



# Beiträge zur vergleichenden Physiologie.

## Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde der hohen medizinischen Facultät in Bern

vorgelegt von

**Carl Arnold**

pract. Arzt

von Menzingen, Ct. Zug.



*Auf Antrag von Prof. VALENTIN zum Druck genehmigt.*

Bern, den 17. Nov. 1880.

Der Dekan:

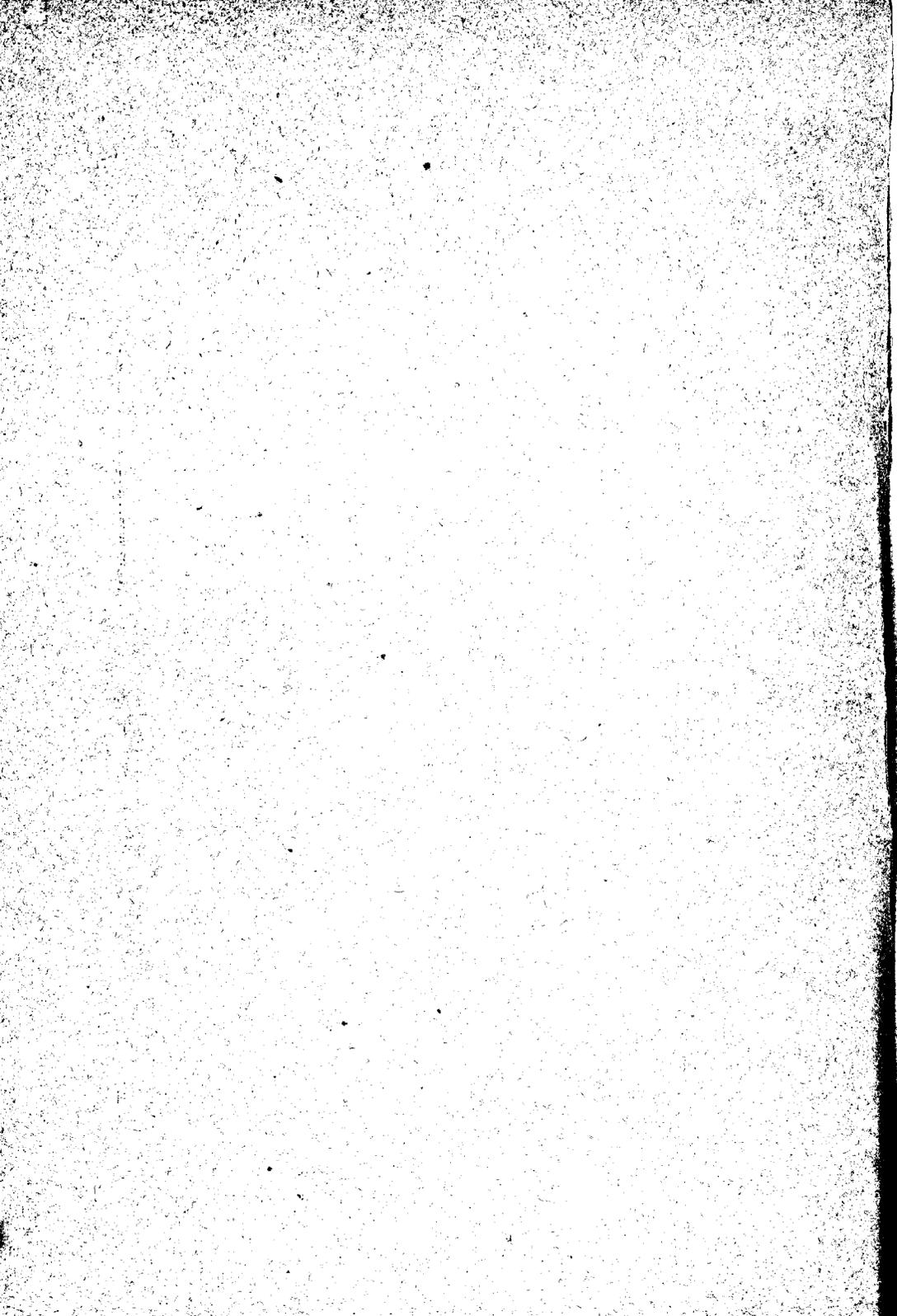
Prof. Dr. P. Müller.



BERN.

Buchdruckerei B. F. HALLER.

1881.



# Beiträge zur vergleichenden Physiologie.



## Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde der hohen medizinischen Facultät in Bern

vorgelegt von

**Carl Arnold**

pract. Arzt

von Menzingen, Ct. Zug.

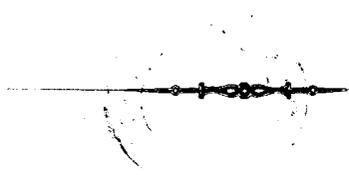


*Auf Antrag von Prof. VALENTIN zum Druck genehmigt.*

Bern, den 17. Nov. 1880.

Der Dekan:

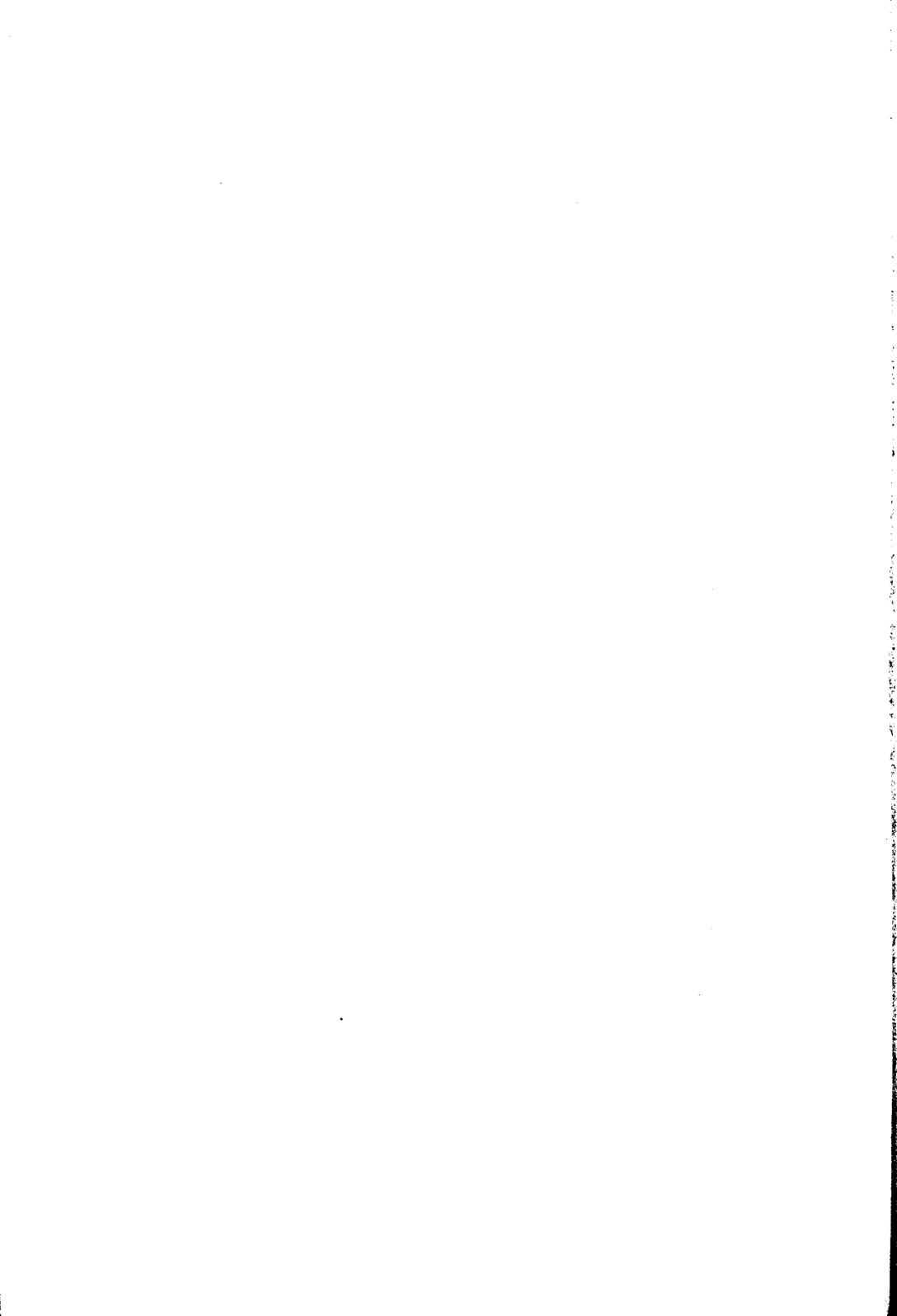
Prof. Dr. P. Müller.



BERN.

Buchdruckerei B. F. HALLER.

1881.



## Einleitung.

Die meisten Gesetze der Physiologie stützen sich auf Experimente an Fröschen, Kaninchen und Hunden. Von Vielen wurden die Resultate, welche an diesen Thieren gefunden waren, ohne Weiteres verallgemeinert, während Andere gegen diese Verallgemeinerung protestirten und verlangten, dass, wenn man für die ganze Thierreihe gültige physiologische Gesetze aufstellen wolle, man den Beweis ihrer Richtigkeit nicht nur an einer, sondern wo möglich an sämtlichen, oder doch wenigstens an möglichst differenten Thierklassen zu erbringen habe. Von diesem Standpunkte ausgehend haben denn auch viele Forscher das Gebiet der Wirbelthiere verlassen, um ihre Studien den niedern Thierklassen zuzuwenden, wobei für die Physiologie schon manche interessante Thatsache gefunden wurde. Diese Bahn wurde namentlich in letzter Zeit von einem jüngern Forscher in ausgedehntester Weise betreten,

---

<sup>1)</sup> Ueber die wesentlichen neuen Ergebnisse dieser gemeinschaftlich mit Hrn. Arnold angestellten Untersuchung habe ich schon in der Sitzung vom 26. Juli in der naturforschenden Gesellschaft kurz berichtet. Für das Thatsächliche dieser Mittheilung übernehme ich alle Verantwortung. *Luchsinger.*

denn *Kruckenberg*<sup>1)</sup> berichtete sowohl für die Organe der Verdauung, wie für jene reiche Fülle von Erscheinungen, die alle von der Irritabilität der Gewebe abhängen, eine erstaunliche Menge von neuen Thatsachen.

Ein kleiner Kreis dieser Angaben konnte allerdings eine Probe in darauffolgenden Untersuchungen von *Luchsinger* und *Guillebeau*<sup>2)</sup> nicht bestehen.

Für die ganze Klasse der Wirbellosen hat *Kruckenberg* einige von den Erscheinungen an Wirbelthieren ganz abweichende Verhältnisse behauptet.

In weiterer Verfolgung jener allgemeinen Principien, welche vor Kurzem *Luchsinger* in seiner Berner Antrittsrede darlegte, nahmen die beiden Berner Forscher die Frage auf, fanden aber *Kruckenberg* entgegen auch bei Wirbellosen in vielen Punkten durchaus gleiche Resultate wie beim Wirbelthier.

