

entwicklung mancher Diamanten und des Flussspathes zur Erklärung heranzuziehen.

6. Es ist denkbar, dass der Lichtäther in den chemischen Molecülen chemisch gebunden (Berthollet¹⁾) und verdichtet wird, um bei chemischen Metamorphosen resp. Zersetzungen oder auch anderen Zustandsänderungen wieder entladen zu werden und dann Erschütterungen des alle Theile der Materie durchdringenden Aethers zu erzeugen. Eine Stütze dieser Hypothese würde es sein, wenn die Angaben von Canton und Osann wahr sind, dass mässige Erwärmung einen immer im Dunkelen gehaltenen Chlorophan u. s. w. nicht beliebig oft zur Phosphorescenz anzuregen vermöge. Wenn durch wiederholte Erwärmung der Körper die Fähigkeit durch Erwärmung zu phosphoresciren verloren hat, soll er diese Fähigkeit durch Bestrahlung mit Sonnenlicht wieder gewinnen²⁾. Immerhin bleibt Punkt 6 eine unsichere These.

Ueber den Einfluss des Auges auf den thierischen Stoffwechsel.

(Einleitung zu der folgenden Abhandlung.)

Von

E. Pflüger.

In meiner Abhandlung über die Theorie des Schlafes³⁾ gelangte ich zu dem Schlusse, dass der Erregungszustand des Gehirnes, den wir »Wachsein« nennen, wenigstens zum Theil durch die Summation der Sinnesreize unterhalten werde. Ich stellte ferner den Satz auf, dass der wache Zustand des Gehirnes eine continuirliche Erregung fast aller centrifugalen Nerven und also eine Steigerung des Stoffwechsels bedinge. Als Stütze für diesen allerdings noch nicht mit hinreichender Strenge bewiesenen Satz erscheinen folgende Thatsachen:

1) Berthollet, Essai de Statique chimique Par. I. pg. 257 u. 259.

2) Biot. Physik. Deutsche Bearbeitung von Fechner. Bd. V, p. 258. 259.

3) Arch. f. d. ges. Phys. Bd. X. p. 468.

1. Schon die älteren Beobachter haben seit lange festgestellt, dass, wenn ein auf etwa 5° abgekühlter Winterschläfer durch heftige Reize erweckt wird, sofort seine Temperatur steigt und im Laufe von wenigen Minuten d. h. von $\frac{1}{2}$ Stunde nahezu die Norm erreichen kann. Es ist nun doch offenbar im höchsten Maasse unwahrscheinlich, dass diese colossale Wärmeentwicklung nur auf Kosten des Gehirnes komme und vielmehr kaum zweifelhaft, dass der mit dem Wachsein gegebene Erregungszustand desselben sofort und fort und fort die centrifugale Sphäre zur lebhaftesten Thätigkeit anspornt.

2. Aus den Untersuchungen von Scharling, Pettenkofer u. Voit und Liebermeister hat sich ergeben, dass während des Schlafes die Kohlensäureproduction sehr bedeutend abfällt und es ist auch hier unwahrscheinlich, dass der Ausfall ganz allein durch Muskelruhe und verminderte Respiration des Gehirnes bedingt sei, welches allerdings während des Schlafes nach meiner Theorie viel weniger Wärme producirt und also in seinem lebendigen Molecularnetz im Mittel eine viel niedrigere Temperatur als im wachen Zustande hat. Das Thermometer braucht deshalb im schlafenden Gehirne der Warmblüter keine grosse Abnahme der Temperatur nachzuweisen, weil das Blut aus anderen Theilen Wärme zuführt und weil die Temperatur eines Organes Nichts aussagt über die intramoleculare Wärme der lebendigen Materie in dem Organe. Nur die lebendigen Molecüle, welche athmen, produciren Wärme und sind also am höchsten temperirt. Diejenigen aber, welche sich nicht oxydiren, wie das in Masse vorhandene Wasser u. s. w. empfangen nur die von den brennenden Molecülen erzeugte Wärme und bewirken deren Abkühlung.

