IV.

Experimentelle Beiträge über den Verlauf der Athmungsbewegungen während der Erstickung.

Von

Dr. Andreas Högyes,
Professor an der Universität zu Klausenburg.
(Hierzu Taf. III.)

Die Veränderungen, welche bei plötzlicher Compression der Luftröhre in der Erweiterung und Verengerung des Thorax, von der ersten bis zur letzten Respirationsbewegung vor sich gehen, bringen diejenigen Erregungs- und Erschöpfungsprocesse zum Ausdruck, welche das an Oxygen fortwährend verarmende, an Zersetzungsproducten immer reicher werdende Erstickungsblut in gewissen Centren des Nervensystems hervorrufft; und zwar in denjenigen Centren, von welchen die, die active Erweiterung und Verengerung des Thorax bewirkenden Muskelgruppen in rhythmischen Zeitintervallen die zu ihrer Function nothwendige Nervenenerregung erhalten.

Die Erscheinungen in den Athmungsbewegungen während der Erstickung laufen nämlich bei einem und demselben Thier immer in derselben Reihenfolge ab. Deshalb erhalten wir, wenn wir bei einem erstickenden Thier die Vorgänge der Erweiterung und Verengerung des Thorax mittelst eines in die Luftröhre eingebrachten Glasrohrs und einer damit verbundenen Hebeltrommel (*tambour à levier*)¹⁾ auf dem berussten Papier eines drehenden Cylinders verzeichnen, immer die gleichen Curven; Zeichen, dass die Zersetzungsproducte des „Erstickungsblutes“ die einzelnen Theile des Centralnervensystems immer in der gleichen Reihenfolge in Erregung bringen und in der gleichen Reihenfolge erschöpfen.

1) Les Mouvements dans les fonctions de la vie. Par M. Marey. Paris 1873. p. 125.

Am unmittelbarsten hängen zwar die Athmungsfunctionen von denjenigen Theilen der Medulla oblongata ab, welche Flourens die „noeuds vitals“ benannte, von denen er nachwies, dass die Athembewegungen beim Unverletztbleiben dieser bestimmten Punkte auch dann noch ungestört vor sich gehen, wenn alle anderen Theile des Centralnervensystems functionsunfähig gemacht werden. Jedoch interveniren bei der Bestimmung der Functionsfähigkeit dieser Theile mehrere Factoren; in Folge deren gemeinschaftlichen Zusammenwirkens, in bestimmten Bezirken des Nervensystems — möchte man sagen — ein gewisser normaler Molecularzustand sich etablirt, welcher eben in dem regelmässigen Typus der Athembewegung seinen Ausdruck findet. Diese Factoren sind theils die Beschaffenheit der Blutzusammensetzung, theils jene Nervenenerregungen, welche aus andern Gegenden des Organismus zu diesen Respirationsbezirken des Nervensystems gelangen, und zwar einerseits aus der Peripherie mittelst bestimmter sensitiver Bahnen, andererseits aus den höher liegenden Gegenden des Nervensystems, aus einzelnen Punkten des Vorder- und Mittelhirnes.

Den Einfluss der zuerst erwähnten zwei Factoren auf die Respirationsfunctionen haben die jüngsten experimentell-physiologischen Forschungen ziemlich klar dargethan. Bezüglich des letzteren Punktes, nämlich bezüglich des Einflusses des höher gelegenen Nervensystems jedoch liegen bloß zerstreute Beobachtungen und Forschungen vor, welche nur zusammengehalten einige Einsicht in die Thatsache gewähren, dass die Athmungscentra der Medulla obl. mit jeder Höhe des Mittel- und Vorderhirns in functionellem Zusammenhang stehen.

Die active Erweiterung, sowie die active Verengerung des Brustkorbes kann bis zu einem gewissen Grade willkürlich hervorgerufen werden. Bei Ausdruck heftiger Gemüthsbewegung (Freude, Lachen, Weinen, Schreck u. s. w.) gibt sich unwillkürlich in dem regelmässigen Rhythmus der Thoraxerweiterung und -Verengerung eine Veränderung kund. Diese Thatsachen sprechen dafür, dass die Hemisphären mit den Athmungscentren in Verbindung stehen und auf diese einen Einfluss üben. Ob wir nun specielle Gruppen von Nervenzellen in der Medulla obl. annehmen, in welchen automatisch oder reflectorisch für jede Brusthälfte Nervenenerregungen ausgelöst werden, oder aber die Untheilbarkeit der „noeuds vitals“ aufgeben, zu welcher Anschauung uns Gierke's und Rokitansky's neuere Experimente zwingen, und somit annehmen, dass der zu den der Medulla obl. angehörigen Vaguscentren gelangte peripherische Reiz, oder die in Folge des venösen Blutes dort entstandenen Reizungen auf die ein-

zelen Rückenmarkscentra der Thoraxerweiterung direct überspringen: so müssen wir zu dem Schlusse gelangen, dass, möge es nun untheilbare oder zerstreute Athmungs-Nervencentra geben, diese Nervencentra nicht nur mit den vom Vagus kommenden Fasern, sondern auch mit denjenigen Fasern in Verbindung stehen, welche aus den Hemisphären die erwähnte willkürliche und jene Gemüths-Reflexerregung führen. Diese Gehirnnervenerregungen werden wahrscheinlich auf dem Wege jener Nervenfasern vor sich gehen, welche aus dem Stirntheile der Hirnhemisphären in den untersten Theilen der Pedunculi cerebri zur Medulla obl. hinabsteigen, ohne dass sie mit den Hirnganglienzellen in irgend eine Verbindung treten. Die Route der Bahn derjenigen Nervenerregungen jedoch, welche bei der erwähnten Gemüthsbewegung aus den Hemisphären zu den Athmungscentren der Medulla und des Rückenmarkes herabsteigen, ist — da die Gemüthsbewegungen unwillkürlich vor sich gehen, und somit reflectorischer Natur sind — in denjenigen Fasern zu suchen, welche aus den grossen motorischen Ganglien der Hemisphären aus dem Streifen- und Linsenkern durch den unteren Hirnschenkelfuss hinabsteigen. Es ist ebenso wahrscheinlich, dass in diesen motorischen Ganglien auch diejenigen Erregungen der Olfactoriuscentren auf die Inspirationscentra der Medulla obl. übertragen werden, welche auf Einwirkung verschiedener Gerüche unwillkürliche Inspirationsbewegungen (Schnupern) hervorrufen.

Dass aus dem Thalam. opt. ebenfalls zu den Inspirationscentren Fasern kommen und Reflexbewegungen in denselben auslösen können, das beweist die Thatsache, dass bei plötzlicher Abkühlung der Haut tiefe Inspirationen compensatorischen Charakters hervorgerufen werden (Hermann), welche unseren gegenwärtigen Kenntnissen über die physiologischen Functionen des Sehhügels gemäss so zu erklären sind, dass der durch die Kälte auf die Hautnerven hervorgebrachte Reiz bis zum Sehhügel gelangt und dort auf solche Nervenfasern übertragen wird, welche mit den Athmungscentren der Medulla und des Rückenmarks in Verbindung stehen. Der Weg dieser Fasern führt wahrscheinlich durch die Hirnschenkelhaube, deren Fasern nach Meynert und den neueren Hirnanatomen theilweise auch hier entspringen.

Die Thatsache, dass auf plötzliche Einwirkung eines grellen Lichteffectes auf die Retina zuweilen stürmisches, mit tiefer In- und Expiration verbundenes Niessen entsteht, deutet darauf hin, dass aus den Ganglien der Corpora quadrigemina ebenfalls Fasern zu den tiefer liegenden Respirationcentren der Medulla und des Rücken-

marks hinlaufen. Ebenso ist es bekannt, dass der Trigeminus in mehrfacher Reflexverbindung mit den Respirationscentren steht.