Es zeigte sich bei diesen Untersuchungen wiederum so recht die Zweckmässigkeit, Theorien auf möglichst breiter Basis aufzubauen. Anstatt zu beschränken hatte die Untersuchung am Blutegel die Auffassung jenes Programms auf's Neue bestärkt und erweitert.

Aufgefordert von Herrn Dr. *Luchsinger*, Professor an der Thierarzneischule in Bern, auf dieser vergleichend-physiologischen Bahn nachzufolgen, unternahm der Verfasser im physiologischen Laboratorium der Thierarzneischule eine Reihe weiterer Untersuchungen.

Ein Theil derselben konnte zu einem gewissen Abschlusse kommen, ein anderer aber musste aus Mangel an Zeit noch fragmentarisch bleiben. Auch diese Versuche

---

<sup>1)</sup> Dr. O. Fr. W. Kruckenbergr : Vergleichend-physiologische Studien. Heidelberg 1880.

<sup>2)</sup> Vergl. diese Mittheilungen 1880, S. 119, sowie Pflüger, Arch. f. d. ges. Physiol., XXIV., 1881.

will ich mittheilen, da sie dann wenigstens sichere Anhaltspunkte für weitere Studien bieten dürften.

Wir begannen mit der Erforschung möglichst einfacher, beim Wirbelthier schon gut untersuchter Verhältnisse. Zunächst suchten wir die Symptomatologie der Erstickung und Wiederbelebung bei den Evertebraten festzustellen. Im Verlaufe dieser Experimente zeigte sich dann zufällig bei einigen Arthropoden eine auffallende Fähigkeit, ohne Sauerstoff längere Zeit leben zu können, so dass wir uns veranlasst sahen, diesem Punkte ganz besondere Aufmerksamkeit zu schenken, zumal über diesen Gegenstand von *Hermann* und *Pflüger* Entdeckungen von fundamentaler Bedeutung gemacht worden sind.

Um nun weiter die physiologische Bedeutung der einzelnen Organe bei diesen Thierformen im Vergleich mit den Wirbelthieren zu prüfen, war es nothwendig, nach dem Vorgange anderer Forscher zu den toxischen Mitteln seine Zuflucht zu nehmen. Einerseits war diess bei den meist kleinen Thieren die einzig mögliche Methode des Experiments, andererseits gab die Einwirkung der verschiedensten Agentien am ehesten eine Anschauung über den Werth und die Bedeutung der einzelnen Organe.

Vorliegende Untersuchungen wurden während des Sommersemesters 1880 gemacht.

Es ist für den Verfasser eine angenehme Pflicht, seinem hochverehrten Lehrer, Herrn Dr. *B. Luchsinger*, welcher ihn bei dieser Arbeit in freundlichster Weise mit Rath und That unterstützte, hiemit öffentlich seinen besten Dank abzustatten. Ebenso ist derselbe Herrn Prof. Dr. *Valentin* für seine Bereitwilligkeit, mit welcher er zu öftern Malen seine Apparate und Lokalitäten zur Verfügung stellte, zu grossem Danke verpflichtet.

I.

## Zur Abhängigkeit der Organismen vom Sauerstoff.

Das Leben des gesammten organischen Reiches ist an die Aufnahme von Sauerstoff und die Bildung von Kohlensäure durch die lebendige Zelle geknüpft. Entziehen wir Thieren oder Pflanzen für längere Zeit den Sauerstoff, so gehen sie nothwendig zu Grunde.

Obwohl dieses Fundamentalgesetz schon längst bekannt war, so hatte man doch über den Ort und die Art und Weise der Oxydationsvorgänge im Organismus noch wenig sichere Anschauungen.

Im Jahre 1867 nun machte *L. Hermann*<sup>1)</sup> die wichtige Entdeckung, dass ausgeschnittene Frostmuskeln selbst in vollständig sauerstofffreiem Raume noch längere Zeit zucken können und dabei fortfahren, Kohlensäure zu produciren. Mit diesem Versuch hatte man bereits einen grössern Einblick erlangt in die Mechanik der thierischen Oxydation. Man musste complicirtere Oxydationsprozesse in den Geweben annehmen, als wie man sie bis dahin vermuthet hatte. Später nun gelang es *Pflüger*<sup>2)</sup>, den Nachweis zu liefern, dass selbst bei ganzen Thieren (Fröschen) « die höchsten Lebensfunktionen normal von Statten gehen können, ohne dass eine Spur von Sauerstoff in den Geweben vorhanden ist, und dass lange Zeit gleichzeitig

<sup>1)</sup> L. Hermann, Untersuchungen über den Stoffwechsel der Muskeln, Berlin 1867.

<sup>2)</sup> E. Pflüger: Beiträge zur Lehre von der Respiration. Pflüger's Arch. f. d. gesammte Physiologie. Bd. X, pag. 275.

die Kohlensäurebildung weiter geht.» Und wenn endlich die Lebensprozesse erloschen, erholten sich die Thiere doch wieder, sobald sie mehrere Stunden mit der atmosphärischen Luft in Berührung waren.

Weiter unten werde ich näher auf diese höchst interessante Versuche zu sprechen kommen.

Unstreitig gebührt *Pflüger* das Hauptverdienst, die Lehre von der physiologischen Verbrennung im thierischen Organismus wesentlich gefördert zu haben. Er hat gezeigt, dass wir den Herd der thierischen Verbrennung nicht im Blute, sondern in der Zelle zu suchen haben, und dass «das Hämoglobin für den Körper der lebhaft respirirenden Vertebraten nur ein bequemer Lastwagen von grosser Capacität sei.»

Auf den Rath des Hrn. Prof. Dr. *Luchsinger* wählte ich mir die Tracheaten, und unter diesen besonders die Insekten, um die Erscheinungen des Sauerstoffmangels zu prüfen.

Schon *Regnault* und *Reiset*<sup>1)</sup> haben in ihren klassischen Forschungen über die Beziehungen des Sauerstoffverbrauches zur Kohlensäurebildung — welche Untersuchungen sich durch die ganze Wirbelthierreihe und die folgenden Thierklassen bis zu den Würmern hinab erstreckten — gefunden, dass gewisse Insekten, wie z. B. der Maikäfer, den Menschen an Intensität der Oxydationsprozesse nicht unbedeutend übertreffen, während der Regenwurm etwa auf einer Stufe mit dem Frosche steht.

Diese Thatsachen einerseits und anderseits der anatomische Bau des Circulations- und Respirationsapparates

<sup>1)</sup> Recherches chimiques sur la respiration des animaux des diverses classes, par MM. V. Regnault et J. Reiset.

der Tracheaten und vorzüglich der Insekten schienen mir von eminentem Vortheile, den Einfluss des Sauerstoffs auf die Gewebe studiren zu können.

Bei diesen mit so intensivem Oxydationsprozess ausgerüsteten Thieren kommt nämlich die Luft fast ohne Vermittelung des Blutes mit Hülfe der sich immer feiner verästelnden und dicht an die Zellen herantretenden Luftgängen direkt an die Gewebe. Diess geht deutlich aus den Untersuchungen von *Max Schultze*<sup>1)</sup> an den Leuchtorganen hervor, wo die Tracheenendigung unmittelbar der Zelle aufsitzt. Ein Capillarsystem fehlt bei diesen Thieren: das oft farblose Blut durchströmt frei die Leibeshöhle, umfließt die Organe und dringt entweder gar nicht oder doch nur sehr spärlich in dieselben ein.

Die Natur hat uns somit in herrlichster Weise Gelegenheit geboten, die direkten normalen Beziehungen des Sauerstoffs zu den Geweben beobachten zu können. Da es nun sehr nahe liegt, diese normalen Verhältnisse durch das Experiment zu modificiren, so werden wir im Folgenden einige Versuche über den Sauerstoffmangel vorführen.

### **I. Die Symptomatologie der Erstickung und Wiederbelebung der Tracheaten.**

Unterbrechen wir bei einem höhern Wirbelthiere den Gaswechsel, so treten eine ganze Reihe Reizwirkungen in den verschiedensten Apparaten auf. Zunächst wird das Athmungscentrum in Mitleidenschaft gezogen, es tritt Dyspnoë auf. Hierauf werden die dem Athmungscentrum zunächst gelegenen Centren der Medulla oblongata gereizt.

<sup>1)</sup> M. Schultze: Zur Kenntniss der Leuchtorgane von *Lampanyris splendidula*. Arch. f. mikr. Anat., Bd. I., pag. 124. 1865.

Aber nicht bloss die Centren der Medulla oblongata, das ganze Centralnervensystem wird direkt gereizt. Diess beweist das Auftreten von clonischen Convulsionen, die beträchtliche Blutdrucksteigerung und der Ausbruch von Schweiss selbst nach Abtrennung des Rückenmarks.<sup>1)</sup> Ebenso werden eine Reihe anderer, von dem Centralnervensystem völlig getrennter Organe durch dyspnoisches Blut erregt. so der Darm, die Gefässmuskulatur, der Uterus. Hat der Sauerstoffmangel eine gewisse Höhe erreicht, so erlischt die Erregbarkeit der Gewebe. Es tritt Lähmung, Scheintod und wirklicher Tod auf.

Bringen wir in dem Zustande des Scheintodes Sauerstoff in die Gewebe, so erholt sich der Organismus wieder, und zwar zeigen sich die Erscheinungen in umgekehrter Reihenfolge. Zuerst treten Krämpfe, hierauf Dyspnoe und endlich die gewöhnliche Athmung ein.

Um nun diese Verhältnisse bei den Tracheaten nachzuweisen, benutzten wir folgende *Methode*. Vermittelt arsen- und antimonfreien Zinks und gereinigter concentrirter Schwefelsäure wurde Wasserstoff entwickelt und damit ein 15 Liter haltender Gasometer gefüllt.

Zuerst studirten wir die Symptome der Wiederbelebung bei *Cetonia aurata*. Die Thiere wurden in ein kleines Glasfläschchen gebracht, welches mit einem doppelt durchbohrten Kautschukzapfen gut verschlossen wurde.

Die eine Oeffnung wurde nun mittelst eines Kautschuk-schlauches mit dem Gasometer in Verbindung gebracht, während die andere unter Wasser gesetzt wurde. Nun liessen wir einen starken Wasserstoffstrom durch das

---

<sup>1)</sup> B. Luhsinger. Pflüger's Arch. der gesammten Physiol. Bd. XIV., S. 380. 1876.

Fläschchen, bis anzunehmen war, dass die atmosphärische Luft ausgetrieben sei. Hierauf liessen wir noch einige Stunden einen schwachen continuirlichen Wasserstoffstrom durch das Gefäss gehen. Die Thiere, welche anfänglich ruhig waren, wurden nach 5 bis 10 Minuten sehr aufgereggt. Bald trat Dyspnœ ein, hierauf Krämpfe und nach 40 bis 60 Minuten Scheintod. Um die Athmung besser beobachten zu können, wurden Flügel und Flügeldecken verkürzt. Da es sich nun bald herausstellte, — was zwar schon a priori einleuchtend war — dass, je länger der Aufenthalt im Wasserstoff dauerte, desto längere Zeit auch die Erholungsdauer in Anspruch nahm, so versuchten wir den Thieren möglichst lange den Sauerstoff zu entziehen, damit das Erholungsbild ein um so deutlicheres würde. Von den zahlreichen Versuchen, welche wir mit *Cetonia aurata* anstellten, mögen hier einige erwähnt werden.

