

Heikertinger ist Anhänger des Agnostizismus<sup>10)</sup>; von ihm aus verwirft er es als unzulässig, in der Wissenschaft über das aus der Anschauung gewonnene Tatsachenmaterial hinauszugehen und für dessen Erklärung nicht selbst wieder in der Erfahrung liegende Hypothesen zu Hilfe zu nehmen. Bei genügender kritischer Würdigung des vorliegenden Problems hätte er allerdings zu der Erkenntnis kommen müssen, daß die Wissenschaft für die innere Verknüpfung und Ordnung der Einzeltatsachen zu einem einheitlichen Ganzen der Hypothese nicht entraten kann. Geht doch seine Erklärung der Nahrungsspezialisierung der Tiere durch „besondere Geschmacksdifferenzen“, „Bevorzugung des Zusagenderen“ u. s. w. über das von ihm selbst gesteckte Ziel weit hinaus<sup>11)</sup>. Trotzdem steht sie andererseits hinter dem zu Fördernden noch zurück, insofern sie bei den angezogenen Erklärungsmomenten als angeblich elementaren und darum nicht weiter auflösbaren Phänomenen stehen bleibt, und läßt daher unbefriedigt. Heikertinger's Anschauung erhält dadurch einen psychischen Anstrich und nähert sich damit der vitalistischen, die er an anderer Stelle leidenschaftlich bekämpft.

Ihr gegenüber ist es der Vorzug des auch von Stahl vertretenen kritischen Mechanismus, daß er alle Erscheinungen an den Organismen für komplex, also erst der Auflösung bedürftig, ansieht und diese Analyse zu seiner Aufgabe macht. Das Resultat, die wissenschaftliche Hypothese, ist dann aber nicht, wie Heikertinger glaubt, eine sachlich unbegründete Spekulation, sondern wie ihr Name *ὑπόθεσις* sagt, Grundlegung, die aus engstem Zusammenhang mit den Erscheinungen, aus diesen durch das exakte Experiment erwachsen ist.

## Physikalisch-biologische Beobachtungen an Schmetterlingsflügeln, Vogelfedern und andern organischen Gebilden. \*)

Von Gustav Wolff.

Eine biologische Überlegung hat mich zu der Frage geführt, ob die Flügel der Schmetterlinge eine Einwirkung auf die photographische Platte ausüben. Die Untersuchung der Frage hat ein bejahendes Ergebnis geliefert. Bevor ich dazu übergehe, zu prüfen, in welcher Beziehung dieser Befund zu etwa schon bekannten Tatsachen steht, will ich zunächst dasjenige beschreiben, was ich festgestellt habe, bevor mir die später zu besprechende Literatur bekannt war.

<sup>10)</sup> Heikertinger, Das Scheinproblem von der fremddienlichen Zweckmäßigkeit. Die Naturwissenschaften 6. Jahrg. 1918.

<sup>11)</sup> Der unmittelbaren Beobachtung erschließt sich nur die Tatsache der Annahme bzw. Ablehnung bestimmter Pflanzen als Nahrung. Die ihm gegebene Erklärung dagegen ist aus einer Analogie mit den beim Menschen beobachteten Verhältnissen abgeleitet, für deren Berechtigung der Nachweis erst erbracht werden mußte.

\*) Nach einem am 22. 1. 19 in der Naturforschenden Gesellschaft zu Basel gehaltenen Vortrag mit Demonstrationen.

Legt man einen Schmetterlingsflügel auf eine photographische Platte und läßt ihn längere Zeit unter völligem Lichtabschluß liegen (in einer mehrfach mit lichtdichtem Papier umhüllten Kassette), so erscheint auf der entwickelten Platte eine völlig deutliche Zeichnung des Flügels. Das erscheinende Bild hat im allgemeinen einen positiven Charakter: die dunkeln Partien des Flügels erscheinen am stärksten, weiße zeichnen sich gar nicht ab.

Nur die Schuppen sind das Wirksame. Die der Schuppen beraubte chitinöse Substanz des Flügels beeinflußt die Platte nicht. Dagegen sind die Schuppen des Rumpfes, der Beine, Fühler etc. ebenso wirksam wie die der Flügel. Auch die feinen, meistens dunkel pigmentierten Härchen, mit welchen der Rand vieler Schmetterlingsflügel besetzt ist, zeigen oft eine besonders starke Wirkung auf die photographische Platte.