Dass Theile der höheren Nervencentren des Vorder- und Mittelhirns auf die Respirationscentra der Medulla und des Rückenmarkes einen Einfluss ausüben, beweist uns neben den oben erwähnten Erfahrungsthatfachen auch das Experiment. Hegelmaier ¹⁾ machte die Erfahrung, dass bei Druck auf die Hemisphären die Inspirationen tiefer und seltener werden. Hierher gehört auch die Beobachtung, dass nach Zerstörung der Hemisphären die Inspirationen ebenfalls tiefer und rarer werden. Simbringer ²⁾ durchstach den Sehhügel und fand, dass Veränderungen in den Inspirationen stattfinden (tiefere und seltenere Inspirationen entstehen), welche Veränderungen auch von Nothnagel ³⁾ beobachtet wurden. Fournier ⁴⁾ fand bei seinen Versuchen, dass bei Verletzung des Thalam. opt. und dessen Umgebung die Inspirationen schneller und tiefer werden, und nimmt an, dass der Ausgangspunkt der Athembewegungen in diesen Theilen liegt. Rokitansky ⁵⁾ hingegen beobachtete, dass, wenn bei Kaninchen die tieferen Hirnschichten ausgeschnitten wurden, diese wegen mangelhafter Athmung starben.

Da nun in den Functionen des Respirationsmechanismus ausser der Function der eigentlichen Thoraxerweiterer und -Verengerer auch der Zustand der höher liegenden Theile des Nervensystems mitspielt, so ist vorauszusehen, dass die Reihe der bestimmten Erscheinungen, welche bei Compression der Luftröhre in Folge von Einwirkung des Erstickungsblutes auftreten, in dem Falle ein anderes Bild darbieten werde, wenn der normale Zustand der höher gelegenen Theile des Nervensystems schon vor der Erstickung ein veränderter war, oder diese ganz ausser Function gesetzt wurden. Ebenso sind in dem Falle Modificationen zu erwarten, wenn die Respirationscentra früher von dem Nerveneinfluss der Peripherie befreit wurden. Wenn wir bei derlei Erstickungsfällen die In- und Expirations-Erscheinungen auf obenerwähnte Weise registriren, so werden in Folge dessen die nun entstehenden Curven in beiden Fällen von denjenigen abweichen, welche die Erscheinungen der Athmungsbewegungen während der gewöhnlichen Erstickung verzeichnen.

Bei nachfolgenden Experimenten, welche ich im Sommer 1874

-
- 1) Vierordt, Grundriss der Physiologie des Menschen 1870. S. 207.
 - 2) Orvosi hetilap 1872. Adatok a látlelepek élettani működéséhez.
 - 3) Virchow's Archiv 1875. Bd. I.
 - 4) Recherches expérimentales sur le fonctionnement du Cerveau 1873.
 - 5) Medicinische Jahrbücher 1874.

behufs experimental-pathologischer Vorträge „über Lungenathmungsstörungen“ in dem Institute des Herrn Professors Balogh in Pest begonnen und in diesem Sommersemester in meinem eigenen Laboratorium in Klausenburg fortgesetzt, habe ich mir die Erforschung dieser Veränderungen zur Aufgabe gemacht.

Obzwar die oben erwähnte Registrirungsmethode bezüglich des Verlaufes der Athembewegungen während der Erstickung schon seit Vierordt (Lehrbuch der Physiol. des Menschen 844—579) bekannt ist, dass wir nämlich die Schwankungen des Luftdruckes der im Lungenraum eingeschlossenen Luft mittelst geeigneter Apparate aufzeichnen, halte ich es doch nicht für überflüssig — in Anbetracht dessen, dass ich in der mir zur Verfügung stehenden Literatur keine vollständigen Erstickungscurven finde und auch der Verlauf der Athembewegungen während der Erstickung grösstentheils ohne graphische Beobachtung beschrieben ist¹⁾ — in der 1. und 2. Curve der Taf. III. zwei solche graphische Bilder mitzuthellen, umsomehr als diese normalen Erstickungscurven zum Vergleich dienen werden mit Erstickungscurven, die auf andere Weise erhalten wurden.

Die experimentelle Einrichtung, nach welcher die Curven aufgenommen wurden, war folgende. Bei Rückenlage des Kaninchens wurde in die auspräparirte Luftröhre eine Glascanüle eingebracht, welche mit einem Aste einer gabelförmigen Kupferröhre in Verbindung stand. Der zweite Ast dieser gabelförmigen Kupferröhre war mit Hülfe eines Kautschukrohres mit einem Tambour à levier verbunden, während der dritte Ast derselben mit der Luft communicirte und durch einen angebrachten Hahn eventuell verschlossen werden konnte, in welchem Falle, da dem Thiere nur so viel Luft zur Verfügung stand, als im Augenblicke der Absperrung einerseits in seiner Lunge, anderseits im Tambour à levier enthalten war, natürlicherweise rasch Erstickung eintrat.

Der zeichnende Hebel des Tambour à levier ruhte auf einem drehenden Cylinder, dessen Umfang 42 Cm. betrug und der in einer Minute sich einmal umdrehte. Wenn ich nun bei solcher Einrichtung den freien Hahn der Kupferröhre gleichzeitig abspernte, sobald sich der Cylinder in Bewegung setzte, so waren die Verhältnisse der Erweiterung und Verengung des Brustkastens des Thieres von der

¹⁾ Bezüglich Kaninchen und Hund bei Falck „Ueber den Tod im Wasser“. Virchow's Archiv. 47. Bd. und bei Burdon-Sanderson „Handbook for the physiological Laboratory“ S. 318. Apnoea. Dyspnoea u. Asphyxia.

ersten Inspiration nach Luftverschluss bis zur letzten auf der Trommel bezeichnet.

Die beigegebene Taf. III, Fig. 1 und 2, zeigt zwei solche während Ablauf der Erstickung erhaltene Curven in 5fach verkleinertem Maassstabe. Die römischen Ziffern bezeichnen die Minuten, die arabischen die Sekunden.

Bei Verschluss mittelst Hahnes dauerten in beiden Fällen die Respirationsbewegungen beiläufig dieselbe Zeit, im ersten Falle 3' 47'', im zweiten 3' 52''. Gleich in der ersten Minute nach Verschluss der Rohre sind die Excursionen unter der Horizontalen grösser als die über derselben, als Zeichen, dass die gleich nach Verschluss der Trachea auftretende Dyspnöe überwiegend inspiratorischen Charakters ist, später jedoch werden auch die Excursionen über der Horizontalen grösser, als Zeichen, dass sich zu den inspiratorischen Beschwerden auch expiratorische hinzugesellten. Später finden wir in dieser hyperexpiratorischen Anstrengung eine merkwürdige Veränderung. Die Excursion der Curve zeigt wohl nach einer tieferen Inspiration darauf folgende tiefe Expiration, allein nach der expiratorischen Excursion sieht man die Curve weder in eine tiefe Inspiration übergehen, noch bleibt sie auf der erreichten Höhe, sondern zeigt über der Horizontalen verschiedene Schwankungen und erst dann geht sie in die tiefe Inspiration über. So reihen sich an die immer regelmässigen tiefen Inspirationen solche tiefe Expirationen an, auf deren Höhepunkt die Lunge bis zur nächsten Expiration nicht in fortwährender Verengerung bleibt, sondern mehrere kleinere Erweiterungen und Verengerungen erleidet. Diese typischen Curven entsprechen immer je einem Krampfanfall, welche in der ersten Minute und zu Anfange der zweiten immer häufiger auftreten und immer stärker werden. Ihr Zustandekommen ist aber dadurch bedingt, dass sich zu den tonischen Contractionen der Bauchmuskulatur des erstickenden Thieres bei activer Expirationsstellung auch noch ein oder mehrere klonische Contractionen hinzugesellen, und die Lunge, die sich in activer expiratorischer Verengerung befindet, sich nun in der Pause der klonischen Bauchmuskelkrämpfe vermöge ihrer Elasticität zu erweitern suchte, aber ihre gewöhnliche Expirationsgrenze in Folge der neuen, jedoch stärker auftretenden Zuckung nicht erreichen kann. Dass die in diesem Stadium der Erstickung auftretenden Krampfanfälle nichts Anderes als expiratorische Krämpfe sind, zeigen eben die Curven. Die während der allgemeinen Zuckungen vor sich gehenden Erweiterungen des Thorax geschehen in einem ganz regelmässigen Rhythmus, somit functioniren die

Erweiterer des Brustkastens ganz regelmässig, die Krampfanfälle fallen immer auf die Expiration und diese treten in denjenigen Muskeln auf, welche die active Expiration bewirken.