In oben bezeichneter Weise wird ein Goldkäfer 8 Stunden lang scheinotdt in Wasserstoff gehalten, worauf derselbe an die atmosphärische Luft gelegt wird. Er erscheint vollständig todt, antwortet weder auf mechanische noch thermische Reize. Erst nach 16 Minuten treten in den Tarsen abwechselnd, bald da, bald dort, spontan Krämpfe auf. Sonst ist kein Lebenszeichen bemerkbar. Nach 20 Minuten macht das Abdomen zuerst oberflächliche und nach und nach immer intensivere Athembewegungen. Damit werden auch die Krämpfe in den Beinen lebhafter; doch sind dieselben bei *Cetonia* niemals so schön zu beobachten, wie bei *Lucanus cervus* und *Gryllotalpa vulgaris*. Nach 10 Minuten anhaltender heftiger Dyspnœ erholte sich das Thier nach 30 Minuten vollständig.

Nach der gleichen Methode wird ein Goldkäfer 22 Stunden in der Wasserstoffatmosphäre gehalten. An die Luft genommen, treten bei dem Thiere nach 25 Minuten Krämpfe der Tarsen und Fühler auf; die ersten Athembewegungen zeigen sich nach 45 Minuten. Nach 50 Minuten tritt vollständige Erholung ein.

Bei einer andern *Cetonia* wurde der Aufenthalt im Wasserstoff sogar auf 39 Stunden ausgedehnt. Wir glaubten nicht an die Wiedererholung des Thieres. Dasselbe lag auch volle 50 Minuten an der Luft, ohne irgend welche Zeichen des Lebens von sich zu geben, oder auf irgend einen Reiz hin zu reagiren. Endlich nach dieser Zeit traten wieder zuerst die Krämpfe in der Beinmuskulatur, welche an den Bewegungen der Tarsen sichtbar waren, auf. Nach 65 Minuten zeigten sich die ersten oberflächlichen Athembewegungen. Diese wurden immer intensiver und steigerten sich bis zur höchsten Dyspnœ. Das Thier erholte sich vollständig.

Noch typischer waren diese Erscheinungen an *Lucanus cervus* zu sehen.

Nachdem einem Hirschkäfer die Flügel abgeschnitten, wird derselbe auf gleiche Weise wie der Goldkäfer in Wasserstoff gebracht. Nach 5 Minuten wird das Thier unruhig, nach 10 Minuten tritt heftige Dyspnœ auf, worauf allgemeine Krämpfe in den Beinen und Fühlern folgen. Dyspnœ und Krämpfe halten eine Stunde an, dann cessirt zuerst die Athmung, und zuletzt hören die Krämpfe auf. Vollständige Erstickung und Scheintod ist eingetreten. Nach 24stündigem Aufenthalt im Wasserstoff wird der Hirschkäfer an die Luft gesetzt. Derselbe ist immer noch vollständig scheidt, reagirt weder auf mechanische noch thermische Reize. Nach 20 Minuten treten spontan die ersten schwachen Krämpfe in den Beinen und Fühlern

auf. Nach 25 Minuten fängt die Athmung an. Alsbald nimmt die Intensität der Krämpfe und der Athmung zu, und zwar ist dabei ein gewisser Rhythmus zu beobachten. Während 10 Sekunden athmet das Thier mit der grössten Intensität; während den folgenden 10 Sekunden lässt die Athmung bedeutend nach und cessirt einige Sekunden; währenddem werden die Krämpfe excessiv gesteigert. Diese Periodik dauert etwa 50 Minuten an, worauf sie sich mehr und mehr verwischt, bis die Athmung regelmässig wird und die Krämpfe vollständig aufhören. Nach  $1\frac{1}{2}$  Stunden hatte sich das Thier vollständig erholt. Dasselbe spazierte wieder munter herum. Ohne Zweifel haben wir es hier mit einer dem Cheyne-Stokes'schen Phänomen analogen Erscheinung zu thun. Beim Warmblüter ist diese merkwürdige klinische Thatsache einer ausführlichen Diskussion gewürdigt worden. Während *Traube* eine geschwächte Energie des Athmungscentrums als Ursache annimmt, so sucht *Filehne* in einer grossen Reihe von Arbeiten in periodischen Gefässcontractionen den wesentlichen Grund.

Unlängst aber hat *Luchsinger*<sup>1)</sup> die Einseitigkeit letzterer Erklärung wohl genügend dargethan, wenn er selbst bei einem circulationslosen Frosche das Phänomen erzeugte. Der Eintritt der Erscheinung an Thieren ohne Gefässe wird ein neuer Beweiss für die Unzulänglichkeit der *Filehne*'schen Anschauung, passt aber dieses Verhalten durchaus in jene von *Luchsinger* weiter entwickelte Theorie des klinischen Meisters.

Bei den Erstickungsversuchen mit *Lucanus cervus*, welche mit verschiedenen Individuen bei verschiedenen

<sup>1)</sup> Vgl. O. Sokolow und B. Luchsinger, Arch. f. d. ges. Physiol., XXIII., 1880. S. 283. B. Luchsinger, diese Mittheilungen 1880. S. 99.

langem Aufenthalte in Wasserstoff angestellt wurden, zeigten sich im Wesentlichen stets dieselben Erscheinungen. Trotzdem erscheint mir ein Versuch in Bezug auf die Art und Weise der Erholung noch erwähnenswerth.



Ein Hirschkäferweibchen wird in Wasserstoff gebracht. Nach 30 Min. Dyspnoe und Krämpfe; nach einer Stunde Scheintod. Nachdem das Thier 48 Stunden im Wasserstoff zugebracht, wird dasselbe an die Luft gelegt. Nach einer Stunde treten in den Fühlern und Tarsen fibrilläre Zuckungen auf. Die Krämpfe, welche anfänglich nur schwach sind, werden nach 10 Min. etwas kräftiger und wiederholen sich öfter. Etwa 2 Stunden bleibt das Bild das nämliche. Von Athmung oder irgend welchen andern Lebenszeichen ist nichts zu bemerken. Die Muskelbewegungen nehmen allmählig wieder ab und sind nach 3 Stunden vollständig erloschen. Das Thier ist todt. Bei diesem Thiere haben sich somit bloss die Muskeln bis zu einem gewissen Grade am Sauerstoff erholt, während die Athmungscentren und die übrigen Ganglien nicht mehr in's Leben zurückgerufen werden konnten.

Weitaus am schönsten jedoch sind die Symptome der Erstickung und Wiederbelebung bei *Gryllotalpa vulgaris* zu beobachten.

Wird eine solche in Wasserstoffgas gebracht, so treten nach einigen Minuten Unruhe, Dyspnoe und bald auch die heftigsten Erstickungskrämpfe auf. Nach 12 bis 15 Min. ist das Thier vollständig erstickt. Nehmen wir dasselbe nach einer Stunde an die Luft, so beobachtet man folgende Erscheinungen:

Zuerst ist das Thier vollständig scheidt, reagirt auf keinen Reiz. Nach 5 Min. treten schwache, unregelmässige fibrilläre Zuckungen zuerst in den Fühlern, dann

in den Kiefern, hierauf in den Beinen auf. Nach 7 Min. beginnen die Athembewegungen. Anfänglich sind solche bloss in einzelnen Segmenten des Abdomens abwechselnd bald in diesem, bald in jenem bemerkbar. Bald wird die Athmung allgemeiner, regelmässiger und intensiver. Nun sind auch die allgemeinen Reflexe zurückgekehrt. Nach 10 Min. zeigen sich heftige Krämpfe, wie sie zuvor bei der Erstickung beobachtet wurden. Die Reflexerregbarkeit erreicht nun einen solch' hohen Grad, wie er nur bei Strychninintoxication zu sehen ist. Bei leisen Erschütterungen des Tisches, bei geringem Anblasen oder mildem Berühren des Thieres werden die heftigsten clonischen Convulsionen ausgelöst. Dieser Zustand dauert 20 Min. an. Die Reflexerregbarkeit nimmt nun allmählig ab, währenddem das Thier noch immer betäubt ist. Zu dieser Zeit, unmittelbar vor der vollständigen Erholung, gelangen die Versuche mit den gekreuzten Reflexen, welche von *Luchsinger*<sup>1)</sup> an so vielen trabgehenden Wirbelthieren angestellt wurden, auch hier in prägnanter Weise. Bei sehr milden Reizen (sanftes Bestreichen) zeigen sich zu wiederholten Malen gekreuzte Reflexe von den Hinter- zu den Mittelbeinen. Dies lässt sich beidseitig mit grosser Regelmässigkeit nachweisen. Sehr häufig gelang es auch, die gekreuzten Reflexe von den Mittel- zu den Hinterbeinen hervorzurufen, während von den Vorderbeinen (Grabern) nur gleichseitige Aeusserungen wahrzunehmen waren.

*Luchsinger* leitet diese Zusammenordnung nervöser Apparate aus ihrer gleichzeitigen physiologischen Function, zumeist von der Locomotion. allgemein von den Gewohnheiten der Thiere ab.

<sup>1)</sup> Vgl. *Luchsinger*. Arch. f. d. ges. Physiol. 1880, XXII., XXIII.

Nur Mittel- und Hinterbeine werden aber zum Gehen benutzt, das Gehen ist ein Trabgang, also sind auch für die *Gryllotalpa* nur hier die *Luchsinger's*chen Reflexe zu erwarten. Sie bleiben an den Vorderbeinen weg, weil diese zu einer ganz andern Funktion, zum Graben benutzt werden.

An Hirschkäfern und Laufkäfern dagegen treten mit der Lauffunktion der Vorderbeine auch gleichzeitig gekreuzte Reflexe zum Mittelbein, und oft noch entsprechende gleichzeitige Reflexe zum Hinterbein auf.

Diese Untersuchungen bieten ausserdem in mehrfacher Richtung allgemeines Interesse. Sie zeigen uns wieder in typischer Weise die den verschiedenen thierischen Geweben und Organen zukommende verschiedene Empfindlichkeit einunddemselben Reize gegenüber. Wir sehen bei der Erstickung stets zuerst Lähmung der höhern Nervencentren, hierauf folgt das Athmungscentrum und erst zuletzt werden die Muskeln gelähmt. Bei der Erholung finden wir das umgekehrte Verhalten, zuerst erholen sich die Muskeln, erst lange nachher, oft erst nach einer halben Stunde (in andern Fällen selbst gar nicht) tritt das Athmungscentrum wieder in Funktion, worauf erst nach einiger Zeit auch die höhern Nervencentren sich erholen. Bemerkenswerth, aber nicht auffallend ist die Wiedererholung der Muskeln unter Krämpfen. Für das Athmungscentrum ist die Erholung unter Dyspnoe schon längst bekannt. Für die muskulomotorischen und secretorischen Centren haben eine Reihe von Untersuchungen dasselbe erwiesen, gleichzeitig ist aber die Erregung der verschiedensten Organe, nicht bloss von Ganglienzellen, durch Dyspnoe in jener eingangs citirten Antrittsrede *Luchsinger's* dargethan. Nach der allgemeinen Auffassung

dieser und ähnlicher Anschauungen, welche dort niedergelegt sind, war ein solches Verhalten verständlich genug.