3. Aus den Untersuchungen von Zuntz und Roehrig hat sich ergeben, dass curarisirte Thiere eine ausserordentlich grosse Verringerung des Stoffwechsels erfahren, was darauf hinweist, dass, sobald dem centralen Nervensystem die Möglichkeit auf die Muskeln zu wirken genommen wird, eine starke Abnahme der Oxydationsprocesse die Folge ist. Ich gebe zu, dass diese Folgerung zwar sehr wahrscheinlich, aber nicht ganz gesichert erscheint.

4. Keine noch so sorgfältige Ruhe bei wachem Zustande bewirkt in der Zeiteinheit ein so schnelles Anwachsen des Arbeitsvorrathes in unseren Organen, besonders in dem Gehirne und den Muskeln, als der Schlaf. Da die Sauerstoffabsorption nun im Allgemeinen während dieses Zustandes nicht erhöht, wohl aber die Kohlensäure-

ausscheidung vermindert ist, so liegt die Ursache des Kraftgewinnes durch den Schlaf wesentlich in einer Ersparniss an Arbeitskraft.

Diese Gründe zusammengekommen gestatten kaum einen Zweifel, dass das Gehirn im wachen Zustande einen sehr bedeutenden Innervationsstrom fortwährend in den Körper ausstrahlt.

Der Schlaf ist also primär allerdings ein Phänomen des Gehirnes; im weiteren Sinne aber kommt ein Schlaf auch dem Rückenmarke, der gesamten centrifugalen Sphäre sowie den Muskeln u. s. w. zu.

In diesen Ansichten stehend erhielt ich vor einigen Monaten durch die Güte des Herrn Verfassers Dr. phil. Robert Pott¹⁾ eine Brochüre (Habilitationsschrift), welche die Ergebnisse ausgedehnter und fleissiger Arbeit über die Grösse der Kohlensäureausscheidung bei verschiedenen Thierspecies und unter verschiedenen Verhältnissen enthält.

Dr. Pott (a. a. O. p. 59, 60, 61 etc.) behandelt nun auch den Einfluss des Lichtes auf die Grösse der Kohlensäureausscheidung. Seine Thiere befanden sich in einem Respirationskasten, dessen Fenster verschieden gefärbtes Glas enthielten, wenn der Einfluss farbigen Lichtes untersucht werden sollte. Uebrigens hat er alle diese auf das Licht bezüglichen Versuche nur an einer einzigen Maus angestellt.

Pott findet gleich früheren Beobachtern, dass im Dunkeln weniger Kohlensäure als im Hellen ausgeschieden wird. Bei ein und derselben Maus verhielt sich die Menge bei Tageslicht zu der bei Dunkelheit erzeugten wie 3,873 : 3,142²⁾. Pott unterscheidet die Wirkung von Tageslicht und »milchweissem« Lichte, für welches er einen höheren Werth als für Tageslicht findet, nämlich 4,793. Da aber ein milchweisses Glas keine anderen Farben durchlässt als gewöhnliches Fensterglas, so muss die Abweichung wohl als eine zufällige angesehen werden. Die Dunkelheit war aber in den zweien von ihm überhaupt angestellten Versuchen dadurch erzielt, dass

1) Robert Pott, Dr. phil. Vergleichende Untersuchung über die Mengenverhältnisse der durch Respiration und Perspiration ausgeschiedenen Kohlensäure bei verschiedenen Thierspecies in gleichen Zeiträumen nebst einigen Versuchen über Kohlensäureausscheidung desselben Thieres unter verschiedenen physiologischen Bedingungen. Jena 1875.

2) R. Pott a. a. O. p. 61.

während der Nachtstunden experimentirt wurde. Es könnte aber doch sein, dass selbst für den Fall, dass die Maus nicht schlief, worüber Pott keine Angabe macht, in der Nacht weniger Kohlensäure ausgeschieden würde — einfach in Folge von Erschöpfung und nicht wegen Dunkelheit. Der Versuch ist also aus diesem Grunde um so weniger beweisend, als nur die zwei Versuche an der Maus vorliegen, um die Thatsache festzustellen, dass im Dunkeln weniger Kohlensäure als im Lichte ausgeschieden werde. Es kommen nämlich recht bedeutende individuelle und zeitliche Schwankungen der Kohlensäureausscheidung vor, so dass man bei Anstellung von nur zwei Versuchen für je eine Variabele in die grössten Täuschungen verfallen kann.

Dieses Bedenken trifft alle Versuche Pott's über weisses und farbiges Licht und macht besonders noch wegen der Paradoxie der Ergebnisse das Resultat einigermaßen unsicher.