Dieser Abschnitt der krampfhaften expiratorischen Anstrengungen reicht bis in die Mitte der zweiten Minute und hört nach einem starken Anfall, während dessen durch mehrere Secunden (im ersten Falle 2' 27—40'', im zweiten 2' 38—47'') die Lunge in continuirlicher angestrenzter expiratorischer Verengerung sich befindet, plötzlich auf. Dies ist der Moment wo die Erstickungserregung ihren Culminationspunkt erreicht, der Opisthotonus am grössten ist, der Exophthalmus eintritt und die Cornea unempfindlich zu werden beginnt.

Mit diesem langen expiratorischen Krampfe sind schliesslich die, die active Expiration bewerkstelligenden Muskeln erschöpft, insofern nach der darauf folgenden ebenso ausgiebigen und tiefen Inspiration im Verlaufe der Erstickung eine weitere active Expiration nicht mehr vorkommt. Von nun an functioniren vom ganzen Muskelsystem des erstickenden Thieres nur noch die Inspiratoren, während die anderen ganz erschöpft sind. Der Hebel des Tambour à levier macht nur unter der Horizontalen Excursionen. Die Expiration geht nur passiv vor sich, in Folge der Elasticität der Lunge.

Diese terminalen tiefen Respirationsbewegungen mit activer In- und passiver Expiration sind anfangs selten. Zwischen der Inspiration, welche jenem langen expiratorischen Krampf folgt, und der folgenden Inspiration verstreicht einige Zeit (im ersten Falle 18'', im zweiten 20''). — Am Anfang der 3. Minute jedoch zeigen sich wieder häufige, tiefe Inspirationen, deren Excursionen regelmässig gross sind, nur in den letzten 3, 4 Athmungen immer geringer und geringer werden, bis schliesslich im letzten Drittel der 4. Minute mit einer, der letzten oberflächlichen activen Inspiration entsprechenden, passiven Expiration die Scene ihr Ende erreicht.

Die Erscheinungen also, welche bei Erweiterung und Verengerung des Thorax eines erstickenden Thieres durch Verschluss der Luftröhre auftreten, sind in verschiedenen Fällen regelmässig dieselben und laufen bestimmte natürliche Stadien durch.

Diese Stadien sind:

- a) Gleich nach Verschluss das Stadium der inspiratorischen Anstrengung, welches je nach dem geringeren und grösseren Luftgehalt der Lunge und des mit ihr verbundenen Röhrensystems des Schreibapparates kürzer oder länger dauert. Auf dieses folgt:
- b) das Stadium der expiratorischen Dyspnöe, welches

- sich bis zur krampfhaften expiratorischen Anstrengung steigert, und beiläufig in der Mitte der 2. Minute mit einem, ein oder mehrere Secunden dauernden expiratorischen Krampf endigt.
- c) Darauf folgt nach einer tiefen Inspiration ein mehrere Secunden dauernder Respirationsstillstand, während die Lunge in passivem expiratorischen Zustande sich befindet.
 - d) Endlich das terminale Stadium der tiefen Respirationen mit activen In- und passiven Expirationen, welches während der 3. und 4. Minute bis zur letzten passiven Expiration dauert.

Je nachdem der Zustand des Gehirns ein verschiedener war, habe ich in diesen typischen Erstickungserscheinungen der Respirationsbewegungen des Thorax folgende Veränderungen auftreten gesehen:

Wenn man die Functionen der Hemisphären durch Narkose einstellt oder diese ganz ausschneidet, so stellt sich das Erstickungsbild der Athmungsbewegungen ganz anders dar.

Die auf Tafel III, Fig. 3. abgebildete Curve veranschaulicht den Verlauf der Athmungsbewegung während der Erstickung bei einem Kaninchen, welches vor Abschluss des Sperrhahns mit Chloroform vollständig bis zum Verschluss der Reflexempfindung narkotisirt wurde.

Nach Verschluss der Luftröhre lebte das Thier 243'' (4' 03''), also noch länger als bei gewöhnlicher Erstickung. Unmittelbar nach Absperrung des Hahnes zeigten sich gleichförmige seltenere tiefe Respirationen insbesondere inspiratorischen Charakters (vor der Narkose 76, während derselben 34 Respirationen), welche nur gegen die Mitte der 2. Minute von ein paar expiratorischen Krämpfen unterbrochen wurden und das Stadium der expiratorischen Anstrengung bei der gewöhnlichen Erstickung darstellten. In der 22. Secunde der 2. Minute stellte sich der Athmungsstillstand ein, welcher sehr lang dauerte und bis ins erste Drittel der 4. Minute reichte, darauf die terminalen activen In- und passiven Expirationen, welche bis zu Anfang der 5. Minute dauerten.

Die wesentlichen Unterschiede in dem Athmungsverlaufe, wie er bei der gewöhnlichen und der während der Chloroformnarkose eingetretenen Erstickung eintritt, sind also folgende:

- 1) Dass das während der gewöhnlichen Erstickung am stärksten ausgeprägte Stadium der expiratorischen Anstrengung nur durch wenige klonische Krämpfe dargestellt ist, so dass in Folge dessen die ganze Erstickung ein ruhigeres Bild gibt.
- 2) Dass der Respirationsstillstand länger ist.

3) Dass das terminale Stadium der tiefen Inspirationen kürzer ist.

Beinahe dieselben Unterschiede kommen vor in dem Erstickungsbilde der Athembewegungen, wenn nach Exstirpation der Hemisphären in Folge von Verschluss der Luftröhre schnelle Erstickung eintritt.

Die 4. Curve zeigt die Athembewegungen eines Kaninchens während der Erstickung, bei welchem vor Verschluss der Luftröhre die Hemisphären exstirpiert wurden. Die Erstickung folgt der Exstirpation im Moment (Tafel III, Fig. 4).

Nach Verschluss der Luftröhre lebte das Thier noch 4' 20". Gleich nach Verschluss der Luftröhre stellten sich tiefe überwiegend inspiratorische Athmungen ein, zu welchen sich bald lebhaft active Expirationsbewegungen hinzugesellten. Gegen Ende der 1. Minute wurde die Athembewegung seltener, energischer, die Expirationsbewegung jedoch steigerte sich nicht zu Krampfanfällen. Nur in der 15.—25. Secunde der 3. Minute traten allgemeine klonische Krämpfe und dem entsprechend klonische Expirationen ein. Auf diesen Anfall stellte sich dann noch eine tiefere In- und darauf folgende passive Expiration ein, ein in die 4. Minute reichender, eine ganze Minute dauernder Athmungsstillstand, nach welchem die beiläufig bis 45" dauernden terminalen activ inspiratorischen und passiv expiratorischen Athmungen die Reihe der Respirationsercheinungen abschlossen.

Hier also finden wir dieselbe Abweichung von der Erscheinung bei der normalen Erstickung:

- 1) Dass an Stelle des Stadiums der krampfartigen Expirations-Dyspnöe nur einige, wenige Minuten dauernde, allgemeine klonische Krampfanfälle auftreten, während diesen nur einfache energischere Expirationsanstrengungen entsprechen.
- 2) Dass der Athmungsstillstand lang ist.
- 3) Dass das Stadium der terminalen tiefen Inspiration kurz ist. — Von der Athembewegung bei der Erstickung während Chloroformnarkose unterscheidet sie sich dadurch, dass dort gleich bei Gelegenheit der inspiratorischen Dyspnöe die Respirationsbewegungen selten sind, was dem Umstande zuzuschreiben ist, dass das Chloroform auf die Function der Athmungscentra in der Medulla modificirend wirkt.

Ganz abweichend von dem bisher dargestellten Verlaufe der Respirationsbewegungen bei Erstickung ist der Verlauf derselben bei der Erstickung, welche während einer Chloralhydratnarkose zu Stande kommt.

Ein Kaninchen wurde, nachdem es zum Registriren der Athmungs-

bewegungen in die gehörige Lage gebracht war, durch Chloralhydrat betäubt. — Nachdem die Narkose vollständig war, wurde der Sperrhahn abgeschlossen. Das Erstickungsbild der Respirationsbewegung gibt Fig. 5 auf Tafel III.