In letzter Zeit noch hat diese Erscheinung für den Warmblütermuskel *Sigmund Mayer* beobachtet und hat daraus ein besonderes Gesetz der nervösen Erregung abgeleitet, ein Gesetz, das allerdings durchaus in jenen andern bisher bekannten Erscheinungen als blosser Spezialfall vertreten ist.

Ein weiteres Resultat der Erstickungsversuche war der definitive Nachweis von *Athmungscentren im Abdomen der Käfer*. Wurde einer *Cetonia* im Erholungsstadium nach der Erstickung in Wasserstoff im Zustande der höchsten Dyspnoe das Abdomen abgeschnitten, so athmete dasselbe regelmässig weiter. Schnitt man ein einzelnes Segment heraus, so machte auch dieses regelmässige Athembewegungen.

Nachdem *Luchsinger*<sup>1)</sup> an Libellenlarven den Sitz der Athmungsinnervation in das Abdominalmark verlegt, zeigte sich erst nachträglich eine historische Sünde meines Lehrers.

1860 hatte *Faivre*<sup>2)</sup> die Athmungsinnervation untersucht, aber nicht den Ganglien im Abdomen, sondern jenen im Thorax das respiratorische Centrum zugeschrieben.

Zwar kämpfte *Baudelot*<sup>3)</sup> 1864 gegen diese Lehre an, und trat für die Abdominalcentren als nächste Quelle der Innervation ein, aber *Faivre* replicirte 1875, indem er seine Angaben vollkommen aufrecht erhielt.

<sup>1)</sup> Luchsinger: Arch. f. d. ges. Physiol., XXII., 1880.

<sup>2)</sup> Faivre, Annales d. sc. nat., XIII., 1860. Compt. rend. LXXX., 739, 1875.

<sup>3)</sup> Baudelot, Annales d. sc. nat., II., 1864. Compt. rend. 1864.

Unsere Versuche müssen die Sache um so besser zu Gunsten von *Baudelot* und *Luchsinger* entscheiden, als hier ein möglichst starker Reiz zur Anwendung kam, der auch geschwächte Centren wohl zu erregen vermochte; während die negativen Resultate von *Faivre* nicht mehr überraschen können, wirkt doch auch hier der Schnitt chocartig ein und kann dann erst ein stärkerer Reiz die gesunkene Erregbarkeit der Centren genügend ansprechen.

Es sind dies Verhältnisse, die ja erst noch in den letzten Jahren ausführlich bei den ähnlichen Erscheinungen am Centralnervensystem der Wirbelthiere diskutirt worden sind.

## 2. Das Leben ohne Sauerstoff.

Bei den vorhergehenden Versuchen zeigte sich die merkwürdige Eigenschaft verschiedener Tracheaten, Tage lang im scheinodten Zustande im Wasserstoff zubringen zu können. Da dies mehr eine zufällige Beobachtung und mir hauptsächlich an dem Studium der Symptome der Erstickung und Wiederbelebung gelegen war, so genügte hiezu die einfache Methode, obwohl dabei kleine Mengen Sauerstoff nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden konnten. Da nun aber zum Vornherein zu vermuthen war, dass die Tracheaten zur Bestätigung der von *Pflüger* an Fröschen gefundenen Thatsachen in Bezug auf die Lebensfähigkeit ohne Sauerstoff äusserst günstige Objekte seien, so war es uns auch darum zu thun, eine Methode zu finden, bei der mit aller Sicherheit jede Spur von Sauerstoff ausgeschlossen werden konnte.

**Zur Methode.** Wir gingen in folgender Weise vor. Der Gasometer wird mit einer concentrirten Chlornatriumlösung beschickt.

Der Wasserstoff wird aus arsen- und antimonfreiem Zink und reiner verdünnter Schwefelsäure dargestellt. Um nun den dem Wasserstoffgas im Gasometer allfällig noch beigemischten Sauerstoff zurückzuhalten, wird der Gasstrom, bevor er zu den Versuchsthieren gelangt, zunächst durch einen Liter alkalischer Lösung von pyrogallussaurem Natron geleitet, hierauf folgt in der Leitung eine Flasche mit verdünnter Natronlauge zur Absorption allfälliger Kohlensäure, worauf ein Fläschchen mit klarem Barytwasser eingeschaltet ist, das als Reagens auf Kohlensäure dienen soll.

Nachdem das Gas diesen Reinigungsweg passirt, gelangt dasselbe in ein zusammenhängendes Glasrohr von 2 Ctm. Durchmesser und 118 Ctm. Länge. Die ersten 25 Ctm. dieses Rohres sind mit kleinen Stücken Stangenphosphor angefüllt, welche für die letzten Moleküle von Sauerstoff einen undurchdringlichen Wall bilden sollen. In einer nun folgenden entsprechenden Biegung des Rohres befindet sich verdünnte Natronlauge, um die Oxydationsprodukte des Phosphors zurückzuhalten. In das äusserste Ende des Glasrohres werden die Versuchsthier gebracht und zugleich als Reagens auf Sauerstoff an verschiedenen Stellen Phosphorkugeln eingelegt. Zum Abschluss der Röhre dient ein einlöcheriger Kautschukzapfen. Das ausströmende Gas wird mittelst eines Kautschukschlauches unter Wasser geleitet, um das Zurückströmen der Luft zu verhindern.

Als Versuchsthier werden *Melolonthenlarven* benutzt. Dieselben sind für diesen Versuch ganz vorzüglich geeignet, da dieselben an den *durch die Haut hindurch sichtbaren Contractionen des Rückengefässes* ein ausgezeichnetes Mittel an die Hand geben, das Leben des Thieres zu kontrolliren.

**Versuche.** 1. *Versuch.* Am 15. August Abends wird mit dem oben beschriebenen Apparat ein Probeversuch begonnen.

Zwei Melolonthenlarven werden in das Ende des Rohres gebracht, zugleich wird eine Phosphorkugel eingelegt und der Verschluss mit einem Kautschukzapfen hergestellt. Zur Austreibung der in der Leitung noch vorhandenen atmosphärischen Luft wird ein starker Wasserstoffstrom durchgelassen.

Anfänglich leuchtet die Phosphorkugel; nach 15 Min. ist das Leuchten jedoch vollständig verschwunden. Mittlerweile sind die Larven erstickt. Der Wasserstoffstrom wird nun schwächer gemacht und 24 Stunden continuirlich durchgeleitet. Von der 25 Ctm. langen Phosphorsäule der Leitung leuchten nur die ersten 3 Ctm. ganz schwach. Der übrige Theil bleibt vollständig dunkel.

Wie wir am folgenden Morgen in's Laboratorium kamen, lagen die Thiere ganz bewegungslos in der Glasröhre, die Rückengefäße aber contrahirten sich langsam und deutlich. Abends wird bei Dunkelheit wiederum auf Sauerstoff geprüft. Es zeigte sich nun, dass die Phosphorkugel ganz schwach leuchtete. Der Sauerstoff konnte aber unmöglich aus dem Gasometer kommen, oder sich im Laufe der Leitung eingeschlichen haben, denn der weitaus grösste Theil der Phosphorsäule des Apparates leuchtete gar nicht. Somit konnte der Fehler nur am letzten Verschlusse liegen. So war es in der That. Der Kautschukzapfen hatte sich etwas gelockert und eine Spur Luft konnte in den Anfang des Rohres dringen und das Leuchten der Phosphorkugel bewirken. Sobald dieser Fehler corrigirt war, hörte auch das Phosphoresciren sofort auf. Der Apparat war somit gut, und man durfte

überzeugt sein, einen reinen Wasserstoffstrom ohne Sauerstoff zu haben.

Die Larven, welche nun herausgenommen wurden, erholten sich nach einer Stunde vollständig. Die Zimmer-temperatur schwankte während dieses Versuches zwischen 19° C. und 24° C.

2. *Versuch.* Am 16. VIII., Abends 9 Uhr, wurden 8 Melolonthenlarven in den Apparat gelegt. Die Zimmer-temperatur beträgt 23° C. An verschiedenen Stellen werden zur Kontrolle des Sauerstoff's Phosphorkugeln eingelegt. Nachdem ein starker Wasserstoffstrom durchgelassen worden, fangen die Thiere an unruhig zu werden. Es treten Krämpfe auf. Nach 10 Minuten sind alle schein-todt. Die Rückengefäße pulsiren sehr deutlich und kräftig. Wie beim vorhergehenden Versuch wird ein continuirlicher Wasserstoffstrom durchgeleitet. Die Beobachtung in der Dunkelheit ergibt, dass die Phosphorkugeln nicht leuchten.

Am 17. VIII., Morgens 9 Uhr, liegen alle Thiere ruhig, wie am Abend vorher. Die Rückengefäße pulsiren schwächer und langsamer, als normal. Während in der Norm die Frequenz der Contraction 30—35 p. m. beträgt, ist sie jetzt auf 10—15 p. m. herabgesunken. Fortwährend wird Wasserstoff durchgeleitet. Am Abend constatiren wir wiederum, dass die Phosphorkugeln nicht leuchten.

Am 18. VIII., Vormittags, pulsiren die Rückengefäße deutlich, jedoch schwächer als gestern. Das gleiche wird um 5 Uhr Nachmittags constatirt. Abends leuchten die Phosphorkugeln nicht.

Am 19. VIII. sind den ganzen Tag, wenn auch nicht mehr bei allen, so doch bei einzelnen Thieren noch deut-

liche Gefäßcontractionen nachzuweisen. Wir wagten deshalb die Larven auch die folgende Nacht noch im Wasserstoff zu lassen.

Da wir am 20. VIII. keine Herzbewegungen mehr wahrnehmen konnten, nahmen wir alle Thiere um 11 Uhr Vormittags an die atmosphärische Luft. Nach vier Stunden fanden wir bei den meisten *die Muskeln* noch *elektrisch reizbar*, die übrigen Gewebe erholten sich nicht mehr.

Die Temperatur schwankte während der Versuchszeit zwischen 19° C. und 24° C.

3. *Versuch.* 21. VIII. Acht Melolonthenlarven werden unter den gleichen Bedingungen, wie in den vorhergehenden Versuchen, um 12 Uhr Mittags in einen absolut sauerstofffreien Wasserstoffstrom gebracht. Nach 10 bis 15 Min. sind alle erstickt. Um 3 Uhr ist die Pulsfrequenz bereits auf 15—20 p. m. gesunken. Um 5 Uhr ergibt die Kohlensäureprobe mit Barytwasser einen sehr deutlichen Niederschlag. Das vor den Thieren in der Leitung befindliche Barytwasser bleibt immer klar. Abends zeigt sich kein Leuchten der Phosphorkugeln. Die ganze Nacht wird ein langsamer Wasserstoffstrom durchgeleitet.