Bei den Versuchen ¹⁾ mit farbigem Licht stellt sich nämlich das auffallende Resultat heraus, dass grünes und gelbes Licht die Ausscheidung von fast doppelt so viel Kohlensäure zur Folge hat als Tageslicht, d. h. dass einige Componenten des Tageslichtes stärker wirken als die Summe aller Componenten. Daraus scheint auf den ersten Blick zu folgen, dass »beruhigende« Strahlen, d. h. den Stoffwechsel deprimirende im Spectrum wären; da aber auch Roth, Blau und Violett nach Pott die Ausscheidung der Kohlensäure steigern, so begreift man nicht, wo im Spectrum diese »beruhigenden« Strahlen gelegen sein sollen. Auch andere Forscher, wie Béchard, Selmi und Piacentini ²⁾ experimentirten mit roth, gelb, grün, blau, violett und weiss und bezeugen für alle Strahlen eine die Kohlensäureausscheidung steigernde Wirkung. An das Vorhandensein den Stoffwechsel deprimirender Strahlen zu glauben, liegt also kein Grund vor. Wenn Selmi und Piacentini ebenso wie Pott von einzelnen Farben stärkere Wirkung als von Weiss beobachten, gleichwohl aber jeder Farbe eine positive Wirkung zuerkennen, so

1) R. Pott a. a. O. p. 60 u. 61.

2) Selmi u. Piacentini. Rendi condi del Reale Istituto Lombardo Ser. II. Vol. III. Fasc. II. — Landwirthsch. Centralbl. 1872. I. 451. — Jahresber. über die Fortschritte auf d. Gesamtgebiete der Agriculturchemie 1870—1872. Bd. III. p. 84. — Physiol. Jahresbericht für 1872. p. 101. — R. Pott a. a. O. p. 59.

muss man daran denken, dass bei den einzelnen Versuchen die Lichtstärke nicht gehörig berücksichtigt worden ist.

Was die relative Stärke der Wirkung der Strahlen verschiedener Farbe betrifft, so stimmen die genannten Forscher im Allgemeinen auch nicht mit einander überein.

Nach Selmi-Piacentini und Pott erregt Violett am schwächsten, nach Béchard am stärksten; nach Selmi-Piacentini und Pott hat Gelb die kräftigste, nach Béchard nur eine mittlere Wirkung. Nach Selmi-Piacentini und Pott kommt dem Grün eine kräftige, nach Béchard eine schwache Wirkung zu. Nach Selmi-Piacentini und Pott hat das Blau eine mittlere Wirkung, nach Béchard eine sehr starke. Worin die drei Parteien übereinstimmen, ist, dass Roth etwas schwächer wirkt als Weiss, Blau aber stärker. Wo aber so vieles nicht stimmt, da muss man es für möglich halten, dass da, wo Uebereinstimmung ist, nur der Zufall waltet. Obwohl Selmi-Piacentini und Pott mit Rücksicht auf die Intensitätsscala des farbigen Lichtes im Allgemeinen zu denselben Resultaten gelangt sind, scheint mir doch eine Wiederholung dieser Versuche wünschenswerth. Ich erinnere an das, was ich oben über die nicht ausreichende Sicherheit der hier in Betracht kommenden Zahlen Pott's bereits bemerkt habe.

Keiner dieser Beobachter nun hat, so viel mir bekannt ist — Béchard, Selmi und Piacentini, die übrigens ähnlich wie Pott ihre Thiere in Kasten mit verschiedenfarbigen Fenstern hielten, kenne ich nur nach Berichten, weil mir die Originalabhandlungen nicht zu Gebote stehen — die Frage in Angriff genommen, was die Ursache der erregenden Wirkung des Lichtes sei.

Nur Moleschott¹⁾ behauptete auf Grund seiner zahlreichen an Fröschen ausgeführten Untersuchungen, dass die Anregung des Stoffwechsels theils durch Erregung der Haut, theils durch Erregung des Opticus vermittelt werde.

Trotz der Grösse der Lichtwirkung auf den Stoffwechsel hat Moleschott's Angabe das Interesse der Physiologen nicht erregt, wenn seine Arbeit auch beiläufig citirt wurde.

