

## III.

U e h e r

*die Phänomene natürlicher Phosphore  
in atmosphärischer Luft, in Sauerstoff-  
gas und andern Gasarten,*

v o m

Bürger LAZARO SPALANZANI  
zu P a v i a. \*)

## §. 1.

Zu meinen bisherigen Beobachtungen und Untersuchungen über das Leuchten bediente ich mich bloß des Kunkelschen Phosphors. Wir wissen aber, daß es auch Phosphore von anderer Beschaffenheit giebt, theils solche, die es erst durch gewisse Umstände geworden sind, wie einige in Fäulniß begriffene Holzarten und Thiere, oder es schon von Natur sind, wie manche Fische, Würmer und Insecten. Die Beobachtung

\*) Chimico Effame degli Esperimenti del Sign. Göttling sopra la luce del fosforo di Kunkel osservata nel aria commune, ed in diversi fluidi aeriformi permanenti, nella qual occasione si esaminano altri fosfori posti dentro ai medesimi fluidi, e si cerca se la luce solare guasti il gaz ossigeno, del Cittadino Lazaro Spalanzani. In Modena 1796, 8. p. 119 etc.

verschiedener Phänomene des Kunkelschen Phosphors in permanent-elastischen Flüssigkeiten reizte meine Neugierde, einige Untersuchungen über die Phänomene jener andern Phosphore in denselben Flüssigkeiten anzustellen, und die Neuheit des Gegenstandes gab meinen Nachforschungen einen noch stärkern Sporn. Zuerst wählte ich solche Holzstückchen, die man im Sommer zuweilen des Nachts leuchten sieht, und in einigen Gegenden Italiens *Fuochi matti* nennt. Eins derselben wurde mir im August 1795 von Bauern auf den Bergen von Modena gezeigt, wo ich damals mich befand. Es war dies der Stumpf eines Kastanienbaums, der alle Vegetationskraft verloren hatte und sich im Zustande einer ziemlich starken Fäulniß befand. Durch das beträchtliche Verflüchtigen seiner materiellen Grundbestandtheile war er leicht, zart, zerreiblich und weißlich von Farbe geworden. Nachts glich er von weitem einem äußerst matten Feuer. Ich schnitt mehrere Späne davon ab, theilte diese in feine Blättchen und steckte einige davon zuerst in ein bloß mit atmosphärischer Luft gefülltes Eudiometer, um die Wirkung wahrzunehmen. Im Dunkeln leuchtete jedes Blättchen sehr gut; ebenso, wenn das Eudiometer voll Wasser war. Statt dessen reines Stickgas angewendet, bemerkte

man in 7 Minuten keinen Unterschied; dann aber wurde das Licht immer schwächer, und nach einer halben Stunde verschwand es völlig. Diese langsame Abnahme des Lichts glich der Flamme einer angezündeten Kerze, die in verschlossenem Raume allmählig verschwindet und kleiner wird.

### §. 2.

Der Phosphor, in kleine Blättchen getheilt und 3 Stunden in diesem Gas gelassen, blieb fortwährend dunkel. Man hob hierauf das Eudiometer aus dem Wasser, in welches es gestürzt war, und verstattete so der atmosphärischen Luft den Eintritt. In wenigen Minuten erhielt der Phosphor sein Licht wieder, doch matter als zuvor; seinen ursprünglichen Glanz aber bekam er erst völlig, als man das Eudiometer von neuem bloß mit atmosphärischer Luft füllte und die vorige Mischung völlig herausgelassen war.

### §. 3.

Ich bemerkte, daß sein Glanz in dem mit Sauerstoffgas gefüllten Eudiometer über alle Massen lebhaft war. (Ich hatte jenes Gas, in wohl verschlossenen krySTALLenen Flaschen, nebst einem Eudiometer, mit auf die Berge genommen.)

## §. 4.

Ich stellte nun neue Versuche folgendergestalt an: Neben jene leuchtenden Späne legte ich Kunkelfchen Phosphor ins Eudiometer. Da dieses bloß atmosphärische Luft enthielt, leuchteten sie sogleich, welches auch beim Phosphor erfolgte, Sein Licht dauerte wie gewöhnlich bis zur Zersetzung der Luft von 20 Gr. Sauerstoffgas, während das der Späne, langsam abnehmend, bei 16 Gr. völlig aufhörte. Nun hob ich das Eudiometer aus dem Wasser, worauf die fehlenden 20 Gr. Sauerstoffgas alsbald durch atmosphärische Luft ersetzt wurden, und sogleich erhielten auch die Späne ihren Glanz wieder.

## §. 5.

Das halbfäule Kastanienholz behielt seinen phosphorischen Charakter nur 2 Tage. Ein dergleichen Stück von der Wurzel einer Buche, das man mir in der Folge brachte, behielt sie 3 Tage hindurch. Hieraus erkannte ich, daß die Eigenschaft, zu leuchten, nur auf eine gewisse Zeit beschränkt sey, die ohne Zweifel von dem Grade der Fäulniß abhängt, worin sich jene ihrer organischen Kraft beraubten Substanzen befanden. Es wäre überflüssig, auch die Resultate anzugeben, die dieser zweite, bald in reines Sauerstoffgas oder

Stickgas, bald in die mit diesen Gasarten vermischte atmosphärische Luft getauchte Phosphor lieferte, da sie durchaus nicht wesentlich von den beim ersten bemerkten abwichen.

