

## XXIV.

Arbeiten aus dem Laboratorium für experimentelle Pharmakologie  
zu Strassburg.

### 109. Ueber den Grad der Aethernarkose im Verhältniss zur Menge des eingeathmeten Aetherdampfes.

Von

Dr. John G. Spenser,  
aus Cleveland Ohio, U. S. A.

Nur wenige Untersuchungen liegen bisher vor über die Menge des Chloroform- und Aetherdampfes in der beim Chloroformiren oder Aetherisiren von Menschen und Thieren eingeathmeten Luft.

Der Erste, welcher diese Mengen festzusetzen suchte, war Snow <sup>1)</sup> (1848 und 1858). Er brachte Thiere unter eine Glasglocke und liess dann in der letzteren gewogene Mengen von Chloroform und Aether verdunsten.

Die vollständige Narkose trat ein, wenn die Luft in der Glocke (aus der von Snow zugesetzten Menge berechnet) 1,48 Vol.-Proc. Chloroformdampf oder 3,6 Vol.-Proc. Aetherdampf enthielt.

Dreser (1893) <sup>2)</sup> untersuchte in verschiedenen Momenten der Aethernarkose an Menschen die Zusammensetzung der Luft in dem Raume zwischen der Inhalationsmaske und dem Gesicht des Inhalirenden.

Er fand in dieser Luft, abgesehen von zwei Minima, im Durchschnitt von 12 Versuchen 3,7 Vol.-Proc. Aetherdampf, also genau dieselbe Menge, wie sie die Versuche von Snow ergaben.

Diese Chloroform- und Aethermengen verhalten sich ihrem Gewicht nach zu einander wie 1 : 1,5, d. h. es muss in der gleichen Zeit anderthalbmal so viel Aether als Chloroform verdunsten, um die Narkose hervorzurufen.

---

1) „Papers on Narcotism by Inhalation“. London Medical Gazette. Vol. 41—42. — „On Chloroform and other anaesthetics“. London 1858.

2) Ueber die Zusammensetzung des bei der Aethernarkose geathmeten Luftgemenges. Beiträge zur klin. Chirurgie. Bd. X. S. 412.

Dazu kommt, dass die Aetherdämpfe sich weit leichter in der umgebenden Luft verbreiten und deshalb die Anwendung einer Inhalationsmaske nöthig machen.

Wenn man also rationell verfahren wollte, um die Gefahren der Narkose so weit wie möglich zu vermindern, so müsste man ein Volum mit Aetherdampf bei Zimmertemperatur ( $18^{\circ}$  C.) gesättigter Luft, welche bei mittlerem Barometerdruck 53 Vol.-Proc. Aetherdampf enthält, mit 14 Volum reiner Luft mischen und dies Gemisch in einem Strom von 8–10 Liter in der Minute unter die Inhalationsmaske leiten.

Ein Volum bei derselben Temperatur mit Chloroformdampf gesättigter Luft, welche 21 Vol.-Proc. des letzteren enthält, müsste bei der gleichen Art der Anwendung mit 13 Volum reiner Luft gemischt werden, um den erforderlichen Gehalt von 1,5 Vol.-Proc. Chloroformdampf zu geben.

Es ist selbstverständlich, muss aber doch ausdrücklich bemerkt werden, dass die Luft beim Sättigen mit Aether- oder Chloroformdampf die Temperatur von  $18^{\circ}$  C. nicht vor, sondern nach dem Durchgang durch diese Flüssigkeiten haben muss. Doch wird es sehr schwer oder kaum möglich sein, diese Bedingungen in der Praxis zu erfüllen, zumal dies nicht einmal bei Thierversuchen bisher sicher gelungen ist.

