösung aber könnten höchstens Spuren der letzteren mitgerissen werden.

Ich habe mir ferner die Frage vorgehalten, ob nicht der Sauerstoff als solcher bei dem grossen Ueberschuss desselben in dem Gemenge nicht Gefahren für den Athmenden im Gefolge habe, ob nicht eine Sauerstoffvergiftung zu Stande kommen könne. Es ist bekannt, dass der comprimirte Sauerstoff auf lebende Organismen, und zwar nicht nur auf höhere, sondern auch auf Mikroorganismen giftig wirkt, und dass selbst bei Atmosphärendruck die Sauerstoffathmung durch die Beeinträchtigung der Bildung der Kohlensäure und der Ausscheidung derselben aus dem Blute giftig oder wenigstens schädlich auf den Athmenden wirkt. Doch auch in dieser Richtung kann man sich leicht beruhigen, wenn man bedenkt, dass bei unserem Experiment der Sauerstoff nicht nur nicht in comprimirtem Zustande vorhanden ist, sondern weit unter dem Atmosphärendruck steht, weil das Gemenge Sauerstoff plus Chloroformdampf sich unter Atmosphärendruck befindet, die Tension des Chloroforms aber zwischen 20 und 40° C., zwischen 160 — 360 Mm. beträgt; folglich kann der Sauerstoff nicht die Atmosphärenspannung haben. Aber selbst wenn der Sauerstoff unter dem vollen Atmosphärendruck stände, wäre derselbe noch immer nicht sehr gefährlich für den Athmenden, weil, wie schon früher gezeigt worden ist, der Absorptionscoefficient des Blutes für Sauerstoff nur eine bestimmte, relativ kleine Bruchzahl sein kann, und weil aus den directen Beobachtungen von Gréhant hervorgeht, dass die Quantität des ins Blut aufgenommenen Sauerstoffes beim Athmen reinen Sauerstoffes noch innerhalb der Grenze der Schwankungen der bei normaler Respiration aufgenommenen Sauerstoffmengen liegt. Gréhant fand bei einem Hunde bei normaler Athmung 16,3 Proc. Sauerstoff, bei der Athmung von reinem Sauerstoff 23,3 Proc. Sauerstoff, und bei der Sättigung des defibrirten Blutes mit Sauerstoff nur 26,8 Proc. Sauerstoff.

Die Behinderung der Kohlensäurebildung und Kohlensäureausscheidung aus dem Blut bei der Athmung von reinem Sauerstoff kann wohl erst bei längerer Dauer zur Geltung kommen, wenn die Athmung von reinem Sauerstoff stunden- oder gar tagelang dauert, dass aber für die nur Minuten dauernde Narkose von einer Retention der Kohlensäure nichts zu fürchten ist.

11. Ich habe nun zuerst Versuche an Hunden gemacht. Der Hund wurde nicht aufgebunden, weil beim Aufbinden und Knebeln des Hundes die Respiration sehr unregelmässig ist und das Bild der

Narkose getrübt wird, was für die genaue Beobachtung der einzelnen Erscheinungen hinderlich und unerwünscht ist. Der Hund wurde also in halb sitzender Stellung auf den Tisch gestellt, die Vorderbeine und der Kopf wurden fixirt, über die Schnauze wurde demselben eine tabakbeutelartig zuschnürbare Thierblase gebunden, die an ihrem Grunde mit dem später zu schildernden Athmungsapparat verbunden und an dem die Blase mit dem Sauerstoff-Chloroformgemenge befestigt war. Der Hund hat sich anfangs gegen die Athmung gestäubt, aber schon nach $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Minute (die Athemzüge wurden nicht gezählt) hörte jeder Widerstand auf; der Hund sank auch in den Vorderbeinen zusammen und war bald ganz narkotisirt. Er wurde sofort auf den Boden gelegt, wo er nach einer halben Minute zum Bewusstsein gelangt war; er versuchte zu stehen, doch schienen die Hinterbeine gelähmt oder paretisch, denn er knickte immer wieder ein, doch hatte er bereits das volle Bewusstsein erlangt, den Diener, der ihm das Futter reichte, gekannt, ihn schweifwedelnd karessirt und mit Appetit das ihm gereichte Futter verzehrt.