### §. 6.

An dem Orte, wo ich diese Experimente machte, konnte ich mir aus Sümpfen Wasserstoffgas verschaffen, und in diesem stellte ich fernere Versuche mit meinen beiden phosphorischen Holzarten an; doch verhielten sie sich wie im Stickgas: das Licht war nämlich von kurzer Dauer. Hob ich das Eudiometer gerade aus dem Wasser und ließ die atmosphärische Luft hineintreten, so erneuerte sich der Glanz nicht, oder gleichah dies, so blieb er äußerst matt. Der Grund davon ist sehr klar. Obgleich nämlich das Wasserstoffgas, mit Stickgas vermischt, schwerer wird, als es zuvor rein war, so blieb es doch fortwährend leichter als atmosphärische Luft. Trat es nun unter dem Eudiometer auch in Berührung mit atmosphärischer Luft, so ging diese nur eine geringe oder fast gar keine Mischung damit ein, und daher blieb auch der Phosphor ganz oder größtentheils dunkel. Drehte ich aber das Eudiometer herum, statt es gerade aus dem Wasser zu ziehen, so kam das Wasserstoffgas unten, und

wurde jetzt von der schwerern atmosphärischen Luft heraufgetrieben und verdrängt: daher die Erneuerung des Lichts.

§. 7.

An diese Beobachtungen über die phosphorartigen Hölzer reihen sich einige wenige andere, die ich im folgenden September in Venedig mit dem *Tintennurme*, (*Sepia officinalis*,) anstellte. Lebendig leuchtet er nicht, sondern bloß im wirklichen Zustande der Fäulniß. Ich konnte zwar nur Einen untersuchen, doch geschah dies im Zeitpunkte seines stärksten Phosphorescirens. Ich legte einige Stückchen desselben unter das Eudiometer, und bemerkte: 1. daß ihr Licht in atmosphärischer Luft und in Seewasser gleich hell war; 2. daß es im Stickgas völlig verschwand; 3. daß der Glanz einigermaßen zurückkehrte, wenn man dieses Gas mit atmosphärischer Luft vermischte; 4. daß das Licht doppelt so stark im Sauerstoffgas als in atmosphärischer Luft funkelte. . . .

Wie sehr stimmen alle diese Beobachtungen mit denen überein, die oben vom phosphorischen Holze erzählt wurden!

§. 8.

Ich hätte gewünscht, mit der Untersuchung dieses todten phosphorischen Thieres ebenfalls

die der lebenden, die Gewässer bewohnenden, Geschöpfe, wie der *Pennatula* und der *phosphorischen Medusen* unter andern, verbinden zu können; doch mußte ich diesen Wunsch bis auf fernere Streifzüge in beiden Meeren verschieben, da jene zwei Arten wohl im mittelländischen, nicht aber im Adriatischen Meere gesicht werden.

Um jedoch in der Zeit, die ich hierauf fern vom Meere zubrachte, meine Versuche über Thiere phosphorischer Natur fortzusetzen, richtete ich meine Aufmerksamkeit auf die *Johanniswürmchen* (*Lucciole terrestri*), da ich sie wegen der großen Menge, die man in den ebenen Gegenden Italiens gegen das Ende des Frühlings von ihnen antrifft, nach Gefallen untersuchen konnte. Es giebt deren zwei Arten: eine ungeflügelte, die an der Erde fortläuft; die andere beflügelt, die sich bei einbrechender Nacht zu erheben anfängt. Erstere nennt man gewöhnlich *Luccioloni*, letztere *Lucciole*.

#### §. 9.

Einige kurze vorangeschickte Notizen über das Leuchten beider Insectenarten werden das Verständniß der folgenden von ihnen zu erzählenden Dinge erleichtern. Im Mai zeigen sich die *kriechenden Johanniswürmchen*, *Luccioloni*, (ich werde diesen Namen beibehalten,) zuerst Nachts,

entweder im Laube oder Rasen, oder unterhalb an Mauern, welche Höhlungen haben, in die sie sich den Tag über verstecken. Ihr Glanz macht sie schon von weitem sichtbar, und giebt auch die Richtung an, die man nehmen muß, ihrer habhaft zu werden. Dieser Glanz ist nicht wie bei den *fliegenden* Johanniskwürmchen, (Luciole,) unterbrochen und aussetzend, sondern fortwährend und bleibend; doch nur so lange sie in Freiheit sind. Gefangen besitzen sie die Kunst, diesen Glanz zum Theil oder völlig zu verbergen. Eben so ziehen sie ihn ein, wenn man sich ihnen nähert, als merken sie gleichsam die Falle, die man ihnen stellt. Dieses Licht ist in den vorletzten Ring des Bauches eingeschlossen, der ins Weiße spielt, da die andern schwarz sind.