Die Schuppen des Flügels lassen sich sehr leicht derart vom Flügel abtragen, daß sie einen lückenlosen Abklatsch der Flügeloberfläche bilden. Wenn man den Flügel z. B. auf eine mit feuchter Gelatine belegte Glasplatte aufdrückt und dann wieder abhebt, so bleibt die oberste Schuppenschicht auf der Gelatine festgeklebt. Am einfachsten verwendet man zu diesem Abklatschverfahren eine billige Diapositivplatte, die man ausfixiert, trocknet und vor dem Gebrauch wieder anfeuchtet. Ein solcher Flügelabklatsch wirkt auf die lichtempfindliche Platte in der gleichen Weise wie der ganze Flügel.

Man erhält auf diese Art ein Bild des Flügels, das man als eine „Autotypie“ bezeichnen kann, und das an Schärfe und Deutlichkeit fast einer Photographie gleichkommt. Farbige pigmentierte Stellen der Flügel üben keine oder nur eine geringe Wirkung auf die Platte aus. Die schwarze Zeichnung des Perlmutterfalters auf braunem Grund erscheint nicht anders als beim Segelfalter die schwarzen Streifen auf gelbem oder beim Kohlweißling die schwarzen Flecken auf weißem Grund.

Farbige Pigmente wirken also nicht auf die Platte. Der Bläuling gibt zwar eine sehr deutliche Autotypie, aber diese wird nicht von blauem Pigment hervorgerufen, denn ein solches ist überhaupt nicht vorhanden. Blau und Grün sind bei den Schmetterlingen, ebenso wie bei den Vogelfedern, keine Pigmentfarben, sondern physikalische oder Strukturfarben, die durch den histologischen Bau hervorgebracht werden<sup>1)</sup>.

Das Blau des Bläulings wird wohl nur durch Interferenz erzeugt, und die Wirkung des Flügels auf die Platte wird hervorgerufen durch die zahlreichen schwarzpigmentierten Schuppen, die auf der blau erscheinenden Flügelfläche verteilt sind. Auch bei andern Schmetterlingen ist das Blau eine Strukturfarbe, die aber nicht immer auf die nämliche Art zustande zu kommen scheint. So zeigt die Rückseite des Vorderflügels des Admirals zwischen dem roten und dem kürzeren weißen Band zwei schmale, gewundene, an beiden Enden sich vereinigende blaue Streifen auf schwarzem Grunde. Drückt man den Flügel auf einer mit

1) Vgl. z. B. Linden, *Biolog. Zentralblatt* Bd. 18, p. 233.

Gelatine belegten Glasplatte ab, so ist der Abklatsch dieses Doppelstreifens weiß, seine Umgebung schwarz, auf dem abgehobenen Flügel aber ist dieser Doppelstreifen verschwunden, und an seiner Stelle befindet sich nun ebenfalls nur schwarzer Grund. Die blaue Farbe war also nicht durch ein blaues Pigment hervorgebracht, sondern durch das Zusammenwirken einer schwarzen und einer darüberliegenden weißen Schuppenlage, ein physikalischer Vorgang, der allerdings im einzelnen mir nicht verständlich ist. Im unveränderten Flügel oder seinem Abklatsch wirkt dieses Streifenpaar nicht auf die Platte, die Streifen sind daher auf der Autotypie sichtbar als ausgesparte helle Bänder. Auf dem Flügel dagegen, dem in der beschriebenen Weise die oberste Schuppenschicht abgenommen wurde, wirkt jetzt auch diejenige Stelle, an der vorher das Streifenpaar sich befand, genau so, wie der übrige schwarze Grund, und die Streifen kommen deshalb nicht mehr zum Vorschein.

Die auffallendste Tatsache ist nun die, daß zwar in den meisten, aber doch nicht in allen Fällen, ein positives Bild entsteht. Die ersten Exemplare des Schwalbenschwanzes, die ich untersuchte, gaben ein negatives Bild. Die schwarzen Partien waren ohne Wirkung geblieben, die hellgelben hatten Schwärzung hervorgerufen. Später fand ich aber auch Schwalbenschwänze, die eine positive Autotypie erzeugten; bei denen die hellgelben Felder unwirksam blieben, während die schwarzen Partien die Platte schwärzten. Von den folgenden vier Abbildungen zeigen Fig. 1 und 2 einen Vorder- bzw. Hinterflügel des Schwalbenschwanzes, die positiv gewirkt haben, während Fig. 3 und 4 einen Vorder- und Hinterflügel wiedergeben, die eine negative Autotypie ergeben haben. Die Abbildungen sind so gefertigt, daß von der direkten Autotypie ein Negativ hergestellt und dieses dann im Kopierverfahren wieder umgekehrt wurde. Die Figuren geben daher das Bild so wieder, wie es in der unmittelbaren Autotypie vorliegt.