Kronecker und Ratimoff<sup>1)</sup> (1884) narkotisirten Thiere in der Weise, dass sie in die Trachea ein Gemenge von reiner und mit Chloroformdämpfen gesättigter Luft einbliesen. Sie fanden in völliger Uebereinstimmung mit den angeführten Versuchen von Snow, dass die Thiere gleichmässig narkotisirt viele Stunden lebten, wenn das Gemisch auf 100 Liter 5–6 cem (7,5–9,0 g) Chloroform (1,4–1,7 Vol.-Proc. Chloroformdampf) enthielt, während bei einem höherem Gehalt Athmungsstillstand eintritt, bei einem minderen die Narkose unvollständig ist.

In späteren Versuchen dagegen kamen Kronecker und Cushny<sup>2)</sup> (1891) zu dem Resultat, dass selbst Gemenge, welche nur 1,2–1,5 cem (1,8–2,25 g) Chloroform auf 100 Liter Luft (0,34–0,42 Vol.-Proc. Chloroformdampf) enthielten, schliesslich die Athmung der Thiere lähmten.

Diese grosse Verschiedenheit der Resultate lässt sich nur dadurch erklären, dass in der letzteren Versuchsreihe die Luft mehr Chloroform enthielt, als die Berechnung ergab. Für praktische Zwecke

1) Du Bois-Reymond's Archiv. 1884. S. 576.

2) Zeitschr. f. Biologie. Bd. XXVIII. 1891. S. 379.

namentlich erscheint daher diese Methode der Mischung der Dämpfe mit Luft nicht verwendbar.

Ich unternahm es deshalb, auf anderem Wege zum Ziele zu gelangen, indem ich in einem Luftraum von bekanntem Volum eine bestimmte Menge des Anaestheticum verdunsten liess; doch beschränken sich meine Versuche zunächst auf den Aether, da es ganz besonders wünschenswerth ist, die Narkose durch dieses, die Herzthätigkeit wenig schädigende Mittel so rasch und so sicher wie möglich herbeizuführen und längere Zeit hindurch gleichmässig zu unterhalten.

Das Princip der Methode ist folgendes:

Ein Gasometer nach Art der Gasometer der Gasanstalten von bekanntem Volum ist so eingerichtet, dass es als Wasserverschluss möglichst wenig Wasser enthält. Durch einen Rührer kann die Luft mit den Aetherdämpfen vollständig gemischt werden.

An dem Gasometer befand sich eine besondere Vorrichtung, in welche eine bestimmte Aethermenge gebracht und durch Ansaugen der Luft bei der Füllung des Gasometers in diesen übergeführt wurde. Aus dem Gasometer konnte eine Probe des Gemisches von Luft und Aetherdampf für die Analyse entnommen werden. Endlich wurde eine Vorrichtung getroffen, welche das Einathmen dieses Gemisches gestattete, ohne dass sich dasselbe mit der Expirationsluft vermischte.

Um ein bestimmtes Gemenge von Luft und Aetherdampf zu erhalten, musste die directe Analyse zu Hülfe genommen werden, weil sich herausstellte, dass die Gasometerluft stets weniger Aetherdampf enthielt, als die Rechnung nach der zugeführten Gewichtsmenge Aether ergab, indem ein Theil des letzteren von dem Wasser absorbirt wird und wohl auch an den feuchten Wänden des Gasometers haftet.

Die Vorrichtung für die Zufuhr des Aethers zum Gasometer war in folgender Weise construiert:

Eine dreihalsige Woulffe'sche Flasche von 250 ccm Inhalt, wurde durch ein eingeschliffenes Rohr mit einem Gummischlauche erst mit einer mit Kalilauge gefüllten Flasche, dann mit der atmosphärischen Luft in Verbindung gesetzt. Durch den anderen seitlichen Hals wurde ein ebenfalls eingeschliffenes Glasrohr mittelst eines mit Schraubhahn versehenen Gummischlauches mit dem Gasometer in Verbindung gebracht.

Durch den mittleren Hals der Flasche ging ein nach oben gebogenes 5 cm langes Capillarrohr, welches an seinem oberen Ende mit einer in  $\frac{1}{10}$  ccm getheilten 10 ccm fassenden Quetschhahn-Bürette in Verbindung stand. Die Bürette konnte durch ein seitliches Rohr, welches mit einem kleinen Kolben als Aetherbehälter verbunden war,

durch Oeffnen eines Quetschhahnes leicht mit Aether angefüllt werden. Die obere Oeffnung der Bürette, wie auch des Aetherbehälters, waren durch Chlorcalciumröhren vor Luftfeuchtigkeit geschützt.