Drückt man im Dunkeln den Bauch leicht zwischen Zeigefinger und Daumen, und hält das Hintertheil desselben fest, so vergehen etwa 10 Minuten, in welchen das Insect völlig dunkel bleibt. Dann wird es plötzlich wieder im vorletzten Ringe, den man auch Nachts deutlich von den übrigen unterscheidet, hell, und glänzt mit blaßbläulichem Lichte. Hierauf verdunkelt es sich abermals, und diese Lichtabwechslungen erfolgen der Zeit nach ganz unregelmäßig. Eben das geschieht, wenn man es irgend worauf laufen läßt;



einmal gefangen zeigt das Thierchen selten ununterbrochen sein voriges Licht. Gleichwohl giebt es ein Mittel, dies, obſchon in weit ſchwächerem Grade, zu bewerkſtelligen: Man öffnet nämlich mit der Spitze einer Schere den Ring, von dem das Licht ausfließt, und läßt die darin verſchloſſene thieriſche Subſtanz heraustreten, die ins Weiße ſpielt, geringe leuchtet, und in dieſem Zuſtande, auch vom Körper getrennt, einige Zeit verharret.

#### §. 10.

Ich brachte eines der Luccioloni, das in atmosphäriſcher Luft in meiner Hand unterbrochen geleuchtet hatte, aus dieſer Luft unter das Eudiometer aufs Waſſer. Es fuhr fort, abſatzweiſe zu glänzen; alle Helligkeit aber verlor ſich im Stickgas. Sie wurde durch Reſtitution von atmosphäriſcher Luft wiederhergeſtellt und durch Sauerſtoſſgas verſtärkt. Zwei andere Gasarten, kohlenſaures und Waſſerſtoſſgas, verlöſchten wie Stickgas den Glanz. Holte ich mit einem Meſſer den leuchtenden Antheil des Thiers heraus, ſo wurde er bei der Berührung von Stickgas, Waſſerſtoſſgas und kohlenſaurem Gas, die ich einzeln unter das Eudiometer treten ließ, dunkel, und durch das Sauerſtoſſgas wieder ſehr funkelnd.

Hierbei darf aber folgende Betrachtung nicht aus der Acht gelassen werden. Wenn gleich oben genannte mephitische Gasarten nicht plötzlich den Tod der Würmchen verursachen, so versetzen sie sie doch in einen todtähnlichen Zustand. Und wirklich, wenn sie sich zuvor auch munter unter dem Eudiometer bewegten, so werden sie sogleich nach dem Eintritte jener Gasarten unter dasselbe starr. Das Sauerstoffgas im Gegentheil macht sie lebhafter als gewöhnlich. Diese entgegengesetzten Wirkungen zeigen sich bei mehrern lebenden Geschöpfen. Man könnte daher auf die Vermuthung gerathen, das Verlöschten des Lichts im erstern Falle sey eine Folge des todtähnlichen Zustandes, so wie die Vermehrung desselben von der erhöhten Lebhaftigkeit des Insects durch das Einathmen von Sauerstoffgas herrühre. Doch sieht man die Unstatthaftigkeit dieses Zweifels leicht ein, wenn man auf den vom Thiere gerrennten leuchtenden Antheil Rücksicht nimmt, der im Sauerstoffgas hell, bei der Berührung der mephitischen Gasarten aber trübe schimmert. Das Verdunkeln und Erhöhen des Glanzes dieser Geschöpfe ist also unmittelbare Wirkung jener Gasarten.

## §. 12.

Mit den Luccioloni zugleich zeigen sich auch die Lucciole, (die fliegenden Johanniskwürmchen,) doch pflegt ihre Erscheinung die Dauer eines Monats nicht zu übertreffen, da erstere doch sich bis Ende Octobers sehen lassen. Am höchsten steigt ihre Zahl in einem Zeitraume von 14 Tagen ungefähr; alsdann gleichen sie im Fliegen bei Nacht einem Ameisenhaufen kleiner Flämmchen, die in abwechselnder Bewegung glänzen. Wiesen, Laub und Saarfelder sind ihr liebster Aufenthalt. Nach der Meinung einiger Naturforscher sind die Lucciole die Männchen, die Luccioloni aber die Weibchen; jene folgen dem Lichte dieser, um sie aufzufinden und sich mit ihnen zu begatten. Sie führen Beispiele von Luccioloni an, die man des Nachts auf der Hand gehalten, und zu denen sich fliegende Lucciole einfanden, die sich mit ihnen vereinigten. Ich widerstreite einer begründeten Thatsache nicht; nur will ich anmerken, daß, da das Völkchen der Lucciole unendlich zahlreicher ist als das der Luccioloni, indem man von jenen oft mehrere Tausende gegen eine, zwei oder wohl gar keine von diesen in einem kleinen Raume findet, jeder eingestehen wird, daß entweder zahllose Lucciole unbefriedigt bleiben, oder daß eine Lucciolone unendlich

vielen Männchen dienen müsse, wie man es von der Bienenkönigin glaube.

§. 13.