Ein zweiter Versuch ergab dasselbe günstige Resultat. Der Hund war, nachdem er kaum eine Minute das Sauerstoff-Chloroformgemenge geathmet hatte, vollkommen narkotisirt, es wurde jedoch das Chloroformgemenge noch eine weitere Minute athmen gelassen und der Hund dann wie früher auf den Boden gestellt. Er fiel auf die Seite, blieb noch eine halbe Minute auf derselben liegen, dann versuchte er sich aufzurichten, die Hinterbeine knickten ihm dabei zusammen; nachdem derselbe 6 bis 7 mal den Versuch wiederholt hatte, gelang es ihm mit schwankendem Hinterkörper zu tänzeln, an seinem Wärter emporzuspringen und demselben zu schmeicheln.

12. Nach Versuchen an Hunden bin ich zu Versuchen an Menschen übergegangen, und ich will es offen gestehen, dass ich trotz der gelungenen Versuche an Thieren doch mit einer grossen Aengstlichkeit zur Narkose am Menschen geschritten bin. Ich habe mir zwar gesagt, wie ich dieses im Punkt 10 erörtert habe, dass mir gar nichts bei der Narkose geschehen könne; aber ich stand vor dem Unbekannten und fürchtete eine Lücke in der Theorie und ein Accidens in der Ausführung. Die erste Narkose sollte einen jungen Mann treffen, der vor einigen Wochen in der Werndl'schen Waffenfabrik einen Revolver entladen wollte; dieser hatte sich selbst entladen und ihm die rechte Hand verletzt. Der Verwundete hatte keine Schmerzen, die Wunde heilte rasch, deshalb wurde an der Anwesenheit eines fremden Körpers gezweifelt; doch war der rechte Mittelfinger in

seinem Metacarpo-Phalangealgelenk wenig beweglich geblieben. An diesem Kranken machte ich meine erste Sauerstoff-Chloroformnarkose. Der Kranke mochte etwa acht Athemzüge aus dem Gasdampfgemenge gemacht haben, er lag ruhig mit halb offenen Augen, aber ich wagte nicht, ihn länger athmen zu lassen; ich führte einen 4 Cm. langen bis auf den Knochen dringenden Schnitt auf der volaren Fläche des rechten Mittelfingers, führte dann eine bereit gehaltene Trouvé'sche elektrische Sonde, in deren Stromkreis ein Läutwerk eingeschaltet war, in die Wunde, und nachdem die Anwesenheit eines Projectils in der Wunde durch die Glockenschläge nachgewiesen war, erweiterte ich dieselbe und entfernte ein seitlich im Knochen sitzendes deformirtes Projectil. Der Kranke hatte die ganze Manipulation mit angesehen, keine Miene verzogen, sich dann aufgesetzt und gesagt, er sei zwar etwas betäubt gewesen, habe aber nicht geschlafen, alles gesehen, aber keinen Schmerz verspürt; er glaubt, dass die Narkose überflüssig gewesen, weil die ganze Operation unschmerzhaft gewesen. Ich habe mich mit dem halben Erfolg vollständig zufrieden gestellt, weil er bei mir die Angst vor dieser Art der Narkose verscheucht hat.