Versuche haben gezeigt, dass mit Draht angeschnürte Gummischläuche und Quetschhähne einen vollständig dichten Verschluss lieferten, was kaum durch Glashähne so leicht zu erzielen ist.

Um den Gasometer zu füllen, wurde der Hahn zur Woulffe'schen Flasche geöffnet, durch Gewichte der Gasometer langsam in die Höhe gehoben, so dass Luft durch die Kaliflasche ins Gasometer gesaugt wurde; nun wurde die bis auf die Marke 0 mit Aether angefüllte Bürette geöffnet, es spritzt dann der Aether in einem feinen Strahl in die Woulffe'sche Flasche und wird mit der von Kohlensäure befreiten Luft ins Gasometer gerissen.

Ist eine genügende Menge Aether aus der Bürette geflossen, so wird die Woulffe'sche Flasche in warmes Wasser gestellt, um die letzten Spuren von Aether ins Gasometer überzuführen.

Will der Gasometer sich infolge des Widerstandes, welchen eine höhere Schicht von Kalilauge verursachen kann, nicht vollständig anfüllen, so wird durch ein Gebläse Luft durch die Kalilauge in den Gasometer eingeblasen, bis das an dem Gasometer angebrachte Manometer auf 0 eingestellt ist.

Ist der Gasometer vollständig gefüllt, so wird durch Auf- und Abziehen einer an einem Metallstab befestigten Zinkscheibe der Gasometerinhalt innig gemischt.

Das Auffangen des Aether-Luftgemisches für die Bestimmung des Aethers in demselben und diese selbst geschahen in folgender Weise:

Zwei Scheidetrichter mit gut eingeschliffenen Glashähnen von 1 Liter Inhalt wurden durch einen dickwandigen Gummischlauch an ihren unteren Röhren verbunden.

Der eine Trichter wurde als Gasbehälter, der andere dagegen als Quecksilberbehälter benutzt.

Der Gasbehälter war oben mit einem durchbohrten Gummipfropfen und Glashahn versehen; mit letzterem stand ein kleines Stückchen Gummischlauch, dann eine 20 cem lange Glasröhre, wieder ein kurzes Stück Gummischlauch und zuletzt ein kurzes Glasrohr in Verbindung; zwischen dem letzten Glasrohr und Gummischlauch war eine Schraubenklemme angebracht.

Der Quecksilberbehälter wurde gehoben, mit Quecksilber gefüllt und sämtliche Hähne geöffnet; dabei fließt das Quecksilber in den Gastrichter.

Werden die mit demselben verbundenen Gummischläuche und

Glasröhren durch eine Klammer in die Höhe gehalten, so kann der ganze Apparat bis zum oberen Rande des letzten Glasröhrchens mit Quecksilber angefüllt werden.

Ist dies geschehen, so werden alle Hähne geschlossen, und der Quecksilberbehälter gesenkt.

Nun lässt man aus dem Gasometer das Gemisch eine kurze Zeit ausströmen, um alle atmosphärische Luft auszutreiben, und dann werden durch das letzte kleine Stückchen Glasrohr Gasometer und Gastrichter mit einander in Verbindung gebracht. Dann werden sämtliche Hähne geöffnet, wobei sich der Gastrichter rasch mit dem Gasgemenge von derselben Temperatur und dem gleichen Drucke wie im Gasometer anfüllt. Ist dies bis zum unteren Glashahn geschehen, so werden alle Hähne wieder geschlossen, und der Gasbehälter mit einer mit Kupferoxyd gefüllten glühenden Verbrennungsröhre verbunden, die in der gewöhnlichen Weise mit Chlorcalciumrohr und Kaliapparat versehen war.