Eine ins Genaue gehende Beschreibung dieses Insects wäre hier am unrechten Orte; doch hiesse es unvollständig seyn, wenn ich nicht wenigstens einen Abriss jener Theile hinwerfen wollte, die unmittelbaren Bezug auf die gegenwärtigen Untersuchungen haben. Wir wissen, daß das Licht der Thierchen nicht im ganzen Körper verbreitet ist, sondern sich bloß über die beiden letzten Bauchringe erstreckt, die ich der Kürze halber den *leuchtenden Bauch* nennen will. Dieser Bauch ist mit einem zarten, feinen, durchsichtigen Häutchen bedeckt, das eine weiße, klebrige, weiche Materie einschließt, die man den *Behälter des Lichts* nennen könnte. Daher scheint der *leuchtende Bauch* auch weiß gegen die andern schwärzlichen Ringe; er macht ein starkes Viertel der Lucciola aus, die gewöhnlich vier Linien lang und eine breit zu seyn pflegt. Wenn man eine mit dem Rücken auf einer Fläche befestigte Lucciola microscopisch untersucht, so erscheint zwar die ganze Haut glänzend, doch bemerkt man einige vorzüglich helle Punkte, welche auf die Vermuthung leiten, daß ungewein feine Löcherchen auf dieser Haut den

Durchgang des darunter liegenden Lichts erleichtern. Dies bestätigt auch die Erfahrung. Denn wenn man diese leuchtende Haut vom Bauche fein ablöst und dem Tageslichte aussetzt, so findet man sie ganz mit höchst kleinen Oeffnungen durchbohrt, beinahe wie die Schale eines gegen die Sonne gehaltenen Eies. Diese Löcherchen sind also eben so viele enge Durchgänge, die der Luft den Eintritt in den leuchtenden Bauch verstatten. Trotz aller meiner Bemühungen aber gelang es mir dennoch nicht, die Organe, deren die Lucciole sich zum Athmen bedienen, oder doch ihre äußern Luftröhren aufzufinden. Wenn ich sie hingegen unter Wasser tauchte und mit einem Federchen darüber wegfuhr, um die anhängende atmosphärische Luft fortzubringen, so bemerkte ich viele Bläschen, die, wie ich deutlich sah, aus ihrem Innern hervorgingen, besonders beim Stechen und Beunruhigen ihres Körpers. Vorzüglich stieg die Luft aus dem gleichfalls unter Wasser sich befindenden Bauche wie Ströme von Bläschen auf, als ob sie mit Zangenspitzen aus dem Innern gezogen würden. Verdunnt man die weiße und klebrige Substanz, woraus der Bauch besteht, ein wenig mit Wasser, und betrachtet sie durch eine scharfe Linse so wird man gewahr, daß sie aus einer ungeheuern Menge

weisser und halbdurchsichtiger, etwas länglicher Kügelchen von verschiedener Grösse und aus einer grossen Anzahl unregelmässiger Theilchen gebildet ist, welche letztere ich für ein Gebröckel zerquetschter Kügelchen hielt. Merkwürdig ist es, daß die Kügelchen, welche, zu einem Ganzen verbunden, leuchten, an Licht abnehmen, sobald man sie vereinzelt, und es gänzlich verlieren, wenn man sie vollkommen trennt.

#### §. 14.

Jetzt ist es nöthig, von den verschiedenen Lichterscheinungen zu reden, die man bei diesen kleinen Thierchen wahrnimmt, wenn man sie sowohl in atmosphärischer Luft als auch in andern Gasarten beobachtet, und dann endlich zu suchen, das Interessanteste, was ich bei diesen animalischen und vegeabilischen Phosphoren wahrnahm, zu erklären, ohne jedoch bei diesen Erklärungen von der festen und deutlichen Theorie der neuern Chemie abzuweichen.

Sieht man die Johanniskwürmchen im Dunkel der Nacht in der Luft herumschwärmen, so zeigen sie einige Augenblicke einen lebhaften Glanz, während dessen sie in andern ganz unscheinbar sind; und diese Abwechselung von Licht und Finsterniß findet fortwährend statt. Betrachtet

man sie aber in der Nähe in einem kleinen finstern Zimmer, so entdeckt man, daß ihre Dunkelheit nicht absolut ist, sondern bloß in einem schwächern Lichte besteht, das sich, von ferne gesehen, verliert.

Halten wir daher ein Johanniswürmchen in der Hand, so bemerken wir im leuchtenden Bauche eine zitternde Bewegung, (*Movimento di vibrazione*,) die sich bald verstärkt und den Glanz verdoppelt, bald aufhört und ihn beträchtlich schwächt. Die *Luccioloni* senden ihr Licht aus, wenn es ihnen gefällt; nicht so die *Lucciole*: wahr aber ist, daß die zitternde Bewegung in letztern, und mithin auch das Funkeln des Lichts, aufhört, wenn man sie eine Zeit lang betastet; nichts desto weniger aber bleibt doch eine ziemliche Helligkeit.

### §. 15.

Die überflüssige Menge der fliegenden Johanniswürmchen und ihr beharrliches Leuchten verstateten mir, über sie eine Zahl von Versuchen anzustellen, die die Seltenheit der kriechenden Johanniswürmchen und das Unbeständige ihres Lichts mir nicht vergönnten. Fängt man sie und verwahrt sie frisch in einer Schachtel und andern Behältnissen, so behalten sie nicht allein einiges Licht bis zu ihrem Tode, sondern auch noch

nach demselben, so lange der leuchtende Körper im Geringsten weich ist.

Selbst aufgetrocknet fängt er nicht selten wieder an zu leuchten, wenn man ihn im Wasser erweicht. Nie aber ist kurz vor dem Tode und nach demselben das Licht von so intensiver Stärke, als wenn die fliegenden Johanniswürmchen in voller Kraft sind.