Am 22. VIII. um 10 Uhr Vormittags ist die Pulszahl auf 8 per Min. gesunken. Die Kohlensäureprobe um 10 Uhr 15 Min. zeigt einen deutlichen, aber schwächern Niederschlag als gestern. Abends wird der Versuchsraum sauerstofffrei gefunden.

Am 23. VIII. Vormittags sind die Rückengefäßcontractionen sehr schwach. Abends 7 Uhr 30 Min. werden 4 Thiere an die Luft genommen, die übrigen bleiben noch im Wasserstoff und kommen erst am 24. VIII. um 10 Uhr Vormittags an die atmosphärische Luft.

Nach 2 Stunden sind bei einer der zuerst herausgenommenen Larven, welche ich genau beobachtete, kräftige Herzcontractionen bemerkbar, ebenso sind lokale Reflexe an den Beinen nachzuweisen. Bei den meisten übrigen Thieren werden die Muskeln noch elektrisch erregbar gefunden. Eine weitere Erholung war nicht zu constatiren.

4. *Versuch.* Mit einem ähnlichen Apparate, welcher jedoch nicht so gut construirt war, wie derjenige, mit dem die vorerwähnten Experimente angestellt wurden, bekamen wir ähnliche Resultate.

Von 16 Larven, welche alle im Verlaufe von 15 bis 20 Minuten scheinodt waren und 48 Stunden im Wasserstoffstrom zugebracht hatten, erholten sich 8 an der atmosphärischen Luft vollständig. so dass sie wieder waren wie frische Thiere, während die andern 8 nur theilweise sich erholten.

Wenn wir die Resultate dieser Versuche überblicken, so haben wir in erster Reihe wiederum die Erstickungssymptome mit dem darauffolgenden Scheintod, wie wir dies oben genauer beschrieben haben; dann aber sehen wir beim ersten Versuche nach einem Sauerstoffmangel von 24 Stunden, beim vierten nach einem solchen von 48 Stunden noch vollständige Erholung eintreten.

Beim zweiten Versuche brachten die Larven 84 Stunden in reinem Wasserstoffe zu, dabei waren mindestens 60 Stunden Herzcontractionen nachzuweisen. An den Sauerstoff gebracht erholten sich bei den meisten Thieren die Muskeln noch.

Zu ähnlichen, nur noch deutlicheren Resultaten führte der dritte Versuch, bei dem zugleich die Kohlensäurebildung im scheinodten Zustande nachgewiesen wurde.

Bedenken wir den regen Oxydationsprozess dieser Thiere und die hohe Temperatur (19° C. bis 24° C.), bei der wir experimentirten, so müssen wir staunen über die grosse Lebenszähigkeit dieser Insekten.<sup>1)</sup>

Es sei uns gestattet, an dieser Stelle zum Vergleiche einen von den berühmten *Pflüger'schen Versuchen* anzuführen.<sup>2)</sup> Es wurden zwei Frösche in absolut reinen Stickstoff gebracht, der mit Eis abgekühlt war.

„Um 2 Uhr 44 Min. gelangten die Thiere in den Stickstoff. Sofort sah ich, dass sie sich unbehaglich fühlten und ängstlich betrugten. Um 3 Uhr zeigen sie die entschiedenste Athemnoth; sie sitzen mit weit aufgerissenen Mäulern da und stellen sich von Zeit zu Zeit in die Höhe, als ob sie einen Ausweg nach der Luft suchten. Keine Krämpfe oder sonstige Reizerscheinungen, wie bei den Warmblütern wurden bemerkt. Anfänglich athmen sie sehr schnell; dann hören sie ganz auf, *b*eginnen wieder, um wieder aufzuhören.

Sie sitzen absolut bewegungslos, aber mit aufrechtem Kopf und offenem Auge, aber so still, als wollten sie durch Vermeiden jeder Bewegung das Sauerstoffbedürfniss nicht vermehren. Ich wartete nun auf ihren Tod. Aber es ver-

<sup>1)</sup> Anmerkung. Dass mit dieser Ansicht bis jetzt noch nicht alle Forscher einverstanden waren, beweist folgende Aeusserung *Kruckenbergs*: « *Obgleich die verschiedensten Insekten einen Sauerstoffmangel nur wenige Minuten ertragen, sehen wir die durch Curare scheinotdt gemachte Raupe, bei der jede Respirationsbewegung auf verhältnissmässig lange Zeit erloschen ist, sich nach einigen Stunden erholen.* » . . . « *Die Hautrespiration — das lehrt die Genesung des völlig curarisirten Thieres — reicht aus, ihr Athembedürfniss während der Dauer der Vergiftung zu befriedigen.* » *Kruckenberg, vergleichend-physiologische Studien. Heidelberg 1880, pag. 158.*

<sup>2)</sup> *Arch. f. d. gesammte Physiol., Bd. X., p. 316.*

ging eine Stunde nach der andern; sie wanderten nach längerer Ruhe von Zeit zu Zeit, stellten sich auf und öffneten so weit als möglich die Mäuler, so dass auch gar kein Zweifel bestehen konnte, dass alle Funktionen ihren ungestörten Gang nehmen. Abends 8 Uhr sind die Frösche noch ruhiger geworden und sichtlich sehr matt, besonders der eine, geben aber, als ein Draht um 9 Uhr durch das Quecksilber eingeführt wird, um sie zu irritiren, die unzweideutigsten Zeichen der Integrität. Sie werden nun in Eis verpackt und die Nacht sich überlassen. Am folgenden Morgen 9 Uhr, als ich nach dem Laboratorium kam, lagen beide Frösche wie Leichen bewegungslos in ihrem Gefängniss. Nach Entnehmung einer letzten — der dritten Gasprobe — werden die Thiere herausgezogen. Selbst die heftigsten Hautreize brachten nicht die Spur einer Reaction hervor, sogar die stärksten elektrischen Schläge wirkten nur auf die Muskeln, wo sie diese unmittelbar mit grösster Dichte trafen.

Die Thiere waren vollständig scheinotdt. Nach 2 Stunden Aufenthalt in atmosphärischer Luft zeigte sich noch kein Lebenszeichen. Als man jedoch bei dem einen die Brust öffnete, bemerkte man kräftige Herzaction. Erst nach 5stündigem Aufenthalt in atmosphärischer Luft zog ein Frosch ein Bein an. Hierauf kehrten die „Reflexbewegungen“ zurück. Später traten dann spontane Athembewegungen auf. Trotzdem erholten sich nur Rückenmark und theilweise das verlängerte. Das Gehirn erholte sich gar nicht. Beide Frösche starben.“

In einem weitem Versuche gelang es *Pflüger*, bei einer Temperatur des Frosches von 3—4° C., denselben bei vollster Integrität aller wesentlichen Funktionen 11 1/2 Stunden in Stickstoff und Phosphordampf, der die Gegenwart freien Sauerstoffs absolut ausschliesst, zu erhalten.

Hierauf trat Scheintod ein. Nach 25stündigem Aufenthalt im Versuchsraume pulsirte das Herz noch. Am dritten Tage erholte sich dieses Thier noch so weit, wie die im vorher erwähnten Versuche.

Dass die Melolonthenlarven so schnell asphyctisch wurden, während die Frösche erst nach  $11\frac{1}{2}$  Stunden in Scheintod verfielen, mag einerseits seinen Grund in der verschiedenen Temperatur haben, bei der experimentirt wurde, — während die Frösche nie eine höhere Temperatur hatten, als  $4^{\circ}$  C., hatten die Larven nie eine niedrigere, als  $19^{\circ}$  C., — auch die Frösche erstickten bei höherer Temperatur viel rascher, — andernseits mag dies in dem viel trägern Stoffwechsel der Amphibien begründet sein, wogegen die Insekten im Allgemeinen die Vertebraten an Intensität der Oxydationsprozesse nicht unbedeutend übertreffen.<sup>1)</sup> Es darf nun desshalb nicht wundern, wenn wir bei den Tracheaten Erstickungsbilder sehen, wie wir sie bei den Wirbelthieren haben. Wenn aber trotz der viel höhern Temperatur, also trotz reger Zersetzung, die Käfer tagelang den Sauerstoff entbehren können und dabei fortfahren, Kohlensäure zu bilden, das Herz während der ganzen Zeit noch schlägt, hernach oft auch Erholung eintritt, so sind solche Versuche, wenn möglich, ein noch schlagenderer Beweis für jene Pflüger'schen Anschauungen, welche in einer klassischen Arbeit über die physiologische Verbrennung in den lebendigen Organismen<sup>2)</sup> im Jahre 1875 veröffentlicht wurden. *Pflüger* fasst das Leben der Gewebe als fortwährenden Dissociationsprozess leicht zersetzlicher Gewebe auf und kommt schliesslich zu folgender Hypothese: „Der Lebensprozess

<sup>1)</sup> Vergl. Regnault et Reiset, l. c.

<sup>2)</sup> Pflüger's Arch. f. d. gesammte Physiol., Bd. X., pag. 251.

ist die intramolekulare Wärme höchst zersetzbarer und durch Dissociation — wesentlich unter Bildung von Kohlensäure, Wasser und amidartigen Körpern — sich zersetzender, in Zellsubstanz gebildeter Eiweissmoleküle, welche sich fortwährend regeneriren und auch durch Polymerisirung wachsen.“

### 3. Das Verhältniss des Sauerstoffs zur Phosphorescenz.

Obwohl über diesen Gegenstand von den berühmtesten Naturforschern schon von Alters her sehr viel experimentirt und geschrieben worden ist, was von *Pflüger*<sup>1)</sup> in übersichtlicher Weise dargestellt und durch neue Thatsachen bereichert wurde, so wagen wir es doch, einige Beobachtungen hier anzufügen, da sie mit dem Vorausgehenden in engem Zusammenhange stehen.

Die früher vielfach herrschende Ansicht, dass das Leuchten der Thiere auf Insolation beruhe, ist allgemein verlassen worden. Bringt man leuchtende Thiere in absolute Dunkelheit, so leuchten dieselben trotzdem Tage und Wochen lang.

Gegenwärtig wird von allen bedeutenden Forschern das Phosphoresciren der Thiere als ein dem Willen unterstellter Oxydationsprozess betrachtet.

*Max Schultze*<sup>2)</sup> hat eine ausserordentlich starke Ver-

<sup>1)</sup> E. Pflüger: Die Phosphorescenz der lebendigen Organismen und ihre Bedeutung für die Prinzipien der Respiration. Arch. f. d. gesammte Physiol., Bd. X., pag. 275.

Ders. Ueber die Phosphorescenz verwesender Organismen. Bd. XI., pag. 222.

<sup>2)</sup> Max Schultze: Zur Kenntniss der Leuchtorgane von *Lampyrus splendidula*. Arch. f. mik. Anat., Bd. I., pag. 125, und Sitzungsab. der niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde zu Bonn am 7. Juli und 4. August 1864.

zweigung und einen grossen Reichthum an Nerven im Leuchtorgane von *Lampyris splendidula* nachgewiesen. Ferner hat dieser Forscher mit Bestimmtheit festgestellt, dass beim Leuchtkäfer die leuchtende Materie eine Zelle sei, die am Ende der Tracheen sitzt, so dass die Luft mit ihr in unmittelbarer Berührung steht. Er sah selbst die *Zellen* unter dem Mikroskope *leuchten*. Auch die Beobachtung, welche wir bestätigen konnten, dass *Eier* von *Lampyris leuchten*, dürfte den Sitz des Leuchtens in die Zellen verlegen.