Bald darauf habe ich dieselbe ein zweites Mal an dem 24-jährigen Hirsch Halpern aus Russland erprobt. Derselbe hatte in Folge einer scrophulösen, seit zwei Jahren abgelaufenen Entzündung eine knöcherne Ankylose des rechten Ellbogengelenks in gestreckter Stellung, wodurch der Arm unbrauchbar geworden. Die Resection sollte das Ellbogengelenk frei beweglich und den Arm zur Führung des Hammers und der Feile (der Kranke ist ein Schlosser) geeignet machen. Der Kranke war sehr nervös und wehleidig, musste daher vollständig narkotisirt werden. Er wurde mit einem Sauerstoff-Chloroformdampfgemenge (circa 10 Proc.) narkotisirt. Mit schwach geöffneten Augen lag der Kranke ruhig, die Gesichtszüge nicht decomponirt, wie dieses bei tiefen Narkosen der Fall ist, sie boten vielmehr das Bild eines zufriedenen, im Einschlafen begriffenen Menschen. Er hatte ungefähr 14 bis 16 Athemzüge gemacht, bot aber durchaus nicht das Bild eines narkotisirten Menschen dar.

Ich senkte zur Probe das Messer in den steifen Arm und führte den Hautschnitt. Der Operirte rührte sich nicht, behielt sein zufriedenes, schlafendes Aussehen. Die Operation bot viel Schwierigkeiten dar. Es mussten die vielen scrophulösen, an den Knochen fest-sitzenden Narben mühsam vom Knochen abgehoben werden. Noch schwieriger war die Trennung der Knochen, welche theilweise durch knöcherne Verschmelzung der Gelenkflächen und durch knöcherne Spangen fest miteinander verschmolzen waren. Es wurde das Ole-

kranon an seiner Basis quer durchsägt, das durchsägte freie Ende mit Hülfe des Meissels vom Oberarm abgesprengt; dann war die Gelenkfurche erkennbar, aber es war unmöglich, den Arm zu beugen. Es mussten wiederholt keilförmige Stücke aus den Gelenksenden ausgestemmt werden, bis es möglich war, das Gelenk zu brechen und den Arm zu beugen, dann wurden die Weichtheile vom Knochen subperiosteal abgehoben und durch den Humerus und durch die Ulna eine Sägefläche geführt, wobei auch das Radiusköpfchen mitgenommen worden ist. Die Operation mochte etwa 10 Minuten gedauert haben, mein Gasdampfgemenge war erschöpft, aber ich war mit der Operation eben fertig geworden. Ich hatte kaum zu den Anwesenden über die Annehmlichkeit dieser Narkose zu sprechen begonnen, als der Kranke aufgewacht war. Er richtete eine Anzahl Fragen an mich, ob er fertig sei und aufstehen könne, ob er seinen Arm vollständig werde strecken können, welche Zeit die Heilung in Anspruch nehmen werde, endlich ersuchte er mich, ihm die ausgesägten Knochen zu geben und war so frisch und wenig alterirt, als ob er keine eingreifende Operation überstanden hätte.

Bevor ich die Wunde vereinigt, betastete ich, wie ich das immer thue, mit dem Finger die ganze Wundfläche und fand am Humerus eine nach unten scharf flötenartig, scharfrandig vorspringende Kante und eine ebensolche an dem inneren Sägerand der Ulna, die ich abkneipen und abrunden wollte, doch da wurde der Kranke ganz ungeberdig, schrie jämmerlich; ich musste wegen der kleinen Abrundung des Knochens und zur Anlegung der Naht wieder zum Chloroform greifen, und weil mein Gemenge erschöpft war, so habe ich ihn in der üblichen Weise mit dem Esmarch'schen Korb zu narkotisiren gesucht. Da war der Contrast in der Narkose sehr in die Augen getreten. Der Kranke, der sich früher gegen das Gasdampfgemenge gar nicht gewehrt hatte, schon nach einer Minute in einen ruhigen Schlaf verfallen war, alles ruhig über sich ergehen liess, ohne reflectorische Bewegungen auszuführen und ohne Veränderung der Gesichtszüge zu erleiden, war bei der Narkose nach der gewöhnlichen Art sehr unruhig und aufgereggt. Es hat fast 5 Minuten gedauert, bis es möglich war, die scharfen Kanten abzurunden und die wenigen Nähte anzulegen, dabei war das Gesicht schmerzhaft verzerrt und war der Kranke nach Entfernung des Korbes noch längere Zeit halb betäubt und aufgereggt. Ich will hier nur kurz anführen, dass die beiden Operationen eine Heilung per primam intentionem im strengsten Sinne des Wortes ergeben haben; über diese, sowie über die anderen Fälle wird an anderer Stelle berichtet werden.