#### §. 16.

Einen Unterschied aber macht es, ob das Aufdörren des leuchtenden Bauchs langsam und bei einer gelinden Temperatur, wie zwischen 15 bis 20 Grad, oder durch eine jähe Hitze erfolgt, wie wenn man die Lucciole der Sonne in einer Temperatur von 35 oder 40 Grad aussetzt; denn im letztern Falle sind wenige Stunden nicht allein hinreichend, den leuchtenden Bauch völlig auszudörren, sondern ihn auch zum fernern Leuchten unfähig zu machen, selbst wenn man ihm auch durch Wasser die vorige Weichheit wiedergäbe. Dasselbe bewirkt bis zu 60 Grad erhitztes Wasser, in welches man die leuchtenden Bäuche wenig Minuten stellt. Man muß also annehmen, daß die zu große Wärme entweder den Zusammenhang unter den kleinsten Grundmassen des leuchtenden Bauches aufhebt, oder sie wenigstens



nigstens dergestalt desorganisirt, daß sie unfähig werden, Licht hervorzubringen.

### §. 17.

Wenn schon die zitternde Bewegung für das Licht, von dem wir bis jetzt sprachen, nicht wesentlich ist, so bleibt doch ausgemacht, daß sie geschickt ist, es zu vermehren und auch in manchen Fällen zu erregen, sollte es auch bereits verloschen seyn. Bei der zitternden Bewegung des leuchtenden Bauches haben wir dies schon zum Theil gesehen; so oft sie anfängt, vermehrt sie den Glanz beträchtlich. (§. 14.) Ein Gleiches bewirkt man bei diesen Thierchen durch natürliche oder künstlich hervorgebrachte Bewegungen. Man habe z. B. einige erst gestorbene oder sterbende Lucciole auf einem Papiere vor sich, die mehr oder weniger leuchten. Besieht man sie durch eine Linse, so bemerkt man oft, daß der Körper derjenigen, in denen das stärkste Licht vorhanden ist, unaufhörlich in den kleinsten Theilen durch ein schnelles Zittern erschüttert wird, und daß, so lange dies währt, das Licht durchaus nicht von seiner Lebhaftigkeit verliert. Hat eine Lucciola ganz zu leuchten aufgehört, oder thut es nur schwach, behält aber im leuchtenden Bauche noch einige Weichheit,

(*Tenerezza*;) so erneuert oder verdoppelt sich das Licht wieder, wenn man leicht mit einer Nadel in den Leib sticht. Vorzüglich aber glänzt der leuchtende Bauch, wenn man ihn mit einer Nadel oder einem andern feinen Körper berührt. Eine kleine Feuersbrunst scheint aus dem berührten Theile hervorzubrechen, die, wenn schon von kurzer Dauer, sich bei jedem wiederholten Reitze erneuert.

#### §. 18.

Die meisten der bis jetzt erzählten Phänomene bemerkt man nicht allein am leuchtenden Bauche, so lange er mit dem Körper der *Lucciola* ein Ganzes bildet, sondern auch, wenn man ihn davon abreißt. Er fährt alsdann fort, zu leuchten, so lange er weich ist; sein Glanz wird vermehrt, wenn man ihn reizt, und er erhält ihn wieder, wenn er nach dem Aufrocknen abermals erweicht wird. Dasselbe beobachtet man bei den kleinsten Stückchen des leuchtenden Bauches, doch mit dem Unterschiede, daß diese leicht zu leuchten aufhören, da sie schnell trocknen. Nimmt man sich die Mühe, sie immer feucht zu erhalten, so dauert ihr Licht sehr lange.

#### §. 19.

Die bis jetzt erwähnten Versuche wurden bei einer milden Temperatur, d. h. zwischen 17 und

21°, angestellt, in welcher man diese Thierchen auch in unsern Gegenden umher schwärmen sieht. Es schien mir nun auch interessant und wichtig, sie in einer kalten Temperatur zu unternehmen, um hierdurch den Ursprung jenes Lichts zu erforschen, so wie es aus den sogleich folgenden Betrachtungen erhellen wird. Ich mußte meine Zuflucht zur künstlichen Kälte nehmen, die ich aber durch Schnee leicht zuwege brachte. Ich umgab damit eine Röhre, auf deren Boden einige lebendige Johanniskwürmchen lagen, und in diese Röhre befestigte ich ein Thermometer, das mir die abnehmende Temperatur, der ich sie aussetzte, anzeigte. Durch die Mündung der Röhre konnte ich ihr Leuchten sehen. Von 20° der Temperatur sank das Thermometer bis zum Eis-puncte, ohne daß sich das Licht verminderte. Die Johanniskwürmchen wurden bei dieser Kälte bloß unbeweglich und starr, wie alle Insecten in solchen Umständen. Durch Kochsalz sank das Thermometer bei vermehrter Kälte bis auf 4 Grad,\*) und das Licht blieb sich immer gleich; aber beim 5ten Grade fing es an zu verlöschen, und beim 7ten Grade hatte es sich ganz verloren. Auffallend war es, daß der leuchtende Bauch und

\*) Anmerk. Ohne Zweifel sind Grade unter 0 zu verstehen.  
G.

der übrige Körper, selbst schon unter der Röhre hervorgenommen, noch immer von Frost verhärter schienen; doch wurden sie in einer warmen Temperatur schnell wieder in den Zustand ihrer natürlichen Weichheit hergestellt, und erschienen leuchtend, ob sie gleich nicht ins Leben zurückkehrten. Abermals unter die Röhre gebracht, verdunkelte sich ihr Licht wieder beim 5ten Grade, und verschwand beim 7ten völlig. Dasselbe ereignete sich bei noch zweimal gemachtem Versuche, wobei der leuchtende Bauch eben so oft sich wieder verhärtete; und hieraus erheller, daß eine um 24 Grad geringere Temperatur, als die, worin die Johanniswürmchen in der Luft herumflogen, sie nicht am Leuchten verhinderte: und es läßt sich annehmen, daß eben dies auch bei einer stärkern Kälte statt finde, wenn dadurch nicht dem leuchtenden Bauche die Weichheit geraubt würde, die der Hervorbringung des Lichts so unentbehrlich ist.