Gleich nach Absperrung des Hahnes entstanden tiefe inspiratorische Athmungen, welche diesen Charakter bis zum letzten Athemzug beibehielten. Die Athemzüge waren in der 1. Minute schneller, in der 2. etwas seltener, folgten aber regelmässig hintereinander und zeigten gleiche Excursionen beinahe bis zum letzten Athemzuge, wo diese Grösse der Excursion plötzlich geringer zu werden begann, und nach 3—4 Athemzügen stellte sich in der 35.“ der 2. Minute die letzte oberflächliche Thoraxerweiterung ein. — Merkwürdig ist's, dass nach dem letzten Athemzuge noch durch 5 Minuten der Stift der Hebeltrommel rhythmische geringe Thoraxerweiterungen aufzeichnete, welche mit den in der Musculatur des ganzen Körpers auftretenden schwachen klonischen Krämpfen zusammenfallen. Diese Krämpfe im Zwerchfell waren nur momentane und nicht im Stande, den Thorax so zu erweitern, wie der Athemzug. Diese oberflächlichen klonischen Krämpfe im Körper und den übrigen Muskeln hörten im ersten Drittel der 7. Minute des Gesamtverlaufes auf. Der ganze Erstickungsvorgang wurde nicht von einem Krampfanfalle unterbrochen. Der ganze Erstickungsverlauf entspricht daher einer ununterbrochenen inspiratorischen Dyspnöe, in welcher jede expiratorische Anstrengung vollständig fehlt, und ein Athemstillstand nicht eintritt.

Am allergeringsten ist die Abweichung von dem Verlauf der Respirationsbewegung während der normalen Erstickung dann, wenn vor der Erstickung der N. vagus beiderseits durchschnitten wird. Figur 6 zeigt ein solches Bild. Der vorher präparierte N. vagus wurde erst unmittelbar vor Verschluss des Hahnes durchschnitten (Tafel III, Fig. 6.)

Die Zahl der Athemzüge sinkt nach Durchschneidung des Vagus von 60 auf 40. Nach Verschluss der Luftröhre lebt das Thier 3' 13“. Gleich nach Verschluss stellten sich seltene tiefe Athemzüge, insbesondere inspiratorischen Charakters, ein, die klonische Contraction der Athemmuskeln trat früh auf, und zwar sowohl in den Thoraxerweiterern als in Thoraxverengerern. So entstanden In- und Expirationen verschiedener Abschnitte, mit welchen nach Aufhören der klonischen Krämpfe wieder Respirationen inspiratorischen Charakters abwechselten. Diese klonischen Krampfanfälle während des In- und Exspirirens erneuern sich während des Verlaufes der

1. und Anfangs der 2. Minute mehrere Male. Gegen die Mitte der 2. Minute jedoch wurden sie ununterbrochen und die klonischen Zuckungen waren insbesondere expiratorischen Charakters, obzwar die Inspirationen auch meistens in mehreren Abschnitten erfolgten. Die klonische Zusammenziehung der expiratorischen Muskeln ging aber nicht in eine so lange krampfhaftes Contraction über, wie bei der gewöhnlichen Erstickung, sondern wurde fortwährend in ihrer Energie schwächer und in der Zeit der Entwicklung des Exophthalmus nach einigen tiefen Inspirationen und nach einigen geringen activen Expirationen stellte sich ein $1\frac{1}{2}$ Minuten langer Respirationsstillstand ein, worauf zu Anfang der 4. Minute ein kurzes Stadium der charakteristischen terminalen activen In- und passiven Expirationen die Reihe der Erscheinungen schloss.

Hier war somit das Stadium der krampfhaften expiratorischen Dyspnöe da, jedoch bloß zerstreut und vom inspiratorischen Krampfe unterbrochen. Ferner war der Respirationsstillstand länger, das Stadium der terminalen Athmungen kürzer.

Wenn ich nun ausser den Hemisphären noch die Thalami, die Corpora quadrigemina und das Kleinhirn entfernte und dann die Erstickung einleitete, so bekam man in einzelnen Fällen wohl immer ein anderes Bild der Respirationbewegungen des Thorax, aber diese alle stimmten darin überein, dass die krampfhaften Respirationsanstrengungen in keinem Falle auftraten, ebenso dass die für die gewöhnlichen Erstickungen charakteristischen allgemeinen klonischen Krämpfe überhaupt fehlten.

Bei einem Kaninchen, welches ich zur Aufnahme von Athmungscurven herriehete, durchschnitt ich die Hemisphären und die Thalami optici. Die Respirationszahl, welche vor der Operation der erwähnten Theile 84 in der Minute war, betrug nach derselben 60. Nach Verschluss des Sperrhahns bot sich in der Athembewegung das in Fig. 7, Tafel III gegebene Erstickungsbild dar.

Das Thier athmete nach Verschluss der Luftröhre $2' 58''$. Gleich nach Verschluss der Luftröhre traten seltene tiefe Athembewegungen auf, deren Charakter überwiegend inspiratorisch war, bei welchen jedoch bei Zustandekommen der Expiration eine active Muskelwirkung mitspielt. Und zwar war bei der activen Expiration der Umstand erwähnenswerth, dass, als die Ablenkung des Hebels über der horizontalen Linie den höchsten Grad erreichte, derselbe nicht in dieser Stellung bis zur nächsten Inspiration blieb, also nicht eine gerade Linie beschrieb, sondern drei oder mehrere, bis zur nächsten

Inspiration immer geringer fortschreitende Wellenlinien, als Zeichen, dass die Lunge auf dem Culminationspunkt der Thoraxverengerung bis zu Anfang der folgenden tiefen Inspiration mehrere oberflächliche Erweiterungen und Verengerungen erleidet.

Diese Erscheinung ist anders nicht zu erklären, als dass, sobald die thoraxverengernden Muskeln den Culminationspunkt ihrer Contraction erreichen, sie da nicht verharren, sondern allsogleich darauf eine Erschlaffung eintritt, welcher unmittelbar eine passive Thoraxerweiterung folgen würde, wenn nicht zu Folge neuer Innervationsimpulse erneuerte Muskelcontraction und dieser entsprechend Thoraxverengerung sich einstellen würde.

Diese stossweise kommenden Innervationsreize werden immer kleiner und kleiner, bis sich schliesslich vollständige Ermattung in den expiratorischen Muskeln einstellt, die passive Erweiterung der an der normalen Expirationsgrenze zusammengepressten Lunge in Wirkung tritt und dann in Folge von Mitwirkung der Inspirationsmuskeln in eine active Erweiterung übergeht. Diese stossweise geschehende Erschlaffung der Expirationsmuskeln begleitet jede active Expiration die 1. und 2. Minute hindurch. Die absteigenden Wellenlinien der späteren Expirationen sind eher steil, ein Beweis, dass die Energie der Innervationsreize nach der ersten Contraction schnell abnimmt, während in der 40. Secunde der 2. Minute die in leichten Wellen absteigende Expirationslinie — welche den Athemstillstand bezeichnet — in eine, eine $\frac{1}{2}$ Minute dauernde gerade übergeht, nach welcher dann die terminalen activen In- und Expirationen mit geringen Excursionen folgen.

Hier war also eine ziemlich lange Athempause und ein etwas kurzes terminales Stadium vorhanden; das Stadium der krampfhaften Expirationen und der klonischen Krämpfe fehlte.

Bei einem Kaninchen wurden nach den nothwendigen Vorbereitungen ausser den Hemisphären und den Thalami optici noch die Corpora quadrigemina exstirpirt.

Die Zahl der Respirationen, welche vor dem Experiment 78 betrug, sank auf 12 hinunter. (Vergl. die Curve 8, Tafel III.)

Die Athmung des Thieres dauert hier nach Verschluss der Luft-röhre 3' 32". — Gleich nach Verschluss zeigten sich gleichartige, typische, seltene, tiefe Athembewegungen, bei welchen blos die Inspiration activ geschah, während die Expiration ohne jede Muskelkraft vor sich zu gehen schien.