Um hier nicht durch Casuistik zu ermüden, soll nur noch erwähnt werden, dass ich einen Kranken mit Herzhypertrophie, der an stenocardischen Anfällen litt, zweimal mit einem 3proc. Sauerstoff-Chloroformgemenge zur Sistirung der Anfälle narkotisirt habe; jedes Mal trat schon nach 1 bis 1 $\frac{1}{4}$ Minute die Narkose ein, aus welcher derselbe gerade so, wie die übrigen Chloroformirten, sehr schnell erwacht ist und sich dabei ganz wohl und munter gefühlt hat.

Ob bei dieser Narkose mit dem Sauerstoff-Chloroformgemenge tödtliche Zufälle durch Chloroformvergiftung ganz ausgeschlossen sind, vermag ich selbstverständlich nicht anzugeben, da bei der Athmung des Chloroforms in atmosphärischer Luft eine Chloroformvergiftung nur auf je circa 25000 Narkosen vorkommt; aber nachdem wir jetzt im Stande sind, die Quantität des einzuathmenden Chloroforms von 1 bis 20 Proc. beliebig zu dosiren, so darf ich unter der Voraussetzung der Richtigkeit meiner hypothetischen Annahme hoffen, dass die Zufälle durch die Chloroformnarkose zu den gewesenen zählen werden; so viel aber kann ich schon jetzt anführen, dass bei dieser Art zu narkotisiren, die Folgewirkungen einer jeden Chloroformnarkose, Hinfälligkeit oder Mattigkeit, Kopfschmerz, Apathie, Uebelkeit und Erbrechen, überhaupt das Angegriffensein nach der Narkose nicht zu beobachten sind. Alle Kranken haben sich nach dem Erwachen munter und kräftig gefühlt, wie nach einem gesunden Schlaf, haben auch trotz der überstandenen Operation ein gut gefärbtes Aussehen gezeigt. Besonders angenehm wird man berührt durch das Fehlen der Reaction, das ruhige Athmen, die schnelle Narkose und das rasche Erwachen aus der Narkose. Durch die schnell eintretende Narkose wird nicht nur die Zeit des Chirurgen gespart, sondern was viel wichtiger ist, die Menge des verbrauchten Chloroform und die Dauer seiner schädlichen Einwirkungen auf das Blut abgekürzt und kann man bei dieser Art der Narkose alle jene Vortheile wahrnehmen, die P. Bert bei der Anästhesie mit Stickstoffmonoxyd bei erhöhtem Barometerdruck beobachtet hat.

Ich glaube noch andere Vorzüge bei dieser Narkose beobachtet zu haben, doch will ich dieselben vorläufig noch nicht erwähnen und nur hervorheben, dass nachtheilige Folgen dieser Narkose sich weder theoretisch begründen, noch bei meinen Versuchen praktisch beobachten liessen. Der Gegenstand ist jedoch noch lange nicht erschöpft und sind noch viele theoretische und praktische Fragen zu beantworten.