#### §. 20.

Jetzt muß ich noch anführen, was ich bei den Johanniswürmchen bemerkte, wenn ich sie in verschiedenen Gasarten, wie in dem kohlenfauren Gas, im Stickgas, im Wasser- und Sauerstoffgas, bald rein, bald mit atmosphärischer Luft vermischt, untersuchte. Ich richtete es so ein, daß

bei jedem Versuche an funfzehn Johanniswürmchen in einer Reihe in den horizontalen Arm meines Eudiometers \*) gelegt wurden, so daß mir die überflüssige Zahl mehr Bequemlichkeit beim Beobachten der Wirkungen verschaffte. Sie wurden zuerst in kohlenfaures Gas gebracht, wo es auffallend war, daß sie, so glänzend sie sich vorher zeigten, augenblicklich unscheinbar wurden.  $\frac{1}{30}$  dieses Gas füllten das Eudiometer. Ich ließ alsbald auch  $\frac{1}{30}$  atmosphärische Luft unterm dasselbe treten, und in kurzem veränderte sich die Scene. Das verloschne Licht erholte sich zuerst wieder in den Insecten, die vorn an im Arme des Eudiometers lagen; später in denen weiter hinauf; und zuletzt in denen, die das äußerste Ende einnahmen. Dies zu erklären, ist nicht schwer. Die atmosphärische Luft, die um vieles leichter ist als das kohlenfaure Gas, stieg nach und nach in den obern Theil des Eudiometers, nöthigte dieses, den verticalen Arm herabzusinken, und gab nach Verhältniß seines Aufsteigens den Thieren das geraubte Licht wieder.

#### §. 21.

Stickgas und Wasserstoffgas einzeln angewendet, wirkten auf das Licht unsrer Insecten lang-

\*) Anmerk. Die Beschreibung desselben werden wir künftig mittheilen. G.

famer als das kohlenſäure Gas, indem hier das Licht nicht auf einmal, ſondern allmählig ſchwand. Es erholte ſich wieder und hielt ſich, obgleich matt, wenn man beiden Gasarten eine Portion atmöſphäriſche Luft zumiſchte.

### §. 22.

Nun blieb das Sauerſtoffgas zu verſuchen übrig. Durch die bisher erzählten Thatſachen ſchien es ſaſt ausgemacht daß es dem Leuchten zuträglicher ſeyn mußte als atmöſphäriſche Luft. Um mich deſſen jedoch zu verſichern, hielt ich es für nöthig, eine Vergleichung zwiſchen den Lichtgraden anzustellen, welche Sauerſtoffgas und atmöſphäriſche Luft hervorbringen. Zu dem Ende bediente ich mich zweier Eudiometer zu gleicher Zeit, und bemerkte, daß die Intensität des Lichts im Sauerſtoffgas wenigſtens doppelt ſo ſtark ſey als in der Luft. Auch die Dauer der zitternden Bewegung des leuchtenden Bauches, wodurch das Licht an Lebhaftigkeit gewinnt, war im erſtern anhaltender. (§. 14.) Ich war auch aufmerkſam, ob bei dieſem ſtärkern Lichte eine Verminderung des Sauerſtoffgas vorginge, und bemerkte wirklich eine, obgleich geringe, indem das Waſſer im Eudiometer um  $\frac{1}{4}$  Grad ſtieg, welches bei atmöſphäriſcher Luft nicht geſchah.

## §. 23.

Als ich die Johanniskwürmchen in Sauerstoffgas legte, waren sie starr von Kälte und leuchteten dennoch lebhaft. Ich wiederholte den Versuch mit 15 andern halbtodten, wenig glänzenden Thieren, die ich ins Gas brachte. Der Glanz vermehrte sich, ohne daß jedoch eine merkliche Verminderung des Gas vorging. Ich unternahm nun ein neues Experiment, dessen Wichtigkeit erst in der Folge einleuchten wird, indem ich 50 Bäuche von eben so vielen muntern lebenden Johanniskwürmchen unter ein mit Sauerstoffgas gefülltes Eudiometer legte. Der ganze horizontale Arm wurde und blieb  $\frac{3}{4}$  Stunden lang beträchtlich heller als zuvor, und das Wasser stieg während dieser Zeit bis zu  $1\frac{1}{2}$  Grad, welche das Maas des verzehrten Sauerstoffgas angaben.