Außer dem Gelb hat der Schwalbenschwanz wenig farbige Partien. Der Vorderflügel hat überhaupt nichts farbiges, der Hinterflügel trägt einen rotbraunen Augenfleck, und auf seiner schwarzen Grundfläche sind blaue Partien eingestreut. Der rotbraune Augenfleck ist fast unwirksam. In „negativen“ Exemplaren wirkt er etwas stärker als in „positiven“. Die blauen Partien sind sowohl bei positiven wie bei negativen Autotypien ganz unwirksam. Auch hier ist das Blau eine Strukturfarbe, die in der nämlichen Weise zustande kommt, wie die beschriebenen Bänder des Admirals. Auffallend und unerklärt ist der Umstand, daß auch bei negativ wirkenden Schwalbenschwänzen die in den blauen Partien oben liegenden weißen Schuppen die Platte nicht beeinflussen. Nur infolge dieses rätselhaften Umstandes verhalten sich die blauen Partien der Platte gegenüber genau so wie der braun pigmentierte Augenfleck: sie wirken weder in der positiven noch in der negativen Autotypie. Im negativen Bild hätte man eigentlich von ihnen eine Schwärzung erwarten sollen.

Ein Exemplar des Schwalbenschwanzes, das ein positives Bild er-

zeugt, zeigt diese Wirkung auch dann, wenn der Flügel später abermals eingelegt wird; ebenso beobachten wir eine negative Wirkung immer aufs neue, wenn mit dem nämlichen Exemplar der Prozeß wiederholt wird. Es gibt also positive und negative Schwalbenschwänze, und der Unterschied ist ein individueller. Es liegt aber nicht etwa eine sexuelle Differenz vor. An eine Solarisationswirkung ist auch nicht zu denken. Auf einer Platte kommen negative und positive Bilder zum Vorschein, wenn Flügel von verschieden sich verhaltenden Individuen auf ihr eingelegt waren.

Außer dem Schwalbenschwanz habe ich nur noch eine einzige Spezies gefunden, die unter Umständen auch ein negatives Bild gibt. Es ist dies der Apollo, bei dem ich nur ein einziges positives, sonst lauter negative Bilder erhielt.



Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.



Fig. 4.

- Fig. 1. Vorderflügel des Schwalbenschwanzes, positive Autotypie.
- Fig. 2. Hinterflügel des Schwalbenschwanzes, positive Autotypie.
- Fig. 3. Vorderflügel des Schwalbenschwanzes negative Autotypie.
- Fig. 4. Hinterflügel des Schwalbenschwanzes, negative Autotypie.

Vom Segelfalter, dem nahen Verwandten des Schwalbenschwanzes, erhielt ich nie ein negatives Bild, obwohl ich über zehn Exemplare untersucht habe. Auch bei Apollo zeigt sich, daß die farbigen Partien sowohl bei negativ als auch bei positiv wirkenden Exemplaren die Platte nicht beeinflussen. Farbige Partien zeigt Apollo zwar nur insofern, als die kleinen Augen rote Ringe tragen; aber eben diese kommen weder in der positiven noch in der negativen Autotypie zur Geltung.

Zur näheren Bestimmung desjenigen Agens, welches die autotypische Wirkung hervorruft, machte ich mehrere Versuche. Die Wirkung geht durch dünnes Papier und durch Gelatineblättchen. Die Färbung der letzteren scheint dabei keinen Unterschied zu machen. Undurchdring-

lich erwies sich mir Zelluloid und Glas, auch dünnste Deckgläser. Auch der chitinöse Körper des Flügels ist für die autotypische Wirkung der Schuppen undurchdringlich. Die Schuppen der Unterfläche wirken daher nicht störend auf das von der oberen Fläche entstehende Bild, wenn diese der empfindlichen Schicht zugewendet liegt; und man kann obere und untere Fläche gleichzeitig autotypieren, wenn man einen Flügel zwischen zwei photographische Platten legt. Dagegen wird ein kurzer Luftraum übersprungen, und ein Bild kommt noch zustande, wenn zwischen Objekt und photographischer Platte ein Abstand bis zu einem halben Millimeter liegt. Das hierbei entstehende Bild ist allerdings viel schwächer und auch etwas weniger scharf, als das bei direkter Berührung erzeugte. Die Einbuße an Schärfe ist also nicht größer, als sie eine Photographie erfährt, wenn man beim Kopieren eines Negativs die Bildseite der Platte und das Kopierpapier sich nicht direkt berühren läßt, indem man z. B. das Negativ von der Glasseite kopiert.