1) Jac. Moleschott. Ueber den Einfluss des Lichts auf die Menge der vom Thierkörper ausgeschiedenen Kohlensäure in Wiener Medicinische Wochenschrift. 1855. Nr. 43. p. 681. — Siehe auch Derselbe. Wiener Medic. Wochenschr. 1853. p. 161.

Wenn man die betreffenden Abhandlungen Moleschott's durchliest, so findet man den Grund für die Indifferenz der gelehrten Welt einer so gewaltigen Thatsache gegenüber wohl darin, dass Moleschott an verschiedenen Stellen die näheren Versuchsbedingungen, die zum Beweise nöthig sind, verschweigt, an anderen Stellen den Beweis geliefert haben will, dass das Licht durch Vermittlung des Auges oder der Haut den Stoffwechsel anrege, obwohl in der That von einem solchen Beweise nicht die Spur erbracht ist.

Es ist nothwendig, diesen Ausspruch zu begründen.

Um den Einfluss des Lichtes auf den Opticus zu eliminiren, bestreicht Moleschott¹⁾ die Augen der Frösche mit einer starken Auflösung von salpetersaurem Silber. »In Folge dessen entstand eine Entzündung, die bei allen Thieren damit endigte, dass sich nach einigen Wochen an der Stelle der Augen eine vollkommen unversehrte Hautstelle zeigte.« Diese Frösche sieht Moleschott als geblendet an. Es ist aber gewiss, dass bei der Mehrzahl der Thiere hinter der durch die Aetzung entstandenen Hautstelle doch noch die unversehrte Retina vorhanden war. Nun wird die Retina in solchem Falle natürlich wie immer im Dunkeln viel empfindlicher, erhält aber Licht durch die »unversehrte Hautstelle«, welche der Aetzschorf erzeugt hat. Wie tief das Licht die lebendige Haut durchdringt, kann man daraus entnehmen, dass, wenn man einen phosphorischen Diamanten mit dem Finger vollkommen bedeckt und dann auf den Finger einen Lichtstrahl fallen lässt, der Edelstein im Dunkeln durch Insolation leuchtet, wie dies die Versuche von Dessaignes²⁾ dargethan haben. Dessaignes (a. a. O. der Uebersetzung pag. 130) brachte den phosphorischen Diamanten sogar zum Leuchten, wenn das Licht durch ein weiss gegerbtes oder auch durch ein sämischgegerbtes Hammelfell dringen musste: das Fell doppelt genommen hinderte die Phosphoreszenz. Dessaignes hebt auf Grund solcher Versuche hervor, dass besonders lebende organische Gewebe, sogar Knochen, weil sie mit Wasser durchtränkt seien, dem Lichte leichten Durchgang gewähren. Lindenholz gestattete

1) Jac. Moleschott, Wiener Medic. Wochenschrift. 1855, pag. 687.

2) J. P. Dessaignes, Schreiben an J. C. Delametherie: Ueber einige Erscheinungen der Phosphoreszenz durch Bestrahlung. Vendôme den 6. September 1810, im Journal de la Physique, November 1810, pag. 353 u. f. — Uebersetzung dieser Abhandlung in Plac. Heinrich, Phosphoreszenz, pag. 127.

dem Licht hinreichenden Durchgang, wenn es selbst bis 7 Millimeter dick war.

Man braucht sich am Tage nur bei festgeschlossenen Augenlidern den Kopf mit einem dicken undurchsichtigen Tuch für einige Minuten zu bedecken und dann plötzlich das Tuch hinwegzuziehen, um sich von dem lebhaften Lichteindruck zu überzeugen, den die Retina trotz geschlossener Augenlider erfährt.

Zugeben müssen wir aber, dass die Frösche nicht mehr sehen konnten. Sie hatten also auch keine Gelegenheit mehr zum Fangen von Fliegen oder anderen Insecten, wie ihre noch sehenden und gleich lange in Gefangenschaft befindlichen zur Controle aufbewahrten Gefährten. Wahrscheinlich verhalten sich die blinden Thiere auch ruhiger, da sie durch Vieles nicht mehr irritirt werden, wie ihre sehenden Gefährten. Das wird aber Alles durch Summation auf das Gesamtbefinden und die Energie der Lebensprocesse der geblendeten Frösche im Laufe längerer Zeit einen Einfluss ausüben können.