## §. 24.

Eine andere ebenfalls interessante Erfahrung war die, das Licht der Johanniskwürmchen im Sauerstoffgas bei einer niedrigen Temperatur zu beobachten, wie ich es bereits mit der atmosphärischen Luft versucht hatte. (§. 19.) Hier mußte ich aber zu andern Kunstgriffen meine Zuflucht nehmen. Ich steckte durch den Boden einer sauber durchbohrten Röhre den längern Theil der

Röhre eines Thermometers, und goß hierauf die Oeffnung mit Siegelack zu, um das Eindringen der äußern Luft abzuhalten. Die Kugel des Thermometers ruhte auf einer innerhalb der Röhre befestigten kleinen hölzernen Unterlage, worauf 15 Johanniswürmchen aufgeleimt waren, damit sie nicht herunterfielen, wenn ich beim Hineintreten des Sauerstoffgas die Röhre mit Wasser füllte. Sobald das Gas durch den pneumatischen Wasserapparat hinaufgestiegen war, tauchte ich die Mündung der Röhre in ein Gefäß mit Wasser, und stellte dieses auf einen Tisch. Nun fing ich an die Röhre mit Schnee zu umgeben, während ich an dem obern Theile derselben beobachtete, was sich mit dem Lichte der Johanniswürmchen zutrug. Bis zum 5ten Gr. blieb es sehr lebhaft, beim 4ten fing es an schwächer zu werden, und beim Gefrierpuncte verlösch es ganz. Statt des Sauerstoffgas atmosphärische Luft in die Röhre gelassen, erfolgte das schon oben Erzählte; d. h., das Licht erhielt sich etwa bis zum 4ten Gr. unter dem Gefrierpuncte, und ging beim 7ten aus, wie ich sah, wenn ich Kochsalz zum Schnee mischte. (§. 19.) Das Licht verschwand also im Sauerstoffgas in einer um 7 Gr. weniger kalten Temperatur als in atmosphärischer Luft.



## §. 25.

Ein Versuch über die ins Wasser getauchten Johannismwürmchen schloß die ganze Reihe derselben. Ich hatte gesehen, daß sie in den Eudiometern zu glänzen fortführen, wenn diese mit Wasser gefüllt waren, ehe ich atmosphärische Luft oder Gasarten hineinließ. Dennoch suchte ich genauere Kenntnisse hiervon zu erlangen, indem ich sie in einem Uhrglase voll Wasser bequemer betrachtete. Da sie aber leichter als Wasser sind, so zwang ich sie durch einen dünnen Ueberzug von Leim, auf dem Grunde zu bleiben. Das Licht litt dadurch nicht im allergeringsten, die Johannismwürmchen mochten ganz hineingetaucht seyn oder bloß ihre leuchtenden Bäuche oder Theile derselben. Wie in der Luft erwachte auch durch Hineinstecken das verloschene Licht wieder.

## §. 26.

Wenn wir nun aus einem allgemeinen Gesichtspuncte die Eigenschaften des Lichts bei den erwähnten Phosphoren, als: einigen Holzarten, faulenden Thierchen, den kriechenden und fliegenden Johannismwürmchen, betrachten, und mit einigen über den Kunkelschen Phosphor vergleichen; so finden wir zwischen ihnen die strengste Analogie. Der Kunkelsche Phosphor leuchtet im

Sauerstoffgas lebhaft, weniger in atmosphärischer Luft, und gar nicht in den mephitischen Gasarten, dem Stickgas, dem Wasserstoffgas und kohlenfauren Gas, wenn sie rein sind, und nur mit einem flüchtigen Lichte, wenn man sie mit atmosphärischer Luft vermischt. Ein Gleiches ist in den erstern Phosphoren bemerkt worden. Diese Identität der Wirkungen leitet uns auch, gleiche Identität der Ursachen zu vermuthen. Nun ist es erwiesen, daß das Licht jenes Phosphors durch Verbindung des Sauerstoffgas der Atmosphäre mit der Substanz des Phosphors erzeugt wird; diese Verbindung aber ist ein wahres Verbrennen: man müßte also annehmen, daß aus derselben Grundursache auch das Leuchten jener andern Phosphorarten herstamme. Die Untersuchung ihrer Natur wird meine Gedanken in ein helleres Licht setzen. Ich fange bei den phosphorischen Holzarten an.

#### §. 27.

Die neuere Chemie zeigt, daß Wasserstoff und Kohlenstoff ganz einfache Substanzen sind, welche die vorzüglichsten Bestandtheile der Vegetabilien ausmachen. Durch das Faulen, oder richtiger, durch die faulende Gährung, gerathen Wasserstoff und Kohlenstoff derselben leichter in Berührung mit dem Sauerstoffe der Atmosphäre,

welche Verbindung ein langfames Verbrennen verursacht. Nun müssen jene Holzarten leuchten, was sie in der Sphäre der mephitischen Gasarten aus Mangel an Sauerstoff nicht können. Eben dies gilt von einigen Thieren, die zur faulenden Gährung übergehen, wenn die belebende Kraft in ihnen zu wirken aufhört; denn auch sie bestehen, nebst andern einfachen Grundsubstanzen, aus Wasser- und Kohlenstoff. Daß aber nicht jedes Holz, nicht jedes faulende Thier phosphorisch wird, rührt vielleicht daher, weil sich nicht aus ihnen zu gleicher Zeit eine so große Menge Wasser- und Kohlenstoff entwickelt, als erforderlich ist, uns das Leuchten bemerkbar zu machen.