Wenn wir schon oben auf die direkte Beziehung des Sauerstoffs zur Zelle aufmerksam machten, so tritt uns nun dieses Verhältniss hier sichtbar zu Tage. Und in der That, schon vor langer Zeit haben *Pl. Heinrich* und *J. Macaire*<sup>1)</sup>, der diese Verhältnisse bei *Lampyris splendidula* speziell untersuchte, gezeigt, dass das Leuchten in Wasserstoff, Stickstoff, Kohlensäure, sowie im Vacuum verschwindet, um sofort wieder zu erscheinen, wenn auf's Neue atmosphärische Luft zugelassen wird.

Obwohl diese Thatsachen im Allgemeinen und besonders für ein längeres Entziehen des Sauerstoffs wohl richtig sind, so dürften sie doch durch nachfolgende Versuche eine Einschränkung erhalten. *Es gelang uns nämlich, die Leuchtorgane von Lampyris noctiluca auch im absolut sauerstofffreien Wasserstoff zum Leuchten zu bringen.*

Zu diesen Versuchen benutzten wir dieselbe Methode, wie wir sie bei den Erstickungsexperimenten mit *Melonthenlarven* angewendet hatten.

---

<sup>1)</sup> J. Macaire : Ueber die Phosphorescenz der Leuchtkäfer. Uebers. von Dr. G. Kuze in Gilbert's Annal., 1822, Bd. X., pag. 276.

*Herr Prof. Valentin* war so freundlich, uns einen Raum abzutreten, der auch bei Tage absolut finster gemacht werden konnte. Wir sprechen demselben dafür bei dieser Gelegenheit den besten Dank aus.

Wir hatten eine ziemliche Anzahl Individuen von *Lam-pyris noctiluca* eingefangen. In der Gefangenschaft leuchteten die Thiere meistens nicht. Sobald wir aber ein Thier elektrisch reizten, so trat sofort starkes Leuchten auf, das auch noch einige Zeit anhielt, nachdem der Reiz schon aufgehört hatte.

Wenn bei einem an der Luft leuchtenden Thiere das Leuchten im sauerstofffreien Raume verschwand, so konnte es entweder an dem Leuchtorgane selber liegen, oder aber an dem Wegfall nervöser Erregung durch den folgenden Scheintod. Letzteres wollten wir durch künstliche Reizung ersetzen.

Zu dem Zwecke verfahren wir folgendermassen:

Nachdem bei dem erwähnten Apparate einige gute Phosphorstücke zur Controle des Sauerstoffs in die Endröhre, durch welche der Wasserstoffstrom kam, gelegt waren, wurde an ein passendes Elektrodenpaar eine *Lam-pyris noctiluca* gespiesst. Die Electroden wurden nun mittelst feinen Leitungsdrähten, die durch eine dünne Glasröhre, welche im durchlöcherten Verschlusszapfen angebracht war, gingen, mit einem Daniell'schen Elemente in Verbindung gesetzt.

An den Elektroden leuchtete die Larve in der Luft spontan nicht, auf einen einzigen elektrischen Schlag jedoch trat ein heftiges Aufleuchten ein, welches auch nach der Einwirkung der Electricität noch längere Zeit fort dauerte und allmählig wieder verschwand. Gewöhnlich gelang uns

dieser Versuch bei einem Thiere nur ein, höchstens zwei Mal.

Wir nahmen ein frisches Thier, brachten dasselbe an die Elektroden, führten beides in die Glasröhre und schlossen, nachdem noch zwei andere Larven in das Glasrohr gelegt waren, mit einem Kautschukzapfen gut ab. Ein starker Wasserstoffstrom wird nun durchgeleitet. Nach einer Minute sind alle Thiere erstickt und scheinodt. Fortwährend geht ein starker Wasserstoffstrom durch den Apparat. Bei vollständiger Finsterniss beobachtet man nur ein schwaches Leuchten der Phosphorstücke und verhielten sich aber alle drei Leuchtorgane ruhig. Das Leuchten des Phosphors verschwindet immer mehr und mehr und hört nach 3 Minuten gänzlich auf. Man konnte nun sicher sein, keinen freien Sauerstoff mehr in der Röhre zu haben. Nach weitem zwei Minuten reizten wir zuerst mit einem schwachen elektrischen Strom. Es erfolgte keine Wirkung, Erst ein stärkerer Strom brachte ein Aufleuchten des Leuchtorgans hervor, welches noch längere Zeit nach Unterbrechung des Stromes andauerte. Eine zweite Reizung war erfolglos, die Leuchtsubstanz war erschöpft. An die atmosphärische Luft genommen, leuchtete das Thier an der Elektrode nicht mehr, dasselbe war offenbar durch den starken elektrischen Reiz getödtet worden. Die beiden übrigen Larven leuchteten dagegen sofort kräftig.

Bei einem zweiten Versuche, der auf dieselbe Weise, aber mit frischen Thieren angestellt wurde, gelang es uns, nachdem der Phosphor bereits 3 Minuten zu leuchten aufgehört hatte, durch elektrischen Reiz ein deutliches Aufleuchten hervorzurufen, das wiederum einige Zeit andauerte, nachdem der Reiz zu wirken aufgehört hatte.

Damit dürfte der Beweis geleistet sein, dass das Leuchtorgan auch ohne freien Sauerstoff wenigstens kurze Zeit zu leuchten im Stande ist.

Somit haben wir es hier mit einer wichtigen *neuen* Thatsache zur Bestätigung der Pflüger'schen Lehre über die physiologische Verbrennung zu thun.

Gleich wie die Muskel- und Nervenzelle ihr Leben tagelang ohne freien Sauerstoff beibehalten kann, so ist es auch der Zelle des Leuchtorgans möglich, wenigstens für einige Zeit ohne freien Sauerstoff zu funktionieren.

An den Leuchtorganen hatten sich noch einige andere Erscheinungen gezeigt, doch bedürfen diese weiterer Versuche: dieselben werden im folgenden Sommersemester im Laboratorium von Hrn. Prof. Dr. Luchsinger ausgeführt werden.

#### 4. Die Beziehung der Organismen zum Sauerstoffüberschuss.

Nach der Angabe vieler Chemiker leuchtet activer Phosphor nur in verdünntem Sauerstoff, nicht aber in reinem Sauerstoff bei Atmosphärendruck. Dies merkwürdige Phänomen soll dadurch bedingt sein, dass der Phosphor sich nicht oxydire.

Nun hat *P. Bert*<sup>1)</sup> in höchst interessanten Versuchen nachgewiesen, dass auch die thierische und pflanzliche Oxydation nur in verdünntem Sauerstoff stattfinden kann, bei gesteigertem Partiardruck des Sauerstoffs abnimmt und bei einer gewissen Dichte gänzlich aufhört.

Brachte *Bert* einen Hund in eine Atmosphäre von hoher Dichte des Sauerstoffs, so bekam das Thier bei

<sup>1)</sup> P. Bert. Comptes rendus. Tome 77. P. 531.

einem Sauerstoffgehalt des arteriellen Blutes von 28—30 Vol. p. Ct. heftige Convulsionen, stieg der Gehalt auf 35 Vol. p. Ct., so trat Tod ein. Ein ähnliches Verhalten zeigten auch die Vögel.

Reizbare Pflanzen starben rasch in reinem Sauerstoff bei einem Drucke von nur 2 Atmosphären.<sup>1)</sup>

Auch bei Wirbellosen kam *Bert* zu gleichen Resultaten. Er zeigt, dass diese Thiere in dem Masse schneller vom dichten Sauerstoff getödtet werden, je energischer ihre Respiration ist. Er bemerkt: „L'action toxique se fait sentir de même sur les Invertébrés dans l'oxygène comprimé; les insectes meurent plus rapidement que les Arachnides et les Myriapodes, ceux-ci plus que les Mollusques et les vers de terre.“

Leider fehlte es uns an den nöthigen Vorrichtungen, um diese Thatsachen zu bestätigen. Trotzdem erlauben wir uns, hier einem Zweifel in Bezug auf das schnelle Absterben der Insekten Raum zu geben.

Nach unsern vorausgehenden Experimenten dürfte derselbe wohl gerechtfertigt sein. Denn, wenn wir bei unsern Versuchsthieren in reinem Wasserstoff allerdings eine schnelle Erstickung beobachteten, so folgte darauf noch nicht Tod, sondern bloss ein Scheintod, der tagelang andauern konnte und nach welchem eine Erholung immer noch möglich war.

*Bert*<sup>2)</sup> beweist nun selbst, dass verdichteter Sauerstoff nicht ein Gift, sondern bloss ein irrespirables Gas sei und dass unter dem Einfluss der hohen Dichte des Sauerstoffs auch keine giftigen Substanzen im Blute gebildet werden.

<sup>1)</sup> P. Bert, l. c., p. 533.

<sup>2)</sup> P. Bert, l. c., p. 533.

Es dürfte sich somit blos um eine reine Erstickung handeln. Ist dies der Fall, so müssen wir a priori in Hinsicht auf unsere Versuche den Schluss ziehen, dass die Insekten in verdichtetem Sauerstoff wohl rasch ersticken, nicht aber sofort getödtet werden, sondern nur in einen Scheintod verfallen, aus dem sie sich nach mehr oder weniger langer Zeit unter normalen Bedingungen wieder erholen können.

## II.

Ueber die

### **Wirkung einiger Gifte bei Evertebraten.**

#### **I. Kohlensäure.**

In reiner Kohlensäure ersticken die Thiere. Um die Giftigkeit dieses Gases zu beweisen, mischte man Luft, Sauerstoff und Kohlensäure so, dass in dieser Mischung der Sauerstoff in derselben Quantität, wie in der Athmungsluft enthalten war. Dadurch war die Möglichkeit ausgeschlossen, dass die Thiere nur durch Sauerstoffmangel zu Grunde gingen. Die Applikation solcher Gasgemenge erwies nun in der That die Giftigkeit der Kohlensäure.

*Traube*<sup>1)</sup> hat hierüber die genauesten Versuche angestellt. Er fand bei Vertebraten nach geringeren Beimischungen von Kohlensäure zur Athmungsluft zuerst Unruhe, dann Mattigkeit, Lähmung und Tod; stärkere Mischungen bewirkten trotz hinreichenden Sauerstoff-

<sup>1)</sup> Gesammelte Beiträge zur Pathologie und Physiologie, I., 282, 332, 387, 452.

gehaltes starke Dyspnoe, Krämpfe und Tod unter den Erscheinungen der Asphyxie.

Zu unsern Versuchen benutzten wir folgende Methode. Die Kohlensäure wird durch Zersetzen von weissem Marmor mit verdünnter Salzsäure gewonnen, hierauf durch Wasser gewaschen und in einem gläsernen Gasometer aufgefangen. Von da aus gelangt das Gas in ein kleines Gefäss, das für das Versuchsthier bestimmt ist.