Die geringe Excursion über die Horizontale ist eher dem elastischen Zurückschnellen der Kautschukblase des Tambour à levier

zuzuschreiben, als irgend einer geringen activen Expirationsbewegung.

In der 3. Minute stellte sich nach einigen Athmungen von geringer Excursionsweite eine 30" lange Athempause ein, und darauf folgten bis zu Ende den vorigen ganz ähnliche terminale Athembewegungen.

Der ganze Verlauf der Erstickung ist hier als eine inspiratorische Dyspnöe mit seltener Respiration zu betrachten, welche nur einmal durch $\frac{1}{2}'$ lange Athempause unterbrochen wurde. Die ganze Erstickung verlief ohne klonische Krämpfe.

Das Bild der Athembewegung während der Erstickung, welches sich nach Exstirpation der Hemisphären, Thal. opt., Corp. quadr. und des Kleinhirns darbot, war folgendes: Die Respiration fiel von 76 in der Minute auf 36. (Vergleiche Curve 9, Tafel III.)

Das Thier athmete durch 180". Nach Verschluss machte es 6 tiefe ziemlich regelmässige Respirationen, darauf folgte eine Athempause von 23". Diese Athemzüge waren zwar vorzüglich inspiratorischen Charakters, jedoch zeigten sich auch geringe active Expirationen, und zwar in den auf einander folgenden Athemzügen in fortwährend abnehmendem Verhältniss. Nach der ersten Athempause zeigten sich zu Ende der 1. und zu Anfang der 2. Minute wieder einige unregelmässige Athemzüge mit stärker werdenden activen Expirationen, unter welchen die letzte in der 50." der 2.' in eine oberflächliche Expiration übergeht, dann trat wieder eine einige Secunden dauernde Pause ein und schliesslich machten die terminalen Athemzüge von immer geringer werdenden Excursionen der Scene ein Ende.

Die Erstickung verlief ganz ohne Krämpfe, jedoch ging der Aufeinanderfolge der Erscheinungen, mit Ausnahme der bei den meisten Erstickungen vorkommenden terminalen Athmungserscheinungen, jeder regelmässige Typus ab.

Wenn wir die verschiedenen Erstickungscurven, wie wir sie bei den angeführten Experimenten gewannen, mit einander vergleichen, fällt zu allererst der Umstand auf, dass die Function des Athmens im Verlaufe der Erstickung bei den verschiedenen Versuchen nahezu gleich lang dauerte. Dies ist leicht zu begreifen, wenn man erwägt, dass schliesslich die Athmungscentren bei diesen Experimenten unberührt bleiben. Aber um so auffälligere Veränderungen zeigten sich in den sonstigen Verhältnissen der Athembewegungen, in der Form dieser Bewegungen, in der Aufeinanderfolge der In- und Expirationen.

Bei der Analysirung dieser Erstickungscurven, bezüglich deren Form, ist zu bemerken, dass die Excursion unter die Horizontale einer activen Thoraxerweiterung, d. h. einer activen Inspiration, das Zurücktreteten zur Horizontalen aber einer passiven Thoraxverengung oder passiven Expiration entspricht; die Excursion aber über die Horizontale bedeutet eine active Thoraxverengung, d. h. active Expiration, das Zurücktreteten von oben zur Horizontalen eine passive Thoraxerweiterung oder passive Inspiration.

Bei dem normalen Erstickungsverlaufe der Athembewegungen ist die Form derselben anfangs überwiegend inspiratorischen Charakters. Die active Inspiration prävalirt. Zu Ende der 1. und in der 2. Minute treten neben den früheren energischen Thoraxerweiterungen energische, ja heftige active Verengungen auf. In der Mitte der 3. Minute hört dann plötzlich jede active Verengung auf, während nach dem Athmungsstillstand nur ausschliesslich active Inspirationen durch die 3. und 4. Minute vorkommen. Somit kommen nun unter der Einwirkung des an Oxygen verarmenden und an Zersetzungsproducten immer gesättigter werdenden Blutes zuerst jene Theile des Centralnervensystems in gesteigerte Erregung, welche die Inspirationsmuskeln beeinflussen, nur später verbreitet sich dieselbe auf jene Mittelpunkte, welche die Expirationen vermitteln; hingegen erschöpfen sich die letzteren Theile des Nervensystems früher als die ersteren, weil bei der Expiration schon längst keine Spur von Activität zu merken ist, während active Inspirationen — wenn auch in seltenen Intervallen — noch immer deutlich vorhanden sind.

Aber in der Form der Expirationsbewegungen zeigt sich noch die Eigenthümlichkeit, dass die einzelnen Thoraxverengungen im Stadium der expiratorischen Anstrengung nicht auf einmal, sondern in mehreren Zeitabschnitten geschehen. Diese klonischen Expirationen sind nur Theilerscheinungen jener allgemeinen klonischen Krämpfe, und dies deutet darauf hin, dass das Erstickungsblut auch jene Theile des Centralnervensystems in Erregung versetzt, aus welchen die allgemeinen Krämpfe ausgelöst werden. Bezüglich dieser klonischen Krämpfe ist zu erwähnen, dass sich diese nur auf die Expirationsmuskeln verbreiten, während die Inspiration im Verlaufe der allgemeinen klonischen Krämpfe regelmässig weiter vor sich geht. Die Krampfanfälle selbst fallen in die Expirationsphase.

Erwähnenswerth ist die Abweichung bei den verschiedenen Erstickungen bezüglich des Stadiums der expiratorischen Dyspnöe, insofern man findet, dass, sobald die Function der Hemisphären wegfällt (II. III. IV.), die activen Expirationen

immer schwächer werden; das Stadium der expiratorischen klonischen Krämpfe dauert entweder nur geringe Zeit, oder kommt gar nicht zum Vorschein. Dem entsprechend sind auch die allgemeinen Krampfanfälle bei der Erstickung sehr gering oder treten gar nicht auf. Noch weniger zeigen sich die Erstickungskrämpfe in denjenigen Fällen, wo ausser den Hemisphären noch die übrigen Theile des Mittelhirns exstirpirt werden.

Bezüglich dieser Thatsachen steht mir ausser dem Obenerwähnten noch folgendes experimentelle Material zur Verfügung.

Erstickungsversuche nach Exstirpation einzelner Theile des Vorder- und Mittelhirns.

I. Versuch. 9. Januar 1875. Vormittags an einem weissen 7 wöchentlichen Kaninchen.

- 10⁰ 35' Die Luftröhre auspräparirt. Resp. 112 in der Min.
- 45' Exstirpation des Lobus olfactor. Resp. 76 in der Min.
- 52' Die Erstickung unter allgemeinen Krämpfen und klonischen Zuckungen verlief in 3 Min.

Mittelst künstlicher Respiration wurde das Thier wieder zum Bewusstsein gebracht. Resp. 100.

- 10⁰ 57' Ein Theil des Gehirnlappens wurde exstirpirt. Resp. 116.
- 11⁰ 0' Erstickung. Dieselbe verlief unter schwachen klonischen Zuckungen in 3 Min. Durch künstliche Respiration kam das Thier wieder zu sich.
- 11⁰ 6' Es wurde ein weiteres Stück des Gehirnlappens entfernt.
- 11⁰ 10' Erstickung. Dieselbe verlief ohne allgemeine Krämpfe, nur einige schwach entwickelte opisthotonische Contractionen kamen in den Muskeln der Wirbelsäule und geringe Bewegungen in den Muskeln der Extremitäten vor.

Wie die Section nachwies, wurde nur der Stirntheil der Hemisphären entfernt, während der Schläfentheil und die Theile des Mittelhirns unberührt blieben. Geringer Blutverlust. Wenig Blutgerinnsel über dem Tentor. cerebelli, um das Kleinhirn und Medulla obl. kein Blutgerinnsel.

II. Versuch. 9. Jan. 1875. Bei einem 7 wöchentlichen Kaninchen wurde die Luftröhre geöffnet, eine mit einem Kautschukrohr versehene Glasröhre hineingegeben und durch die Schädelknochen hindurch mit einem Trigeminiusschneider in das Vorderhirn geschnitten. Beim ersten Durchschnitt — wie die nachfolgende Section ergab — wurde der linke Hirnschenkel und die rechte Hemisphäre verletzt. Auf das traten rotirende Bewegungen gegen die gesunde Seite hin ein. Bei dem zweiten Durchschnitt wurde der rechte Thalam. optic. in schräger Richtung durchgeschnitten. Nach Absperrung des Hahnes trat Erstickung ohne Krämpfe ein.