Moleschott hat erst 197—237 Tage, also circa $\frac{1}{2}$ Jahr und mehr nach vollzogener Blendung die Versuche mit ihnen begonnen. Er wollte den durch Entzündung bedingten Störungen ausweichen, konnte aber darum den Consequenzen der total geänderten Lebensverhältnisse nicht entgehen.

Moleschott's Frösche, die er für geblendet hält, hatten also eine dem Einfluss des Lichtes keineswegs unzugängliche Retina, wohl aber waren, weil sie nicht mehr sehen konnten, ihre Lebensverhältnisse wesentlich geändert. Diess macht nun sofort einige höchst auffallende Resultate klar, die Moleschott erhielt.

Er wollte den Beweis liefern, dass das Licht durch Reizung der Haut einen Einfluss auf die Kohlensäureausscheidung ausübt. Zu dem Ende bringt er in zahlreichen Versuchen die geblendeten Frösche ein Mal in das Helle und das andere Mal in das Dunkel oder sehr schwaches Licht, vergleicht also den Einfluss geringer und grosser Helligkeit. Die Kohlensäuremengen verhielten sich wie 100 : 123, während das Verhältniss der Lichtstärken im Mittel wie 4,64 : 6,74 war (d. h. wie 100 : 145). Das ist ein Mittel aus sehr vielen Versuchen¹⁾. Diese bedeutende Steigerung der Kohlen-

1) Moleschott, Wiener med. Wochenschrift 1855, pag. 689.

säureproduction ist also nach Moleschott nur durch die Haut, nicht durch das Auge bedingt.

Vergleicht man hiermit die Unterschiede, welche Moleschott¹⁾ erhielt mit normalen Fröschen, während die Lichtstärken sich wie 100 : 223 verhielten, also sehr viel verschiedener waren, so ergibt sich, dass die bei geringerer Lichtstärke zu den bei höherer Lichtstärke abgegebenen Kohlensäuremengen sich verhielten wie : 100 : 118.

Also :

Verhältniss für CO₂ bei geblendeten Fröschen: 100 : 123 bei einem

Verhältniss der Lichtstärke von 100 : 145.

Verhältniss für CO₂ bei sehenden Fröschen: 100 : 118 bei einem

Verhältniss der Lichtstärke von 100 : 223.

Die richtige Erklärung ist:

Die Retina der geblendeten Frösche wurde fast ebenso stark als die der nichtgeblendeten durch das Licht erregt, **die Blendung ist illusorisch.**

Dass die geblendeten Frösche hier stärker durch das Licht beeinflusst wurden, ist wohl nur ein durch die Breite der Beobachtungsfehler zu erklärender Umstand.

Moleschott glaubt, dass seine Frösche absolut blind seien und schliesst deshalb auf eine Erregung der Haut durch das Licht, wobei dann immerhin das merkwürdig wäre, dass die Haut allein mehr wirkt, als Auge + Haut zusammen.

Demnach ist der Beweis nicht erbracht, dass das Licht durch Erregung der Haut die Kohlensäureentwicklung anrege.

Um nun ferner den Beweis zu liefern, dass auch das Auge bei der durch das Licht vermittelten Kohlensäuresteigerung im Spiele sei, vergleicht er die Kohlensäureproduction der geblendeten Frösche mit der sehender Frösche, die eben so lange in Gefangenschaft waren. Die geblendeten und sehenden Thiere befanden sich im Licht. Es ergab sich²⁾, dass die Mittel der von »blinden« und unversehrten Fröschen sich verhielten wie: 100 : 114.

Moleschott hat es aber unterlassen, einen Controlversuch anzustellen, bei dem die geblendeten und sehenden Frösche nicht im **Lichte**, sondern im **Dunkeln** waren. Hätte er, was gar nicht unmöglich, auch jetzt noch die stärkere Kohlensäureausscheidung

1) Moleschott, Wiener med. Wochenschrift 1855, pag. 685 u. 686.

2) Moleschott, Wiener med. Wochenschrift 1855, pag. 687.

von nicht geblendeten Fröschen erhalten, dann würde er eingesehen haben, dass die im Lichte beobachteten Unterschiede gar nicht durch das Licht bedingt waren.