Durch Oeffnen der Hähne, Reguliren des dicht am Verbrennungsröhr befindlichen Schraubhahns und vorsichtige Hebung des Quecksilberbehälters wird das Gasgemisch im regelmässigen und langsamen Strome durch den ganzen Apparat geleitet. Wird das durch eine an dem oberen Glashahn angebrachte Marke bestimmte und vorher genau gemesene Volum als das zu analysirende Volum angenommen, so kann immer die gleiche Gasmenge für die Analyse verwendet werden.

Da wir kein geeignetes Trockenmittel gefunden haben, um das Gasgemisch von Feuchtigkeit zu befreien, ohne einen Verlust an Aether zu erleiden, so haben wir nur die durch die Verbrennung gebildete Kohlensäure in Rechnung gebracht und danach die Aethermenge berechnet.

Nachdem die gewünschte Gasmenge in das Verbrennungsröhr übergeführt war, wurde erst Sauerstoff, dann Luft wie bei einer gewöhnlichen Verbrennung durchgeleitet.

Der angewandte Aether wurde durch einmalige Destillation über Chlorcalcium, mehrwöchentliche Behandlung mit metallischem Natrium und schliessliches Abdestilliren von Alkohol, Wasser und Aldehyd befreit.

Der so gereinigte Aether verursachte nach zweimonatlichem Stehen über festem Kali, sowie in Dampfform über Kali geleitet, keine Bräunung des letzteren mehr und stimmte sehr gut in seinem specifischen Gewichte mit den von Squibb<sup>1)</sup> gefundenen Zahlen überein.

1) Jahresber. f. Chem. 1885. S. 1162.

Die Resultate dieser Aetherbestimmungen sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Der Inhalt der Gasometer betrug 38,74 Liter. Zur Analyse wurden 1086 ccm Luft verwendet.

In den Gasometer eingeführte Aethermenge	CO <sub>2</sub> berechnet in 1086 ccm Luft	CO <sub>2</sub> gefunden in 1086 ccm Luft	Aether in Vol.-Proc.	
			berechnet	gefunden
6 ccm = 4,294 g	0,2851	0,1269	3,370	1,5
6 ccm = 4,294 g	0,2851	0,1257	3,370	1,5
10 ccm = 7,157 g	0,4752	0,2127	5,615	2,5
10 ccm = 7,157 g	0,4752	0,2074	5,615	2,5
12 ccm = 8,589 g	0,5703	0,3036	6,738	3,59
12 ccm = 8,589 g	0,5703	0,2704	6,738	3,19
12 ccm = 8,589 g	0,5703	0,2826	6,738	3,34
12 ccm = 8,589 g	0,5703	0,3062	6,738	3,62
16 ccm = 11,452 g	0,7634	0,3781	8,98	4,45
20 ccm = 14,314 g	0,9546	0,5396	11,23	6,348
20 ccm = 14,314 g	0,9546	0,4839	11,23	5,692
20 ccm = 14,314 g	0,9546	0,5301	11,28	6,236
20 ccm = 14,314 g	0,9546	0,4985	11,23	5,864

3,44

6,03

Das Narkotisieren der Thiere durch Einathmen der ätherhaltigen Luft wurde mittelst einer Thierblase ausgeführt, in welche ein mit leicht spielendem Membranventil versehenes Zuleitungsrohr mündete, und aus der ein anderes ebenfalls mit Ventil versehenes Rohr ins Freie mündete. Zwischen dieser als Inhalationsmaske dienenden Blase und dem Gasometer wurde als Reservoir eine andere Blase eingeschaltet. In diese wurde die ätherhaltige Luft aus dem Gasometer eingelassen, gelangte von da durch die Respirationsbewegungen des Thieres in den kleinen Raum der über den Kopf gezogenen und dicht befestigten Blase und in die Trachea, während die Expirationsluft durch das andere Ventil ins Freie ausgeathmet wurde.

Als Reflexerscheinungen wurden die durch Quetschung der Schnauze und Pfoten, sowie durch Berührung der Conjunctiva hervorgerufenen Bewegungen benutzt.