III. Versuch. 9. Jan. 1875. Einem 8 wöchentlichen Kaninchen wurde die Luftröhre durchgeschnitten, eine Canüle hineingepasst und nach Eröff-

nung der Schädelhöhle die Hemisphären exstirpirt. Nach Verschluss der Luftröhre trat Erstickung ohne Krämpfe ein.

IV. Versuch. 9. Febr. 1875. Einem 3monatlichen 1020 Grm. schweren Kaninchen wurde nach den früher erwähnten Proceduren die Schädelhöhle eröffnet und die Hemisphären exstirpirt. Nach Verschluss der Luftröhre stellte sich Erstickung, begleitet von schwachen Krämpfen, ein. Auf künstliche Respiration kam das Thier zu sich. Dann wurde der vordere Theil des Thalam. optic. beinahe ganz exstirpirt, worauf sich seltene tiefe Inspirationen in nicht ganz regelmässigen Intervallen einstellten. Nach Verschluss der Luftröhre war die Erstickung von keinen Krämpfen begleitet.

V. Versuch. 2. Febr. 1875. Bei einem 8wöchentlichen Kaninchen, wurden, nachdem um die Trachea eine Schlinge gezogen worden war,

10⁰ 40' die Hemisphären exstirpirt. Das Thier stürzte bewusstlos nach der Seite; aufgerichtet, verharrte es in dieser Stellung.

10⁰ 50' ausserordentlich lebhaftes Reflexerregbarkeit. Schrei- und Fluchtversuche auf Kneifen der Ohren und des Schwanzes, während es auf Kneifen der Extremitäten nicht reagirt. Die Respiration ist tief und schnarchend.

11⁰ 1' Verschluss der Luftröhre. Die Erstickung ist von geringen klonischen Krämpfen begleitet. Nachdem die Luftröhre aufgeschnitten und der Schädel mit kaltem Wasser begossen worden, begann wieder von selbst die Respiration.

11⁰ 24' wieder der frühere Zustand. Tiefe schnarchende Respiration. Lage auf den Seiten. Conjunctiva empfindlich. Auf Kitzeln des Schweifes Fluchtversuch.

11⁰ 26' Exstirpation des rechten Thalam. optic. Opisthotonus und Athemstillstand stellt sich ein, auf welche dann, nach einigen schnellen oberflächlichen Respirationen, in der Min. 20 tiefe Respirationen sich einstellen.

11⁰ 28' Zeitweise Contractionen in den linken Extremitäten.

— 35' Exstirpation des linken Thalam. optic., worauf seltene regelmässige Respirationen zum Vorschein kommen.

— 37' Zusammenschnürung der Luftröhre. Heftige Respirationanstrengungen besonders an dem Maul und Nase. Zu Anfang der 3. Minute wurde der Kopf nach rückwärts gezogen, einige schwache klonische Krämpfe in der Extremität. Zu Anfang der 4. Minute das letzte Athmen. Nach neuerdings eingeleiteter künstlicher Respiration zeigten sich noch einige Respirationsbewegungen.

Diese Experimente zeigen, dass die während der Erstickung auftretenden allgemeinen Krampfanfälle in um so geringerem Grade auftreten, je mehr Theile des Vorderhirns entfernt werden. Nach Exstirpation der Hemisphären läuft die Erstickung entweder ganz ohne allgemeine Krämpfe ab, oder diese zeigen sich nur in sehr geringem Grade. Nach Entfernung des Sehhügels scheinen überhaupt keine

allgemeinen Krämpfe aufzutreten. Einzelne Contractionen oder geringe klonische Krämpfe zeigen sich ohne Zweifel an einem Körperteile, aber diese dauern nur sehr geringe Zeit und im ganzen Muskelsystem treten sie niemals so gleichzeitig und so allgemein auf, wie sonst, wenn die Hemisphären unverletzt sind.

Dass das Erstickungsblut ohne normale Hemisphären allgemeine Erstickungskrämpfe hervorzubringen nicht im Stande ist, zeigen besonders die Erstickungen bei Chloroform- und Chloralhydratnarkose.

Zur Ergänzung der obigen Versuche füge ich noch Folgendes hinzu:

Versuch. Erstickung während der Chloroformnarkose. Bei einem Kaninchen wurde am 15. Mai 1875 10⁰ 45' die Tracheotomie gemacht, in die Luftröhre ein Glasrohr eingepasst und wegen der Compression hier ein Kautschukrohr angebracht.

11⁰ — Durch die Luftröhre wurde das Thier narkotisiert, bis Unempfindlichkeit der Cornea eintrat. Dann wurde die Trachea comprimirt. Auf das stellten sich tiefe schwere Athemzüge ein, in deren Anfang die Cornea ihre Reflexerregbarkeit auf kurze Zeit wieder gewann.

In dem Stadium der Pupillenerweiterung wurde der Kopf in Folge tonischer Contraction der Nackenmuskeln langsam nach rückwärts gezogen. Keine Spur von allgemeinen Krämpfen. Die Athempause stellte sich auf dem Höhenpunkte der Pupillenerweiterung und des Exophthalmus ein, worauf dann nach einer minutenlangen Pause einige terminale Athmungen auftraten.

Versuch. Erstickung während einer Chloralhydratnarkose. 15. Mai. 11⁰ 35'. Nach den oben geschilderten Vorbereitungen wurden einem Kaninchen in der Zeit von 6' beiläufig 4 Grm. Chloralhydrat unter die Haut eingespritzt, kurz darauf stellte sich um 11⁰ 50' Unempfindlichkeit der Cornea ein und vollständige Betäubung. Um 11⁰ 50' 40'' geschah die erste Erstickung. Während der sich nun einstellenden schweren Inspiration gewann die Cornea ihre Reflexerregbarkeit wieder. Die Erstickung lief ohne Krämpfe ab. Nur an der vorderen Extremität zeigten sich ein Paar rhythmisch-klonische Krämpfe und der Kopf wurde nach rückwärts gezogen. — 52' 10'' letzte Athmung.

Nach Einleitung künstlicher Respiration begann wieder die Athmung, die Pupille verengert sich wieder auf ihre vormalige Weite, Reflexerregbarkeit an der Cornea nicht vorhanden. Der frühere tiefe Schlaf und Ruhe in sämtlicher Musculatur mit Ausnahme der Respirationsmuskeln.

55' 00'' Neuerdings, also zum zweiten Male, Erstickung. Schwere Athmung. Nach 2' 10'' beginnt die Erweiterung der Pupille. Exophthalmus. Kopf zurückgezogen. Sehr schwache rhythmische Bewegungen in beiden vorderen Extremitäten. Keine Krämpfe. — 58' 40'' Die Athmung hat aufgehört.

Das Thier athmet wieder von selbst, nachdem künstliche Respiration eingeleitet worden. Die Pupille verengert sich wieder auf ihre vormalige Weite. Rhythmische Drehungen der Bulbi stellen sich ein, welche anfangs mit der Athmung synchronisch sind. Später fällt eine Drehung der Bulbi auf zwei Athmungen. Richtung der Drehung ist von oben und rückwärts nach unten und vorne. Die Cornea ist empfindlich. In der Minute 70 Respirationen.

12⁰ 7' 00" Dritte Erstickung. — 8' 00" Geringe vorübergehende Empfindlichkeit der Cornea. — 8' 15" Keine Athmung. In den vorderen Extremitäten einige schwache klonische Krämpfe. Nachdem durch 20" künstliche Respiration eingeleitet worden, geht die Athmung von selbst vor sich. Respiration 62 in der Minute. Im ganzen Körper vollkommene Ruhe.

14' 00" Erstickung zum vierten Male. Dyspnöe. Rhythmische Drehungen der Bulbi. — 15' 10" Die Pupille erweitert sich. Letzte Athmung. Bulbi starr nach rück- und aufwärts gerichtet. — 16' 15" Auf künstliche Respiration Selbstathmung.

