

Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern

Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Bern

Band: - (1880)

Heft: 979-1003

Artikel: Beiträge zur vergleichenden Physiologie

Autor: Arnold, Carl

Kapitel: I: Zur Abhängigkeit der Organismen von Sauerstoff

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-318953>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 25.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

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*¹⁾ die wichtige Entdeckung, dass ausgeschnittene Froschmuskeln 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 komplizirtere Oxydationsprozesse in den Geweben annehmen, als wie man sie bis dahin vermutet hatte. Später nun gelang es *Pflüger*²⁾, 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

¹⁾ L. Hermann, Untersuchungen über den Stoffwechsel der Muskeln, Berlin 1867,

²⁾ E. Pflüger: Beiträge zur Lehre von der Respiration. Pflüger's Arch. f. d. gesamte 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 interessanter 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 Hæmoglobin 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*¹⁾ 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

¹⁾ 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*¹⁾ 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 modifiziren, 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 Dyspnœ auf. Hierauf werden die dem Athmungscentrum zunächst gelegenen Centren der Medulla oblongata gereizt.

¹⁾ M. Schultze: Zur Kenntniss der Leuchtorgane von *Lampris 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.¹⁾ 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 Dyspnœ und endlich die gewöhnliche Athmung ein.

Um nun diese Verhältnisse bei den Tracheaten nachzuweisen, benutzten wir folgende *Methode*. Vermittelst 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 Kautschuckschlauches mit dem Gasometer in Verbindung gebracht, während die andere unter Wasser gesetzt wurde. Nun liessen wir einen starken Wasserstoffstrom durch das

¹⁾ B. Luchsinger. 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 aufgeregzt. 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 scheintodt 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 scheintodt, 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. Als bald 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 Phænomen analogen Erscheinung zu thun. Beim Warmblüter ist diese merkwürdige klinische Thatsache einer ausführlichen Diskussion gewürdigte 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*¹⁾ 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 verschieden

¹⁾ 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 Atmung 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 Atmungscentren 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 scheintodt, 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 allmälig 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*¹⁾ 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.

¹⁾ 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'schen* 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 können 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 Athmungsczentrum 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 Athmungsczentrum 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 Athmungsczentrum ist die Erholung unter Dyspnoe schon längst bekannt. Für die muskulomotorischen und seccetorischen 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*¹⁾ an Libellenlarven den Sitz der Athmungsinnervation in das Abdominalmark verlegt, zeigte sich erst nachträglich eine historische Sünde meines Lehrers.

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

Zwar kämpfte *Baudelot*³⁾ 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.

¹⁾ Luchsinger : Arch. f. d. ges. Physiol., XXII., 1880.

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

³⁾ 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 scheintodten 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 Chlornatrium-lösung 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 Versuchstieren gelangt, zunächst durch einen Liter alkalischer Lösung von pyrogallussaurem Natron geleitet, hierauf folgt in der Leitung eine Flasche mit verdünnter Natronlauge zur Ahsorption 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 Versuchstiere 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 Versuchstiere 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 kontroliren.

Versuche. 1. *Versuch.* Am 15. August Abends wird mit dem oben beschriebenen Apparät 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 Glashöhre, 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 Phophoresciren 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 Zimmertemperatur 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 Zimmertemperatur beträgt 23° C. An verschiedenen Stellen werden zur Kontrole 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 scheidtrot. 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 Gefässcontraktionen 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 ersticket. 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 schwächeren Niederschlag als gestern. Abends wird der Versuchsraum sauerstofffrei gefunden.

Am 23. VIII. Vormittags sind die Rückengefäßcontraktionen 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 scheintodt 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 scheintodten 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 Lebensfähigkeit dieser Insekten.¹⁾

Es sei uns gestattet, an dieser Stelle zum Vergleiche einen von den berühmten *Pflüger'schen Versuchen* anzuführen.²⁾ 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 betrugen. Um 3 Uhr zeigten 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 atmen sie sehr schnell; dann hören sie ganz auf, beginnen 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-

¹⁾ Anmerkung. Dass mit dieser Ansicht bis jetzt noch nicht alle Forscher einverstanden waren, beweist folgende Aeusserung Kruckenberg's: « Obgleich die verschiedensten Insekten einen Sauerstoffmangel nur wenige Minuten ertragen, sehen wir die durch Curare scheintodt 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.

²⁾ Arch. f. d. gesammte Physiol., Bd. X., p. 316.

ging eine Stunde nach der andern; sie wanderten nach langerer 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 scheintodt. 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 weitern 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° C., hatten die Larven nie eine niedrigere, als 19° 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.¹⁾ 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 Organismen²⁾ im Jahre 1875 veröffentlicht wurden. *Pflüger* fasst das Leben der Gewebe als fortwährenden Dissoziationsprozess leicht zersetlicher Gewebe auf und kommt schliesslich zu folgender Hypothese: „Der Lebensprozess

¹⁾ Vergl. Regnault et Reiset, l. c.

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

ist die intramolekulare Wärme höchst zersetzbare und durch Dissociation — wesentlich unter Bildung von Kohlensäure, Wasser und amidartigen Körpern — sich zersetzen-der, 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*¹⁾ in übersichtlicher Weise dargestellt und durch neue Thatsachen bereichert wurde, so wagen wir es doch, einige Beobach-tungen 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 unter-stellter Oxydationsprozess betrachtet.

*Max Schultze*²⁾ hat eine ausserordentlich starke Ver-

¹⁾ 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.

²⁾ Max Schultze: Zur Kenntniss der Leuchtorgane von Lampyris splendidula. Arch. f. mik. Anat., Bd. I., pag. 125, und Sitzungsb. 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*¹⁾, 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 Melolonthenlarven angewendet hatten.

¹⁾ J. Macaire : Ueber die Phosphorescenz der Leuchtkäfer. Uebers. von Dr. G. Kunze 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 *Lampyris 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 *Lampyris 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 Elektricität noch längere Zeit fortdauerte 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 scheintodt. 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 weiteren 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 getötet 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 5 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 funktioniren.

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 Sauerstoff-überschuss.

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*¹⁾ 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

¹⁾ *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.¹⁾

Auch bei Wirbellosen kam *Bert* zu gleichen Resultaten. Er zeigt, dass diese Thiere in dem Masse schneller vom dichten Sauerstoff getötet 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 Mollusces 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 unsren 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*²⁾ 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.

¹⁾ P. Bert, l. c., p. 533.

²⁾ 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 getötet 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 Vertebraten.

I. Kohlensäure.

In reiner Kohlensäure erstickten 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*¹⁾ 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-

¹⁾ Gesammelte Beiträge zur Pathologie und Physiologie, I., 282, 332, 387, 452.