Wenn man unter den von mir eingehaltenen Bedingungen kleine Mengen von Aether in dem Raum eines Cylindergasometers verdunsten lässt, so findet sich davon in der Gasometerluft nur etwa die Hälfte in Dampfform, während der Rest zum Theil wohl von Wasser absorbiert ist und an den feuchten Wänden des Gasometers haftet.

Die Thierversuche mit Inhalation ätherhaltiger Luft ergeben folgende Resultate:

Bei einem Gehalt von 1,5 Vol.-Proc. Aetherdampf trat selbst nach zweistündiger Inhalation nur eine ganz schwache Wirkung in Form eines hypnotischen Zustandes ein.

Betrug die Menge des Aetherdampfes in der Inhalationsluft 2,5 Vol.-Proc., so trat zwar ein Zustand der Narkose ein, letztere war aber ganz unvollständig, und die Reflexe erfolgten lebhaft, namentlich bei der Katze.

Dagegen tritt die Narkose an Kaninchen und Katzen innerhalb 25 Minuten vollständig ein bei einem Gehalt von 3,19—3,62 Vol.-Proc. Aetherdampf.

Dabei kann dieser Grad der Narkose Stunden lang unterhalten werden, ohne dass die Respiration beeinträchtigt wird und die Herzthätigkeit leidet.

Bei einem Gehalt von 4,45 Vol.-Proc. Aetherdampf tritt vollständige Narkose innerhalb 15 Minuten ein, Athmung langsamer, aber regelmässig. Herzschlag etwas rascher und schwächer als normal, aber immer noch regelmässig.

Bei einem Gehalt von 6,0 Vol.-Proc. Aetherdampf wird die Grenze erreicht, bei der in 8—10 Minuten nach Beginn der Einathmung Stillstand der Respiration erfolgt, welche nach Unterbrechung der Aether-einathmung durch künstliche Respiration beliebig oft wieder in Gang gebracht werden kann.

Wird aber die Aethereinathmung nicht unterbrochen und künstliche Athmung nicht angewandt, so tritt in 2 oder 3 Minuten sehr kräftige spasmodische Athmung spontan ein, welche schon nach wenigen Minuten unter gleichzeitigem Eintritt von Herzstillstand wieder aufhört. Es war aber möglich, durch andauernde künstliche Respiration das Thier auch aus diesem Zustande ins Leben zurückzurufen.

Der von mir gefundene Gehalt der Luft von durchschnittlich 3,5 Vol.-Proc. Aetherdampf, bei welchem vollständige Narkose eintritt, die Stunden lang unterhalten werden kann, ohne dass Athmung und Circulation geschädigt werden, stimmt vollkommen mit den aus den Versuchen von Snow berechneten und von Dreser gefundenen Werthen überein.

Es fragt sich nun, ob diese Art des Narkotisirens auch bei Menschen für die Praxis durchführbar sein würde. Nimmt man das Volum des mittleren Athmens zu 500 ccm an, bei einer Respirationsfrequenz von 20 in der Minute, so wäre eine Luftmenge von  $0,5 \cdot 20 \cdot 60 = 600$  Liter, und die doppelte berechnete Aethermenge von rund 200 ccm oder 150 g erforderlich, um am Menschen die Nar-

kose in der gewünschten Tiefe 1 Stunde lang zu unterhalten. Man kann demnach sagen, dass zwei Gasometer von je 1000 Liter Inhalt, die abwechselnd gebraucht werden, ausreichend sein würden, um die Narkose unter allen Umständen Stunden lang ohne jede Gefahr zu unterhalten.

Die Menge des Aethers wäre vielleicht für jeden Gasometer empirisch festzustellen, da die absorbierte Menge des zugesetzten Aethers von der Grösse des Gasometers abhängig sein wird.

Als Maske könnte eine Vorrichtung gebraucht werden, welche blos Mund und Nase einnimmt und mit entsprechenden Ventileinrichtungen versehen ist.

---