Diese Erscheinungen beim Wechsel von Erstickung und künstlich eingeleiteter Respiration verlaufen ganz in dieser Weise bis zur 10. Erstickung und 10. künstlichen Respiration. Nach Verschluss der Luftröhre schwankt die Dauer der Athmungsbewegungen zwischen 1' 20" bis 2' 40". Bei jeder Erstickung drehen sich die Bulbi nach oben und rückwärts, entwickelt sich Exophthalmus und erweitert sich die Pupille. Bei jeder künstlichen Respiration röthet sich vor Allem das Innere des Auges, dann beginnt sich die Pupille zu verengen, die Bulbi drehen sich nach ab- und vorwärts, worauf das Selbstathmen beginnt. — Um 1⁰ 11' verliess ich das Thier selbstathmend nach der zum zehnten Male eingeleiteten künstlichen Respiration.

Als ich um 2⁰ 15' wieder kam, war das Thier schon verschieden.

In gleicher Weise ohne allgemeine Krämpfe verläuft die Erstickung dann, wenn die Hemisphären in Folge der vorhergegangenen Erstickung noch im betäubten Zustande, also ausser Wirksamkeit sind. Wenn wir nach einer gewöhnlichen Erstickung künstliche Respiration einleiten, ist das erste Lebenszeichen die Selbstathmung. Wenn wir nun das Thier sich selbst überlassen, muss es noch längere Zeit athmen, bis es zuerst die Reflexerregbarkeit der Cornea, später der übrigen Theile des Kopfes, dann nach und nach die des Stammes, der Brust, des Bauches und der Extremitäten wieder gewinnt. Zu allerletzt kehrt die Herrschaft über die Muskeln und das Bewusstsein wieder zurück.

Wenn wir nun das Thier im Stadium des langsamen Erwachens zur Zeit, als es noch betäubt und unempfindlich ist, und nur die Selbstathmung und der Herzschlag das einzige Lebenszeichen sind, wieder ersticken: so läuft die Erstickung ohne allgemeine Krämpfe ab. Auch später, wenn schon die Reflexerregbarkeit der

Cornea wiedergekehrt, der Kopf jedoch noch betäubt schlaff herabhängt und die Herrschaft über die Muskeln noch nicht vorhanden ist, läuft eine erneuerte Erstickung ohne Krämpfe ab.

Sobald jedoch das Bewusstsein ganz wiedergekehrt ist, die Reflexerregbarkeit und die Herrschaft über die Muskeln am ganzen Körper wieder so ist, wie früher, treten bei einem erneuerten Erstickungsversuche ebenso langdauernde und heftige Krämpfe auf, wie bei der ersten Erstickung. Dieselben Erscheinungen stellen sich ganz regelmässig ein bei auf einander folgenden Erstickungen und Erwachungen, bezüglich deren jedoch meine Experimente beweisen, dass man bei Erstickungen, die man an einem Thiere mit intactem Gehirn vorgenommen, nicht so leicht und so viele Male nach einander mittelst künstlicher Respiration Selbstathmung hervorrufen kann, als wenn die Hemisphären des Thieres durch vorhergegangene Betäubung von den aufregenden Erstickungskrämpfen verschont bleiben.

Zu dem jetzt Gesagten mögen ausser dem Obigen, noch nachstehende Versuche folgen.

Mehrfache Erstickungsversuche, in verschiedener Zeit die Erstickung wiederholt.

I. Versuch. 17. Mai 1875. 10⁰ 15'. Ein Kaninchen wird in der gewöhnlichen Weise zum Erstickungsversuch vorbereitet.

- 10⁰ 20' 00" Die Luftröhre wird unterbunden; erste Erstickung.
- 10⁰ — 40" Klonische Expirationen und Erstickungskrämpfe stellen sich ein.
- 10⁰ 21' 02" Das Auge wird starr, Pupille weit, die Cornea wird unempfindlich, Athempause beginnt.
- 10⁰ 22' 25" Terminale Respirationen.
- 10⁰ 24' 20" Nach eingeleiteter $\frac{1}{2}'$ dauernder künstlicher Respiration tritt Selbstathmung ein, die Cornea trotzdem unempfindlich.
- 10⁰ 27' — Cornea noch unempfindlich. Exophthalmus hält an.
- 10⁰ — 20" Die Cornea beginnt empfindlich zu werden.
- 10⁰ — 30" Schliessen der Augenwimpern als Reflexbewegung. Der Exophthalmus lässt nach. 80 kurze Athmungen in der Minute, das Thier noch immer bewusstlos.
- 10⁰ 32' 40" Das Bewusstsein und die Herrschaft in den Muskeln wiedergekehrt.
- 10⁰ 36' 00" In der Haut des Rückens allgemeines Zittern.
- 10⁰ 4' 00" Die Luftröhre wird unterbunden. Zweite Erstickung.
- 10⁰ — 20" Die klonischen Expirationen beginnen.
- 10⁰ 42' 20" Erneuerte allgemeine Krämpfe.

10⁰ — 25" Das Auge starr, die Erweiterung der Pupille am Culminationspunkte, die Cornea wird unempfindlich, Beginn der Athempause.

10⁰ 43' 20"—35" Vier terminale Respirationen. Zwei Minuten lange künstliche Respiration ergibt kein Resultat.

II. Versuch. Ein Kaninchen in der gewöhnlichen Weise zur Erstickung hergerichtet.

17. Mai 1875. 11⁰ 18' 00". Die Luftröhre wird unterbunden. Erste Erstickung.

— 18' 00"—21' 05" Die Erstickung läuft unter allgemeinen Krämpfen in den gewöhnlichen Stadien ab, Athempause dauert 55", die terminalen Athmungen 40".

— 21' 11" Nach einer 1/2 Minute dauernden künstlichen Respiration tritt Selbstathmung ein. Cornea unempfindlich, allgemeine Betäubung.

— 24' 00" Die Empfindlichkeit der Cornea beginnt, Pupille verengert. Der Exophthalmus geht wieder zurück.

— — 30" Das Bewusstsein beginnt wiederzukehren, der vordere Theil des Körpers ist empfindlich, der Bauch unempfindlich.

— 27' 00" Das Thier sitzt auf den zwei vorderen Füßen, die hinteren haben Empfindung, aber noch keine Herrschaft über die Muskeln.

— 29' 00" Es ist ganz bei sich.

— 33' 30" In der Haut des Rückens das fortwährende Zittern. Auf das Streicheln der Stirnhaut und der Tasthaare über der Nase und Orbita stellen sich hypnotische Erscheinungen ein, mit welchen das Zittern auf der Rückenhaut aufhört.

— 42' 00" Das Zittern hält noch an.

11⁰ 43' 00" Die Luftröhre wird zusammengedrückt. Zweite Erstickung.

— 45' 20" Die Erstickung läuft unter allgemeinen Krämpfen die gewöhnlichen Stadien durch.

— 45' 30" Einleitung der künstlichen Respiration.

— 46' 20" Erste Selbstathmung. Von jetzt bis

— 56' 00" folgen dieselben Erwachungsstadien, wie bei der ersten künstlichen Respiration, bis zum Eintritte des vollkommenen Bewusstseins.

12⁰ 0' 0" Die Luftröhre wird zusammengedrückt. Dritte Erstickung.

— 2' 4" Die Erstickung läuft unter allgemeinen Krämpfen die gewöhnlichen Stadien der Reihe nach durch.

Auf neuerdings eingeleitete künstliche Respiration konnte das Thier nicht mehr zur Selbstathmung gebracht werden.

III. Versuch. Ein Kaninchen, wie gewöhnlich, zur Erstickung vorbereitet. 18. Mai 1875. Vormittags.

10⁰ 49' 00" Die Luftröhre wird zusammengedrückt. Erste Erstickung.

— 52' 30" Regelmässige allgemeine Krämpfe begleiteten die Erstickung.