Eine *Cotonia aurata* wird in den Versuchsraum gebracht. Nachdem durch denselben ein starker Kohlensäurestrom geleitet ist, so dass man eine vollständige Verdrängung der atmosphärischen Luft annehmen kann, fängt das Thier an unruhig zu werden und es folgen rasch auf einander Dyspnoe, krampfartige Bewegungen der Beine und endlich Scheintod.

Nach 15 Stunden wird das Thier an die Luft genommen. Schon nach einigen Minuten treten Krämpfe der Beine ein. Nach 15 Minuten fängt der Käfer an oberflächlich zu athmen. Die Athmung wird immer intensiver und nach kurzer Zeit ist die Erholung vollständig.

In einem zweiten Versuche werden zwei Goldkäfer in das Fläschchen gebracht. Die atmosphärische Luft wird wiederum durch einen Kohlensäurestrom daraus entfernt. Es zeigen sich die nämlichen Symptome der Erstickung, wie im vorigen Versuche.

Nachdem die Thiere 16 Stunden in Kohlensäure gelegen, werden sie an die Luft gesetzt. Der eine bekommt nach 25 Min. Krämpfe, und beginnt nach 25 Min. zu athmen; beim andern zeigen sich die Krämpfe erst nach 40 Min. und die Athmung tritt nach 45 Min. ein. Beide Thiere erholen sich vollständig.

Bei weiteren Versuchen, welche mit *Cetonia* in gleicher Weise angestellt wurden, zeigten sich im Wesentlichen stets dieselbe Symptome.

Ferner werden zwei *Melolonthenlarven* in Kohlensäure gebracht. Dieselben sind anfänglich ganz ruhig, werden aber alsbald aufgeregt und bekommen Krämpfe. Das Verhalten der Athmung ist nicht zu beobachten. Nach 5 Min. sind beide Thiere scheinodt. Die Pulsfrequenz sinkt nach kurzer Zeit von 32 p. m. auf 10 p. m. Nach 4 Stunden ist die Pulsation äusserst schwach. Nach 24 Stunden werden die Thiere aus der Kohlensäure genommen und an die Luft gelegt. Beide erholen sich nach 1½ Stunden vollständig.

Obwohl wir die bessere Methode mit den Gasmischungen wegen zu beschränkter Zeit nicht durchführen konnten, glaubten wir diese Resultate doch veröffentlichen zu dürfen, indem sie doch beweisen, dass Kohlensäure bei den Insekten durchaus nicht mit jener Intensität giftig wirkt, wie bei den Vertebraten.

## 2. Stickstoffoxyd.

Wegen seiner Eigenschaft, in Berührung mit Sauerstoff sogleich rothe Dämpfe von Untersalpetersäure zu bilden, gehört das Stickstoffoxydgas zu den irrespirablen Gasarten.

Die Beziehungen desselben zum Hämoglobin hat *L. Hermann*<sup>1)</sup> untersucht und gefunden, dass die Verbindung des Stickoxyds mit dem Hämoglobin noch fester ist, als die des Kohlenoxyds, somit also auch fester ist, als das Sauerstoffhämoglobin.

---

<sup>1)</sup> L. Hermann, Arch. f. Anat. und Physiol., 1865, p. 469

Vom gleichen Forscher sind auch die Muskeln auf Stickoxyd untersucht worden. Derselbe verdrängte in einem Gefässe, das Muskeln enthielt, die Luft durch Wasserstoff, leitete dann Stickoxyd ein und sah die Muskeln sehr schnell starr und unerregbar werden.

Er lässt hier die Frage offen, ob dies auf der Bildung von Untersalpetersäure durch unvollkommene Entfernung des Sauerstoffs aus dem Gefässe, oder aus der Entziehung chemisch gebundenen Sauerstoffs durch Stickoxyd beruhe.

Zugleich bemerkt dieser Forscher die praktische Bedeutungslosigkeit dieser Frage, indem sich doch niemals Stickoxydhämoglobin bilden könne, weil das Stickoxyd auf dem Wege durch die Lungen in Untersalpetersäure verwandelt werde.

Einige Versuche, welche am Schlusse von längeren Versuchsreihen von *Luexinger* gemacht wurden, zeigten wenigstens die Möglichkeit der Bildung von Stickoxydhämoglobin im Wirbelthiere.

Das Stickoxyd wurde durch eine Trachealcanüle in die Lunge eingeblasen, worauf heftige Krämpfe auftraten. Sogleich wurde der Thorax geöffnet und das mit hellrothem Blut gefüllte Herz herausgeschnitten, entleert und das Blut zusammen mit Schwefelammonium im Spektralapparat untersucht. Es zeigten sich dabei jene beiden für Stickoxydhämoglobin charakteristischen Absorptionsstreifen.

Wir machten weitere Versuche mit *Aulastomum gulo*. Ein solches Thier wird in ein kleines Glasgefäss gebracht, das durch ein T-Rohr, sowohl mit einem Wasserstoff-, als auch mit einem Stickoxydgasometer in Verbindung steht. 15 Min. geht ein starker Wasserstoffstrom zur Austreibung der atmosphärischen Luft durch das Gefäss, worauf 10 Min. lang Stickoxyd in dasselbe ge-

elitet wird. Während dieses Gas als Beweis des absoluten Sauerstoffmangels im Versuchsgefässe vollständig farblos bleibt, bildet dasselbe an der Luft sogleich rothe Dämpfe von Untersalpetersäure. In der Wasserstoffatmosphäre fühlte sich das Thier unbehaglich und machte Fluchtversuche. In Stickoxyd bekam dasselbe nach kurzer Zeit sehr erhebliche Krämpfe und verfiel schliesslich in Scheintod.

Diese heftigen Krämpfe dürften wohl, da sie ja im sauerstofffreien Raume auftraten, weniger auf Aetzwirkungen, als auf direkten Wirkungen des Stickoxyds auf die noch sauerstoffführenden Gewebe des Thieres zurückzuführen sein, und damit ähnlich wirken, wie gewöhnliche Erstickung.

Bevor wir das Thier aus dem Stickoxyd nahmen, leiteten wir nochmals 15 Min. lang einen starken Wasserstoffstrom durch, um das Stickoxyd auszutreiben. Der Egel, der nun in frisches Wasser gelegt wurde, war schlaff und lag wie todt auf dem Boden des Gefässes. Ungefähr nach einer halben Stunde fing derselbe an Bewegungsversuche zu machen, bald darauf zeigten sich schwache Schwimmbewegungen. Im Verlaufe von 3 Stunden hatte sich das Thier vollständig erholt. Saug- und Schwimmvermögen waren wieder wie normal. Die Wiederholung des Versuches bestätigte die Richtigkeit des Resultates.

Bei einer *Pieris brassicae*, welche 15 Min. in den Wasserstoffstrom gelegt wurde, zeigten sich zuerst Erstickungskrämpfe, worauf nach 1 Min. Scheintod eintrat. Nun kommt die Raupe 15 Min. in Stickoxyd, zuletzt wird nochmals 20 Min. lang Wasserstoff durch den Untersuchungsraum geleitet. 5 Min. nach Herausnahme waren

besonders an den unechten Beinen deutliche Reflexe zu bemerken. Eine weitere Erholung trat nicht ein.

Wir vermuthen, dass die Ursache hievon in dem feinen Bau der Tracheen liegt, aus denen man kaum jede Spur von Luft und nachher von Stickoxyd auszutreiben im Stande ist, so dass die Bildung von Untersalpetersäure mit ihren verderblichen Folgen auftritt.

### 3. Kaliumsalze.

Seit *Bernard* und *Grandeau* <sup>1)</sup> werden die Kalisalze fast allgemein zu den Herzgiften gerechnet. Wie erst neulich noch *Luchsinger* <sup>2)</sup> nachwies, verdanken diese ihre Berühmtheit nur der Anwendung sehr grosser Dosen, welche allerdings durch rasche Unterbrechung des Kreislaufes das Herz lähmen. Dieser Forscher beobachtete aber bei vorsichtiger Anwendung dieser Salze zuerst Grosshirnlähmung, hierauf Lähmung der Athmung und der Reflexerregbarkeit und erst zuletzt beobachtete er auch das Schwinden des Herzschlages.

Bezüglich der Evertebraten fanden wir eine ähnliche Wirkung.

Wurde eine *Libellenlarve* in eine Lösung von Kaliumchloratum gelegt, so trat nach einiger Zeit Betäubung auf. Das Thier zeigte bei Rückenlage kein Unbehagen.

Hierauf hörte die Athmung auf und zuletzt schwanden die Reflexe.

In dem scheinotdten Zustande wurde die Larve in frisches Brunnenwasser gelegt. Reflexe und spontane

<sup>1)</sup> Journal de l'Institut 1863, N° 1555.

<sup>2)</sup> B. Luchsinger: Zur allgem. Physiol. d. irrit. Substanzen. Bonn 1879, pag. 18.

Bewegungen kehrten nach einiger Zeit wieder. Weiter ging die Erholung nicht, und das Thier starb nach einiger Zeit.

#### 4. Curare.

Die hauptsächlichsten Wirkungen des indianischen Pfeilgiftes an Vertebraten sind durch die Untersuchungen von *Kölliker*<sup>1)</sup> und *Bernard*<sup>2)</sup> festgestellt worden. Nach diesen Forschern bewirkt dieses Gift zunächst Lähmung der Nervenenden der willkürlichen Muskeln, dann derjenigen der glatten. Herz und Darm werden dagegen nur von grossen Gaben gelähmt.

Dies sind die wichtigsten über dieses Gift bis jetzt bei Wirbelthieren allgemein bekannten und anerkannten Thatsachen.

Die Untersuchungen, welche in den letzten Jahren von verschiedener Seite über Curare auch bei Wirbellosen angestellt wurden, führten dagegen zum Theil zu ganz widersprechenden Resultaten.

So wirkt nach den Versuchen von *Steiner*<sup>3)</sup> das Pfeilgift bei einigen Mollusken auf das Centralnervensystem, bei den Medusen vielleicht gar nicht. Nur bei dem Krebse und den Asteriden blieb eine dem Verhalten der Vertebraten analoge Wirkung wahrscheinlich.

*E. Yung*<sup>4)</sup> glaubt, dass Curare bei den Crustaceen ähnlich wirke, wie bei den Wirbelthieren. Er sagt: « Le

---

<sup>1)</sup> Arch. f. pathol. Anat., X., 3; Zeitschrift f. wissenschaftl. Zoologie, IX., 434.

<sup>2)</sup> Bernard, Comptes rendus, XLIII., 824 (1856); Leçons sur les effets des substances toxiques (Paris 1857), p. 238, 463.

<sup>3)</sup> Steiner, Archiv f. Anat. und Physiol. 1874.

<sup>4)</sup> E. Yung. Comptes rendus, 1879. De l'action des principaux poisons sur les crustacées.

curare agit chez ces animaux dans le même sens que chez les Vertébrés. mais d'une manière beaucoup moins énergique. Son action est très lente; il produit, dans tous les cas, une chéne dans les mouvements, qui peut aller jusqu'à la paralysie complète, si la dose du poison a été très forte. »

Trotzdem neigt *Kruckenber*<sup>1)</sup> beim Krebse eher für eine centrale Lähmung. Bei Blutegel und Raupe dagegen glaubt er Muskellähmung annehmen zu müssen. Seine Versuche waren mit partieller Ligatur der Raupen ange stellt. So richtig dieselben auch sind, so wenig zwingend sind die daraus zu ziehenden Schlüsse.