Folglich ist der Beweis nicht erbracht, dass das Auge die Wirkung des Lichtes vermittelt.

Gleichwohl hat Moleschott das Verdienst, nachgewiesen zu haben, dass das Licht einen mächtigen Einfluss auf den thierischen Stoffwechsel ausübt. Unbegreiflich bleibt es mir trotzdem, warum diese wichtige Entdeckung bei den eigentlichen Physiologen so wenig Eindruck gemacht, dass sie im Laufe von nunmehr 20 Jahren nicht eine einzige Nachuntersuchung zur Folge gehabt hat.

Bedenkt man indessen, dass nach den genannten spätern Beobachtern das Licht eine mindestens eben so starke Wirkung auf die Säugethiere ausübt, deren Haut dicht mit Haaren überzogen ist, dann muss man zugestehen, dass allerdings eine sehr grosse Wahrscheinlichkeit für die Betheiligung der Retina bei diesem Einflusse des Lichtes vorliege.

Indem ich nun im Hinblick auf meine Theorie des Schlafes in Betracht zog, wie bedeutend das Licht mittelst des Auges das Gehirn erregt und wie mächtig das Gehirn den Stoffwechsel treibt, schien mir ein Verständniss der Lichtwirkung sich zu eröffnen. Ich beschloss deshalb, durch strenge Versuche die Betheiligung der Retina feststellen zu lassen und es erschien mir zunächst vor Allem nothwendig, erst das fundamentale Factum, ob das Licht überhaupt durch das Auge wirkt, durch eine grössere Serie von Experimenten ganz sicher zu stellen. Denn ehe man zu einer Vergleichung der Wirkung verschiedener Farben übergeht, muss man erst die Breite des Beobachtungsfehlers einigermaßen kennen.

Ich habe diese Untersuchung Herrn Dr. Otto von Platen übergeben, der dieselbe mit Eifer und Umsicht in meinem Laboratorium zum glücklichen Ende geführt hat. Er stellte fest, dass in der That das Auge den Einfluss des Lichtes auf den Stoffwechsel vermittelt.

Nimmt man hinzu, dass Dr. Paalzow in meinem Laboratorium einen analogen Einfluss der Hautreize entdeckte, so scheint sich daraus zu ergeben, dass die Aussenwelt, resp. die sensible Nervensphäre eine bedeutende Wirkung auf die Oxydationsprocesse in dem thierischen Körper ausübt.

Gleichwohl muss man aber im Auge behalten, dass besonders

bei den Lichtversuchen möglicherweise psychische Affecte und Stimmungen eine Rolle spielen. Man könnte wohl daran denken, dass ein Thier, welches plötzlich in absolute Dunkelheit versetzt wird, in einen geängstigten («deprimirten») Zustand geräth, welcher einen Nachlass der trophischen Innervation des Gehirnes zur Folge hätte. — Gegen diese Deutung spricht nun allerdings sehr entschieden, dass, wie Moleschott bei seinen zahlreichen Versuchen an Fröschen festgestellt zu haben scheint, die Ausscheidung der Kohlensäure der Stärke des Tageslichtes annähernd proportional ist.

(Physiologisches Laboratorium in Bonn.)

Ueber den Einfluss des Auges auf den thierischen Stoffwechsel.

Von

Dr. Otto von Platen.

Der Erste, welcher sich mit dem Einflusse des Lichtes auf die Respiration beschäftigte und zu bestimmten Resultaten gelangte, war Jacob Moleschott. Das Ergebniss fasst er in folgenden beiden Sätzen zusammen.

1. Frösche scheiden, bei gleichen oder wenig verschiedenen Wärmegraden, im Licht für gleiche Einheiten des Körpergewichts und der Zeit, $\frac{1}{12}$ — $\frac{1}{4}$ mehr Kohlensäure aus, als im Dunkeln.

2. Je grösser die Lichtstärke ist, um so mehr Kohlensäure wird ausgehaucht.

Wenn nun trotzdem diese Entdeckung kein grösseres Aufsehen machte und zu weiteren Untersuchungen in derselben Richtung führte, so muss dies sehr auffällig erscheinen. Vielleicht liegt diess daran, dass man, wie oben Prof. Pflüger gezeigt hat, die Versuchsergebnisse Moleschott's nicht für hinreichend begründet anzusehen berechtigt war.