- 10⁰ 53' 48" Auf künstlich eingeleitete Respiration beginnt die Selbstathmung.
- 54' 49" Die Luftröhre wird wieder zusammengedrückt. Die zweite Erstickung beginnt in jenem Stadium des Erwachens, in welchem die Reflexerregbarkeit der Cornea noch nicht wiedergekehrt ist. Tiefe schwere Inspiration von der Compression der Luftröhre an, bis
- 55' 50" wo die letzte Athmung sich einstellte. Diese Erstickung lief vollständig ohne Krämpfe ab.

Künstlich eingeleitete Respiration hatte gar kein Resultat.

IV. Versuch. Das Kaninchen, wie gewöhnlich, zum Experiment vorbereitet. 18. Mai 1875. Vormittags.

- 11⁰ 34' 00" Die Luftröhre wird verschlossen. Die erste Erstickung läuft, von allgemeinen Krämpfen begleitet, in der gewöhnlichen Weise ab. Künstliche Respiration bringt das Thier vollkommen wieder zu sich.
- 11⁰ 46' 30" Die Luftröhre wird wieder verschlossen. Die zweite Erstickung läuft in der beschriebenen Weise, von allgemeinen Krämpfen begleitet, ab.

Künstliche Respiration bringt das Thier wieder zu sich; aber in demselben Stadium, in dem bereits die Reflexerregbarkeit der Cornea da ist, aber das Bewusstsein und die Herrschaft über die Muskeln noch nicht, wird

- 11⁰ 50' 00" die Luftröhre von Neuem comprimirt. Dritte Erstickung.
- — 55" Schwere tiefe Respiration. Pupille verengert.
- 51' 15" Der Kopf wird einige Male nach rückwärts gezogen. In den übrigen Muskeln absolute Ruhe.
- — 35" Die Pupille erweitert sich, das Auge ist starr, die Cornea verliert ihre Reflexerregbarkeit.
- — 45" Athemstillstand.
- 52' 00"—45" Acht terminale Respirationen.

Neuerdings eingeleitete künstliche Respiration blieb erfolglos.

In Bezug auf das Verhältniss der einzelnen Theile des Hirns zu den während der Erstickung auftretenden allgemeinen Krämpfen sind daher die von Kussmaul und Tenner ¹⁾ auf das Verhältniss zu den bei der Verblutung auftretenden Krämpfen basirten Ergebnisse nicht recht anzuwenden. Diese Forscher fanden, dass die Exstirpation der grossen Hemisphären gar keinen Einfluss habe auf die bei der Verblutung sich einstellenden allgemeinen Krämpfe. Bei einer Verblutung nach Exstirpation der Grosshirn-Hemisphären traten ebenso heftige allgemeine Krämpfe auf, wie sonst. Bei den oben geschilderten Experimenten treten zwar in einzelnen Fällen, in denen

¹⁾ Untersuchungen über Ursprung und Wesen der fallsuchtartigen Zuckungen bei der Verblutung u. s. w. Moleschott's Archiv 1857.

die Hemisphären exstirpirt wurden, allgemeine Krämpfe auf, aber in der Mehrzahl derselben nicht, und im ersten Falle sind sie sehr geringen Grades. Wenn hingegen einzelne Theile des Mittelhirns entfernt werden, so bleiben die allgemeinen Krämpfe ganz aus. Dass nach Exstirpation der Hemisphären die etwa auftretenden Krämpfe schwächer sind als früher, ist durch die allgemeine Muskelschwäche zu erklären, welche sich auch sonst im ganzen Muskelsysteme des der Hemisphären beraubten Thieres kundgibt. Die im Vorderhirn befindlichen Nervencentren höherer Ordnung verbinden immer die Functionen mehrerer Rückenmarksnervencentren miteinander. Wenn nun diese verbindenden höheren Nervencentren gereizt werden, so können die mit ihnen verbundenen Functionen zu arbeiten anfangen. Wenn daher die Zersetzungsproducte des Erstickungsblutes — welche wie es scheint, nicht bloß auf die Athmungscentra, sondern auf sämtliche Nervencentren als Reiz dienen — auf diese höheren Centra einwirken, so werden die tiefergelegenen, diesen entsprechenden Theile des Centralnervensystems ebenfalls in Function übergehen. So sehen wir zu Anfang der Erstickung von Seiten der Nase, des Mundes, der Erweiterung und Verengung des Thorax coordinirte Bewegungen.

In einem späteren Stadium der Erstickung, wo Reizungserscheinungen der Hemisphären auftreten (Unruhe, willkürliche angestrengte Expirationen, Betäubung), gibt sie sich in den Muskeln kund, welche dem Körper zur Ortsveränderung dienen. Die allgemeinen Krämpfe drücken eben diesen Reizungszustand der am höchsten gelegenen motorischen Ganglien aus. Wenn nun diese höheren summirenden Hirncentren fehlen oder ausser Function sind, so bleibt auch die combinirte Function der Rückenmarkscentra aus, die durch das Erstickungsblut local gereizten Rückenmarksnerven functioniren unabhängig von einander. Nur auf die Reizung des höheren Nervensystems antwortet so lebhaft die stürmische Function des Muskelsystems.

Zurückgehend auf den Verlauf der Athembewegungen während der Erstickung haben wir gesehen, dass bei den verschiedenen Veränderungen während der Erstickung in der Aufeinanderfolge der Thoraxerweiterungen und -verengungen sich Abweichungen kundgaben. Bei der gewöhnlichen Erstickung geht die Aufeinanderfolge zuerst in normalem, später seltener werdendem Rhythmus vorwärts, bis dahin, wo bei dem unbewussten Thiere die Pupillenerweiterung ihr Maximum erreicht, das Auge erstarrt und ein heftiger Opisthotonus sich entwickelt. Darauf bleibt der Thorax durch einige

Secunden im höchsten Stadium der Thoraxverengerung, bis der Krampf nachlässt. Dann sistirt der Thorax nach einer Inspiration durch mehrere Secunden in einer passiv expiratorischen Stellung; in diesem Stadium zeigt sich an dem Thiere, welches mit erschöpfter Musculatur daliegt, kein Lebenszeichen, bis die terminalen Athembewegungen mit ihrem langsamen Rhythmus sich einstellen.

Bezüglich dieser Verhältnisse kommen besonders den Athemstillstand und die terminalen Respirationen betreffende Abweichungen bei den verschiedenen Erstickungen vor. Die Dauer des Athemstillstandes zieht sich bei Erstickungsversuchen nach Exstirpation der Hemisphären, während der Chloroformnarkose und nach Durchschneidung des Vagus (Curve 1, 2, 3, 4) in die Länge, während das Stadium der terminalen Athembewegungen dem entsprechend kürzer wird. Bei der Erstickung während der Chloralhydratnarkose ist der Rhythmus bis zu Ende des Actes gleichförmig. Bezüglich der Exstirpation der übrigen Hirnthelle ist die Rhythmicität in den Athembewegungen nicht mehr so klar. Bei Exstirpation des Sehhügels sind im Verlaufe der Erstickung die einzelnen Stadien der normalen Veränderungen in der Aufeinanderfolge der Athembewegungen noch erkennbar. Nach Exstirpation des Vierhügels aber sind die Stadien nicht mehr ausgeprägt. Während der nach Exstirpation des grossen und kleinen Hirns vor sich gehenden Erstickung hat jede regelmässige Aufeinanderfolge aufgehört.

Warum stellt sich im Verlaufe der normalen Erstickung nach den heftigsten Expirationskrämpfen wie auf einen Schlag Athemstillstand ein, damit dann wieder, wenn auch in selteneren Intervallen, die Erweiterungen des Thorax von Neuem beginnen sollen? Warum verlängert sich der Athemstillstand in Erstickungsversuchen, nachdem die Hemisphären exstirpirt, der Vagus durchschnitten, oder die Chloroformnarkose angewendet wurde? und dem entsprechend, warum werden in denselben Fällen die terminalen Athembewegungen kürzer? Darauf ist die Antwort schwer. Wahrscheinlich interveniren die Reizungs- und Erschöpfungszustände der vasomotorischen Centren bei dem Verlaufe der Erscheinungen in der Weise, dass sie die Menge des zu der Medulla oblongata strömenden und bis zum letzten Athemzuge noch Sauerstoff enthaltenden Blutes in den verschiedenen Stadien der Erstickung in verschiedener Weise modificiren.