Auf die hier waltenden Schwierigkeiten wird dem nächst *Luchsinger*<sup>2)</sup> in einer an Blutegeln angestellten Versuchsreihe näher eingehen. Für uns musste vor Allem das Vergiftungsbild des ganzen Thieres massgebend sein. und dieses zeigte auch in der That Erscheinungen, welche für eine centrale Lähmung sprechen. Als tieleg für diese Anschauung mögen folgende Versuche gelten.

1) Einer *Pieris brassicae* wird  $\frac{1}{4}$  Pravatz einer schwachen Curarelösung in der Mitte des Körpers eingespritzt. Alsbald tritt Unmöglichkeit der Fortbewegung und völlige Betäubung ein. Wird nun in diesem Zustande ein glühendes Glasstäbchen in die Nähe des Kopfes gehalten, so macht der ganze Vordertheil des Thieres reflectorische Abwehrbewegungen. Bringt man den thermischen Reiz in die Nähe der unechten Beine, so ziehen sich dieselben ein.

<sup>1)</sup> Dr. Fr. W. Kruckenber : Vergleichend-physiol. Studien. Heidelberg 1880.

<sup>2)</sup> Vergl. Guillebeau und Luchsinger, *Pflüger's Archiv* in einem demnächst erscheinenden Aufsatz.

Spritzt man zur Controle einer andern Raupe eine gleiche Quantität Salzwasser (0,7 %) ein, so bleibt dieselbe ohne merkliche Veränderung.

2) Einem männlichen *Lucanus cervus* von mittlerer Grösse wird  $\frac{1}{10}$  Pravatz einer concentrirten Curarelösung vom Abdomen aus in den Mesothorax injicirt. Nach kurzer Zeit erfolgt vollständige Betäubung. Auf den Rücken gelegt, bleibt das Thier ruhig in dieser Stellung.

Auf leichtes Kneifen der Beine zeigen sich deutliche locale Reflexe. Starkes Brennen eines Beines ruft ab und zu allgemeine Reflexe hervor. Namentlich schön werden von den Mandibeln aus Reflexe ausgelöst. Wird der linke Kiefer mit einem glühenden Glasstäbchen leicht gebrannt, so macht das linke Vorderbein Abwischbewegungen. Beim Abschneiden des rechten Mittelbeins zuckt das linke Vorderbein; beim Abschneiden des rechten Vorderbeins zuckt das rechte Hinterbein; nicht anders verhält sich die andere Seite. Wir finden somit auch hier wiederum ein sprechendes Beispiel von gekreuzten Reflexen an trabgehenden Thieren<sup>1)</sup>.

Nachdem das Thier eine Stunde in dem Zustande der Betäubung gelegen, wird auf eine weitere Erholung verzichtet. Bei der Oeffnung des Abdomens schlägt das Rückengefäss noch deutlich.

Bei einem andern Hirschkäfer, dem zur Controle ein gleiches Quantum Kochsalzlösung (0,7 %) eingespritzt wurde, zeigte sich keine Veränderung.

Diese Versuche wurden nun namentlich an *Hydrophilus caraboides* und *Dytiscus marginalis* öfter wieder-

<sup>1)</sup> Vergl. Luchsinger. Tageblatt d. deutschen Naturforscher zu Baden-Baden 1879; Pflüger's Arch. XXII, XXIII.

holt. Oft hielt die Betäubung der Käfer bis zum andern Tage an, aber auch dann noch konnten die Reflexe hervorgerufen werden.

Nach unsern Beobachtungen würde somit Curare bei Insekten in erster Reihe eine Lähmung des Centralnervensystems, und zwar zuerst seiner höhern Fähigkeiten, hervorrufen. Eine periphere Lähmung war entgegen den Angaben *Krueckenberg's* nicht zu constatiren.<sup>1)</sup>

### 5. Coniin.

*Kölliker*<sup>2)</sup> fand, dass das Alkaloid des Schierlings ganz wie Curare die peripherischen Endigungen der motorischen Nerven lähmt. *Damourette* und *Pelvet*<sup>3)</sup> und von *Verigo*<sup>4)</sup> wiesen aber nach, dass zugleich eine centrale Lähmung vorhanden ist, welcher bei grossen Dosen ein Stadium klonischer Krämpfe vorausgeht. Diese Krämpfe treten nun auffallender Weise bei Fröschen nicht auf. Da aber die periphere Lähmung bei diesen Thieren viel rascher eintritt, als beim Warmblüter, so ist es wahrscheinlich, dass dadurch das Auftreten der Krämpfe verhindert wird. Um dies zu entscheiden, wurde folgender Versuch angestellt:

Einer *Rana esculenta* wird die linke Arteria femoralis unterbunden und hierauf 0,025 salzsaures Coniin in die Bauchhöhle gespritzt. Der Frosch sitzt hierauf eine Viertelstunde ruhig, dann tritt allmählig mit Ausnahme des linken Hinterbeins überall periphere Lähmung ein.

<sup>1)</sup> Vergl. übrigens eine demnächst erfolgende Mittheil. von *Luchsinger*.

<sup>2)</sup> Arch. f. path. Anat., Bd. X., pag. 235.

<sup>3)</sup> Gaz. méd. de Paris 1870, N° 9—37.

<sup>4)</sup> Deutsche Zeitschrift f. Staatsarzneikunde, XXVIII., 213.

Krämpfe zeigten sich keine. Die Reizung des rechten Nervus ischiadicus durch sehr starke tetanische Ströme ruft keine Zuckung hervor.

Im Verlaufe der nächsten Viertelstunde tritt nun erhöhte Reflexerregbarkeit des linken Hinterbeines auf, welche bis zu dem Grade steigt, wie sie sonst nur bei Strychninvergiftung zu sehen ist. Leises Klopfen des Tisches, auf dem das Thier liegt, leichtes Anblasen oder Berühren ruft die heftigsten Reflexkrämpfe hervor. Später tritt auch Lähmung dieses Beines ein.

Dieser Versuch wurde an fünf Thieren mit gleichem Resultate wiederholt. Er beweist neben einer peripheren Lähmung der Muskelnerven einen centralen Reizzustand.

Es wurde ferner einigen *Hydrophilus caraboides* eine kleine Quantität Coniin hydrochl. injicirt. Nach kurzer Zeit wurden die Thiere betäubt, blieben im Wasser auf dem Rücken liegen, machten aber mit sämmtlichen Beinen wilde, ungeordnete Bewegungen, welche lange Zeit anhielten.

Das Coniin setzt also eine starke Reizung des Centralnervensystems aller Thiere. Beim Frosche kommt dieselbe aber wegen der gleichzeitigen peripheren Lähmung nicht zum Vorschein und sind zu ihrem Nachweise partielle Vergiftungen nöthig.

Beim Käfer aber wirkt das Coniin so wenig, wie das Curare auf die peripheren Nervenenden. Es muss sich hier somit die centrale Reizung ohne Weiteres demonstrieren.

## 6. Atropin.

Bei einigen Vertebraten finden wir eine auffallende Immunität gegen das Alkaloid der Belladonna. So können Kaninchen viele Tage lang ohne Nachtheil mit Belladonna-

blättern gefüttert werden<sup>1)</sup>. Dass diese Thiere das Gift in sich aufnehmen, beweist der Umstand, dass der Genuss ihres Fleisches zu heftigen Vergiftungserscheinungen führt.

Nach *Wood*<sup>2)</sup> sind auch Tauben in hohem Grade immun. Dasselbe ist von den Schnecken bekannt.

Im Uebrigen wirkt Atropin bei den Wirbelthieren hauptsächlich auf die Grosshirnfunktionen und dann auch auf peripherische Nervenapparate theils erregend, theils lähmend.

*Krueckenberg*<sup>3)</sup> hat das Atropin beim Blutegel untersucht. Er berichtet: „Eine Wirkung des Atropins auf die Muskeln der Wirbelthiere ist nicht nachgewiesen, und um so bemerkenswerther dürften desshalb die Mittheilungen meiner Versuche am Blutegel sein, aus denen sich ergeben wird, dass das Atropin auf die Egelmuskeln ähnlich wie die Stoffe der Alkoholgruppe wirkt.“

„Ein Blutegel wurde am 18. Dezember Nachmittags 3 Uhr 46 Min. in eine einprozentige Lösung von schwefelsaurem Atropin gesetzt und am 19. Dezember Morgens 11 Uhr 4 Min. stark contrahirt, vollkommen steif und die Muskeln desselben elektrisch unerregbar gefunden; trotzdem fehlten Spuren von selbstständiger Bewegung nicht.“

Wir wiederholten diesen Versuch mit *Hirudo officinalis* und *Aulostomum gulo* *Mog. Taud.*

Wir füllten zwei Reagensgläschen mit einer einprozentigen Atropinlösung und legten in das eine einen medizinischen Blutegel, in das andere ein *Aulostomum* von gleicher Grösse. Beide Gläschen wurden vollständig mit der Lösung gefüllt und mit einem Kork verschlossen.

<sup>1)</sup> Arch. f. Anat. und Physiol. 1869. pag. 522.

<sup>2)</sup> Amer. Journ. of. med. sc. 1871, pag. 128.

<sup>3)</sup> Krueckenberg, l. c.

Nach 24 Stunden wurden beide Thiere herausgenommen und auf einen Teller gelegt. Der Unterschied der Wirkung ist auffallend. *Hirudo officinalis* liegt wie todt da, doch sind seine Muskeln elektrisch und selbst mechanisch sehr gut reizbar. Die Muskeln sind etwas mehr contrahirt als normal, doch nicht so, dass man von einer Muskelsteifigkeit sprechen könnte.

Ganz anders verhält sich *Aulastomum*. Dieses Thier ist unerheblich alterirt, saugt sich mit beiden Saugnäpfen munter fest und bewegt sich spontan fort. Diese Beobachtung, welche wir öfter machten, zeigt uns wiederum ein Beispiel von Immunität gegen Atropin. Diese Thatsache ist um so bemerkenswerther, als der nahe Verwandte von *Aulastomum* *Hirudo* doch in erheblicher Weise von diesem Gifte afficirt wird. Ferner finden wir diese Immunität bei einem Thiere, das sich ausschliesslich von thierischen Säften nährt, während sie bisher hauptsächlich an Pflanzenfressern nachgewiesen wurde. Wie aus diesen Versuchen hervorgeht, stimmen unsere Resultate nicht ganz mit denen *Kruckenbergs* überein. Merkwürdigerweise beobachtete er bei seinem Versuchsthiere, das „stark contrahirt und vollkommen steif“ war, noch „selbstständige Bewegungen“, hingegen keine elektrische Erregbarkeit mehr. Wir konnten allerdings auch eine schwache Wirkung auf die Muskeln constatiren, sind aber der Ansicht, dass das Atropin bei *Hirudo officinalis* hauptsächlich auf das Nervensystem lähmend einwirkt.

14233





100

1399