Ich bin noch nicht im Stande, anzugeben, welche procentische Zusammensetzung zur Narkose am geeignetsten ist, ich weiss nur, dass die höchste, d. i. 20 proc. Mischung zur Narkose nicht nöthig

und dass 3 bis 5 Proc. an Chloroform für die Mehrzahl der Fälle vollkommen ausreichen, und dass eine 20 proc. Mengung zuweilen Reize auf den Trigeminus hervorruft, die reflectorisch bald temporäre Lähmung des Respirationscentrums und bald einen Krampf der Respirationsmuskeln veranlassen, und die lieber nicht angewendet werden sollte; wenigstens sollte mit einer solchen Concentration nicht begonnen werden, man dürfte höchstens gradatim zu einer solchen steigen, doch ist dieselbe, so weit mein Urtheil reicht, nicht nothwendig.

Jetzt ist es meine Aufgabe, über die praktische Durchführbarkeit der Sauerstoff-Chloroformnarkose, über die hierbei zu überwindenden Schwierigkeiten, sowie über die nöthigen Cautelen einige Bemerkungen anzufügen.

Mancher Chirurg dürfte beim Lesen der vorstehenden Zeilen ganz resignirt denken: diese Art der Narkose, wenn sie auch noch so viele Vorzüge besässe, würde denn doch für den praktischen Arzt kaum verwendbarer als die Narkose mit Stickoxydul unter erhöhtem Druck (P. Bert) und höchstens in Kliniken oder grossen Hospitälern möglich sein, wo es chemische Laboratorien gibt, um die nöthigen Präparationen und Füllungen auszuführen.

Ich werde mich bemühen, das Unrichtige einer solchen Ansicht zu zeigen und nachzuweisen, dass alle Präparationen von jedem Praktiker ohne Unterstützung eines praktischen Chemikers und ohne chemisches Laboratorium in jedem Zimmer sehr leicht zu vollenden sind, dass die Zeit und die Kosten für diese Präparation sehr gering sind, und dass die Manipulation sehr einfach und gefahrlos ist.

Ueber die Sauerstoffbereitung in einem chemischen Laboratorium brauche ich wohl kein Wort zu verlieren; dagegen will ich mit wenigen Worten schildern, in welcher Weise ich mir in jedem Augenblick in jedem Kranken- oder Wohnzimmer den Sauerstoff bereite. Ich wende dazu den Apparat von Limousin, Fig. 1 (Taf. VI. VII) an.

Er besteht aus zwei Halbkugeln, die durch Schrauben miteinander fest verbunden werden; die Form erinnert an die Magdeburger Halbkugeln. Bevor dieselben geschlossen werden, wird die eine Halbkugel mit einem Gemenge von 5 Theilen chlorsaurem Kali und 3 Theilen Braunstein gefüllt. Diese Füllung bedarf keiner besonderen Wägung und kann blos nach dem Augenmaass geschehen, indem man beispielsweise 5 Löffel chlorsaures Kali und 3 Löffel gepulverten Braunstein in die Halbkugel mischt.

Der Sauerstoff wird hauptsächlich vom chlorsauren Kali abgegeben. Der Braunstein hat nur den Zweck, die Sauerstoffentwicklung gleichförmig und nicht stürmisch werden zu lassen.