#### §. 28.

Nach denselben Grundsätzen, obgleich auf andere Art, läßt sich die Erklärung des Lichts der Johanniswürmchen, und eben so der kriechenden Art derselben geben. Das Athmen der Thiere ist, chemisch betrachtet, bloß ein langfames Verbrennen in den Lungengefäßen, vermittelt des Sauerstoffgas der atmosphärischen Luft, das darin mit dem Kohlen- und Wasserstoffe des Bluts zusammentritt. Eben so ausgemacht ist es durch neuere Versuche, \*) daß die Insecten

\*) Man sehe Journal der Phys., B. VII, S. 453. G.

selbst das atmosphärische Sauerstoffgas in sich nehmen, und folglich findet hier eine wahre Verbrennung statt. Die Respirationsgefäße der Johanniswürmchen oder die gewöhnlich an den Seiten der Insecten liegenden Luftröhren aufzufinden, ist mir bei ihnen nicht geglückt. Dennoch habe ich gesehen, daß ihr Bauch mit vielen kleinen Löcherchen versehen sey, die der Luft den Eintritt verstatten, und daß das Innere dieses Bauchs ebenfalls reichlich Luft enthalte. (§. 13.) Es ist also klar, daß die Luft häufig hineindringe; und daher erzeugt die Berührung des Sauerstoffs mit den beiden verbrennlichen Substanzen der in den Gefäßen des leuchtenden Bauchs vorhandenen Flüssigkeiten, nämlich mit dem Kohlen- und Wasserstoffe, eine Entzündung, die wegen der Durchsichtigkeit des den Bauch umschließenden Häutchens von außen her sichtbar wird.

#### §. 29.

Einen evidenten Beweis dieses Verbrennens, oder der Verbindung des atmosphärischen Sauerstoffgas mit den beiden benannten verbrennlichen Substanzen, \*) giebt die merkliche Zersetzung des

\*) Der Verfasser übersieht bei der bisher gegebenen Erklärung den Phosphor selbst als Bestandtheil organischer Substanz, dessen Antheil an

Sauerstoffs, wenn bloß mit ihm das Eudiometer angefüllt wird, worin die Johanniskwürmchen sich befinden. (§. 22.) Bei größerer Anzahl der leuchtenden Bäume ist sie noch merklicher. (§. 23.) Das stärkere Verbrennen verursacht ein stärkeres Licht. Dies nimmt man auch beim reinen Sauerstoffgas, mit der atmosphärischen Luft verglichen, wahr. (§. 22.) Fehlt das Sauerstoffgas oder ist es nur in geringer Menge vorhanden, so verschwindet das Licht entweder völlig, oder ist nur sehr schwach, wie wir an den Johanniskwürmchen sehen, die man in kohlenfaures Gas, Stickgas und Wasserstoffgas, bald rein, bald mit einem Theil atmosphärischer Luft vermisch, einschließt. (§. 20, 21.)

### §. 30.

Vermöge unsrer Theorie erklärt man auch leicht die übrigen Phänomene des Lichts bei jenen Thierchen.

1. Warum sie im Sauerstoffgas bei einer höhern Temperatur zu leuchten aufhören, als in atmosphärischer Luft? (§. 19, 24.)

Dieses Phänomen stimmt mit dem des Kunkelchen Phosphors überein, der im Sauerstoffgas

dem Leuchten natürlicher Phosphorens gewiss größer ist, als der des Kohlen- und Wasserstoffs.

G.

meistens erst bei einer Temperatur von 22 Graden zu leuchten anfängt, da er dies in gemeiner Luft bereits beim 6ten Gr. thut. Der Grund in beiden Fällen, (beim Phosphor und den Insecten,) ist derselbe und stützt sich auf die Natur des Sauerstoffgas, dessen Basis, wenn es rein ist, eine milde Temperatur erfordert, um mit dem verbrennlichen Körper zusammenzutreten, im Gegentheil sich aber schon bei einer niedrigeren mit Stickgas verbindet.

2. Warum die zitternde Bewegung, so wie jede, sowohl natürliche als künstlich erregte, Bewegung überhaupt, den Glanz des leuchtenden Bauches vermehre. (§. 14 )

Weil alsdann die Flüssigkeiten desselben durch die beschleunigte Bewegung dem atmosphärischen Sauerstoff mehr Kohlen- und Wasserstoff zuführen; auf dieselbe Art, wie bei den vierfüßigen Thieren, den Vögeln und bei uns das Athmen oder das Verbrennen jener beiden Substanzen stärker ist, wenn das Blut durch irgend eine innere oder äußere Bewegung mehr aufgeregt wird.

3. Warum die vom ganzen Körper getrennten leuchtenden Bäuche einige Zeit zu glänzen fortfahren? . . . .

Weil so lange Feuchtigkeiten in ihnen bleiben, ihr Wasser- und Kohlenstoff fortdauernd sich mit dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft verbindet. Endlich

4. Warum die Johanniskwürmchen im Wasser, wie in der atmosphärischen Luft leuchten? . . .

Weil bekanntermaßen das Wasser den Sauerstoff der Atmosphäre einsaugt, wovon ich die überzeugendsten Beweise geliefert zu haben mir schmeicheln darf. Uebrigens muß eine sehr kleine Dosis dieses Gas hinreichen, das so schwache Licht jener Thierchen hervorzubringen. . . .

---