Das chlorsaure Kali schmilzt in der Hitze, dissociirt sich und gibt den Sauerstoff ab; damit aber nicht alle Moleküle des chlorsauren Kali gleichzeitig ihren Sauerstoff abgeben, mischt man dasselbe mit gepulvertem Braunstein, welcher die Dissociation verzögert. Der Braunstein kann recht gut durch Glaspulver ersetzt werden, weil auch dieses die Theilchen des chlorsauren Kali mechanisch auseinander hält, indessen hat der Braunstein doch einen Vorzug vor dem Glaspulver, weil er das Kaliumchlorat schon bei relativ niedriger Temperatur zur Abgabe seines Sauerstoffes veranlasst. 100 Grm. Kaliumchlorat können 27300 Ccm., in runder Zahl 27 Liter, Sauerstoff geben. Diese Darstellungsweise des Sauerstoffes ist absolut explosions-sicher¹⁾, weil das Kaliumchlorat seinen Sauerstoff bei einer so niedrigen Temperatur abgibt, dass dasselbe nicht einmal schmilzt. Eine jede Flamme, Berzeliuslampe, Bunsen'scher Brenner reicht hin, aus dem Gemisch Sauerstoff zu entwickeln. Weil mit dem Gase Spuren von Chlor oder Kohlentheilchen mitgerissen werden können, so habe ich das Gas stets durch Kalilauge streichen lassen, man kann aber ebenso gut Natronlauge dazu verwenden. Man wartet eine oder zwei Minuten, bis die Luft verdrängt ist, bis reiner Sauerstoff sich entwickelt; man erkennt dies dadurch, wenn man ein bloß glimmendes Zündhölzchen der Ausflussöffnung des Kautschukschlauches nähert, dann entzündet sich das glimmende Hölzchen und brennt mit glänzender Flamme. Ich habe den entwickelten Sauerstoff gewöhnlich in Gasometern aufgefangen und daselbst bis zum Gebrauche aufbewahrt, es unterliegt jedoch keinem Anstande, den Sauerstoff direct in die Blase oder in den Sack zu füllen, der zur Narkose verwendet werden soll.

Ich gehe jetzt zu den Behältern für den Sauerstoff über. Ich habe früher ausschliesslich Rindsblasen verwendet und wende dieselben auch jetzt noch zuweilen an, jetzt verwende ich nur Kautschuksäcke. Ich kaufe gewöhnlich grosse Rindsblasen, die 10—14 Liter fassen, dieselben werden in Wasser und Glycerin erweicht, dann wird in die Mündung ein gewöhnlicher Hahn eingebunden, an das freie

1) Ich kann mir die in den letzten Tagen von den Tagesblättern mitgetheilte, in der Poliklinik stattgefundene Explosion in einem Apparate von Limousin nur so erklären, dass zur Sauerstofferzeugung nur das Kaliumchlorat, ohne Mischung mit Braunstein und ein sehr grosser Hitzegrad verwendet worden ist. Unter solchen Verhältnissen ist auch der Limousin'sche Apparat nicht explosions-sicher, weil sich aus den im Limousin'schen Apparat befindlichen Kaliumchlorat plötzlich circa 100 Liter Sauerstoff entwickeln und daher momentan einen Druck ausüben, dem auch die eiserne Hülle des Limousin'schen Apparates nicht zu widerstehen vermag, wenn man aber den hier geschilderten Vorgang genau befolgt, dann ist absolut keine Gefahr einer Explosion vorhanden.

Ende des Hahnes wird ein kurzes Stück Kautschukschlauch gesteckt, welches die Verbindung mit anderen Theilen vermittelt und sowohl zum Füllen der Blase mit Sauerstoff als auch beim Athmen des Gaschloroformgemenges dient. Sobald die Blase mit Sauerstoff gefüllt ist, wird mittelst einer Pipette durch den geöffneten Hahn die der gewünschten Concentration entsprechende Menge Chloroform (Punkt 1, S. 366) hineinfallen gelassen, der Hahn geschlossen und die Blase in rotirende Bewegung versetzt, damit das Chloroform sich auf die innere Oberfläche der Blase ausbreite und rasch verdunste; damit ist das Gemenge zur Narkose bereit.

Ich habe früher diese Blase noch mit einem zweiten Hahn versehen (Taf. VI. VII Fig. 2), welcher den Zweck hatte, ohne die Narkose zu unterbrechen, das verbrauchte Gasdampfgemenge aus einer zweiten, und wenn nöthig, aus einer dritten Blase zu ersetzen; *a* bildet das Ansatzrohr für die Maske, *b b* die Verbindung mit der zweiten Blase. Diesen Modus wende ich jetzt nicht mehr an, weil ich sehr leicht während der Expiration eine gefüllte Blase statt der entleerten mit dem Athmungsmechanismus verbinden kann, weil ich endlich statt der Thierblasen sogenannte Wasserkissen, die in jeder beliebigen Grösse zu haben sind, verwende. Ich habe mich überzeugt, dass die geringe Quantität Chloroform, die in dem von Sauerstoff geblähten Sack rasch verdunstet, der Integrität des Sackes keinen Abbruch thut.

Ich habe mich ferner überzeugt, dass es nöthig ist sowohl die Rindsblase als das Wasserkissen stets frisch, unmittelbar vor dem Gebrauche, zu füllen, weil mit jeder Stunde der Chloroformgehalt des Gemenges abnimmt, und nach 2—3 Tagen nur noch Spuren und nach 5 Tagen keine Spur mehr von Chloroform in dem Behälter zu finden ist. Dasselbe diffundirt continuirlich durch die Wand der Blase und des Kautschuksackes. Sowohl die Blasen als das Wasserkissen, zeigen jedoch, wenn sie zur Sauerstoff-Chloroformnarkose verwendet worden sind, noch nach Tagen und Wochen einen eigenthümlichen, etwas säuerlichen, nicht unangenehmen an Obstäther erinnernden Geruch, über das Wesen und Provenienz der riechenden Substanz vermag ich keinen Aufschluss zu geben.

Noch soll erwähnt werden, dass ich mir ursprünglich Hähne aus Hartgummi herstellen liess, dass ich dieselben aber schon nach wenigen Wochen wieder aufgeben musste, weil sie durch die Einwirkung des Gasgemenges sich erweicht haben und gebrochen sind; der Bruch hat sonderbarer Weise eine muschelige Form und ein krystallinisches Gefüge gezeigt. Ich wende jetzt nur Metallhähne an, die nicht viel theurer als jene aus Hartgummi sind.

Ich gehe jetzt zum Athmungsmechanismus über, welcher gemeinschaftlich mit der Maske, Face piece, besprochen werden soll. Es braucht wohl nicht näher begründet zu werden, dass bei dieser Narkose sowie bei jeder anderen die einmal in der Lunge gewesene Luft zum Athmen nicht wieder verwendet werden darf, obwohl bei der Sauerstoff-Chloroformnarkose die ausgeathmete Luft noch Sauerstoff genug hat um wieder eingeathmet werden zu können, sondern bei jeder Athmung beseitigt werden muss. Es sind daher zwei Ventile, die sich nach entgegengesetzten Richtungen öffnen und schliessen, zu dieser Narkose nöthig. Ich habe Klappen-, Kolben- und Federventile versucht, die ersteren sehr bald aufgegeben und bin bei den Federventilen geblieben, obwohl mich auch diese nicht ganz befriedigen. Die Ventile müssen nämlich die Eigenschaft haben, sich ausserordentlich leicht zu öffnen und zu schliessen, sie müssen dieses bei ganz oberflächlichem Athmen spontan thun; denn sobald eine Anstrengung dazu nöthig ist, wird der Athmende ängstlich und unruhig, was die Narkose stört. Die Ventile sollen aber, unbeschadet ihrer Fähigkeit sich leicht zu öffnen, einen hermetischen Verschluss gestatten.

Diese Anforderung hat mich gezwungen, den Mechanismus vielfach ändern zu lassen, dessen Details jedoch will ich hier übergehen und nur anführen, dass ich jetzt mit den vom Instrumentenmacher Herr Marconi angefertigten Mechanismen so ziemlich befriedigt bin. Dieselben sind in Taf. VI. VII Fig. 3 A, B und C perspectivisch und im Durchschnitt abgebildet und leicht verständlich.

In Fig. 3 A (Taf. VI. VII) stellt *a* die Kautschukmaske für Mund und Nase dar, *ww* ist ein dünner Kautschukwulst, der mit Luft erfüllt ist und den Rand der Maske umsäumt, um beim Andrücken derselben an das Gesicht einen hermetischen Abschluss herzustellen; *c* ist ein Federventil, welches sich beim Einathmen öffnet und das Dampfgasgemenge aus dem Kautschuksacke bei *s* eintreten lässt; beim Ausathmen wird das Ventil bei *c* geschlossen und jenes bei *β* im Rohr *b* geöffnet; *d* ist bestimmt, die ausgeathmete Luft aufzufangen, um qualitativ und quantitativ untersucht zu werden.

Viel besser ist der vom Zahnarzt Dr. Müller auf demselben Princip fussende Mechanismus Fig. 3 B (Taf. VI. VII), in demselben ist *a* der Ansatz für die Maske *ff*, die aus vulkanisirtem Kautschuk besteht, mit einem kleineren Ausschnitt *n* für die Nase und einem grösseren *k* für das Kinn. *c* ist der Ansatz für den Sack mit einem in der Pfeilrichtung sich öffnenden Ventil, während bei *b* die ausgeathmete Luft nach aussen tritt; bei *d* befindet sich eine durch den Hebel *e* zu verschliessende Oeffnung, die den Zweck hat, den Athmen-

den zu beruhigen und zu gewöhnen, durch den Mechanismus zu athmen, indem man ihn zuerst atmosphärische Luft athmen lässt, und erst, wenn er sich gewöhnt hat durch den Mechanismus zu athmen, wird die Oeffnung *d* durch den Hebel *e* verschlossen und der Hahn am Gassacke geöffnet. Fig. 3 *D* und Fig. 4 *D* (Taf. VI. VII) stellen Durchschnitte in zwei senkrecht gegeneinander gestellten Ebenen dar, die durch die beigesetzten Buchstaben sofort verständlich sind.

Sehr zweckmässig scheint mir die vom Zahnarzt Coolman in London verwendete Face piece *ff* Fig. 3 *C* (Taf. VI. VII) zu sein, weil dieselbe die Ein- und Ausathmungsventile *c* und *b* in der Maske trägt, und weil sie gestattet, den Dichtungswulst *ww* durch den Schlauch *d* aufzublasen und durch den Hahn in beliebiger Spannung zu erhalten.

In diesen Blättern muss ich mich auf die vorstehende Auseinandersetzung beschränken und will ich weitere die Narkose sowohl mit Chloroform, als mit Aether und Stickoxydul betreffenden Erörterungen und Details für meine der Vollendung entgegen gehenden Schrift: „*Beiträge zur Theorie und Praxis der modernen Chirurgie*“, aufsparen.

Ich bin mir bewusst, dass ich auch dort nicht Alles zum Abschluss zu bringen vermag und so wie hier Manches ungeklärt und lückenhaft bleiben wird, dass ich also hier wie dort der Nachsicht der Fachgenossen sehr bedürftig bin, die ich mir daher schon hier von denselben erbitte.

Ich gebe mich der Hoffnung hin, dass berufenere Männer, die umfassendere Kenntnisse besitzen, über mehr Zeit und über reichere Hilfsmittel verfügen, als dies bei mir der Fall ist, den von mir betretenen Weg fortwandeln, die vorhandenen Lücken ausfüllen und die etwa von mir begangenen Irrthümer und gemachten Trugschlüsse richtig stellen werden.

Zum Schlusse bleibt mir noch die angenehme Pflicht zu erfüllen, den Männern, die mich mit ihrem Rathe und ihren Hilfsmitteln unterstützt und mir es möglich gemacht haben, das theoretisch Concipirte auch praktisch durchzuführen, öffentlich zu danken. Es sind dies die Herrn Prof. E. Ludwig, Docent Hans Jahn, Prof. Bayer und Prof. Godfroid; ganz besonders aber muss ich meinem Freund Kratschmer danken, der mir sein Laboratorium und viele Stunden seiner kostbaren Zeit bei der Durchführung der Analysen zur Verfügung gestellt hat.

Wien, im October 1882.