So weit war ich in meinen Untersuchungen gekommen, ohne etwas in der Literatur zu finden, was in Beziehung zu diesen Beobachtungen gesetzt werden konnte, als die Nr. 43 der „Umschau“ vom 20. Oktober 1917 erschien. Aus einem in dieser Nummer enthaltenen Aufsatz von Lüp po-Cramer über „Photechie“ ersah ich, daß nach dem Vorgang von Blaas und Czermak als Photechie die Erscheinung bezeichnet wird, daß Holz, Papiere und andere organische Stoffe dem Sonnenlicht oder auch diffusum Tageslicht ausgesetzt und dann mit einer Bromsilberplatte längere Zeit in Kontakt gebracht, auf der Platte ein entwickeltes Bild hervorrufen. Den in jener Abhandlung zitierten weiteren Aufsätzen Lüp po-Cramer's entnahm ich die Kenntnis einer Arbeit Dombrowsky's<sup>2)</sup>, welche eine ausführliche Zusammenstellung der Literatur gibt, deren wichtigste Teile mir nunmehr leicht erreichbar waren.

Bald nach der Erfindung der Daguerreotypie glaubte man strahlenartige Einwirkung verschiedener Stoffe auf die photographische Platte zu beobachten. Im Jahre 1843 machte Moser<sup>3)</sup> erstmals derartige Mitteilungen. Er sagt: „Wenn man eine jodierte Silberplatte irgendeinem Körper im Dunkeln nahebringt und der Wirkung nur die nötige Zeit gönnt, dann zeigt die Platte nachher das Bild, indem an denjenigen Stellen, welche der Wirkung am kräftigsten ausgesetzt gewesen, das Silberjodid geschwärzt ist, obgleich alles ausgeschlossen worden, was die Retina Licht nennen würde.“ Auf Grund seiner Versuche sprach Moser die Erwartung aus, „daß man jeden Körper für einen selbstleuchtenden wird erklären müssen“. Gegen diese Deutung der Moser'schen Ergebnisse als Wirkung von strahlenartigen Agentien wen-

2) Constantin Dombrowsky, Über die Einwirkung der verschiedenen Stoffe, insbesondere des Wasserstoffsuperoxyds auf die photographische Platte. Leipziger Inauguraldissertation 1908.

3) Moser, Über den Prozeß des Sehens und die Wirkung des Lichtes auf alle Körper. Pogg. Annalen Bd. 56, p. 177.

deten sich sehr bald mehrere Autoren, welche die Erscheinung auf einen rein chemischen Prozeß zurückzuführen suchten. Nach dieser Meinung beruht die fragliche Eigenschaft solcher Körper auf der Wirkung von Gasen, die von diesen Körpern ausgehen und von der Jodsilberplatte aufgenommen werden, auf welcher dann an den betreffenden Stellen durch veränderte Adsorption der beim Entwicklungsverfahren wirkenden Quecksilberdämpfe das Moser'sche „Hauchbild“ zustande kommt.

Diese zwei Erklärungsarten, nämlich durch Annahme einer Einwirkung einerseits von unsichtbaren Strahlen, andererseits von Gasen, standen von da an bis heute einander gegenüber. Der Streit wurde, wie Dombrowsky darlegt, „nur insofern variiert, daß man, statt mit Moser einfach von Lichtemissionen zu sprechen, jetzt im 20. Jahrhundert verschiedene Körper: Becquerelstrahlen, Ionen, positive Ionen, subatomige Gruppen, Infrarelektrizität, Ätherschwingungen und ultraviolette Licht ausstrahlen läßt“. Sowohl an metallischen wie an nicht-metallischen Körpern wurde eine solche Einwirkung beobachtet, und beiden Körpergruppen gegenüber wurden die beiden Erklärungsarten angewendet. An welchen metallischen Stoffen diese Erscheinung beobachtet wurde, ist für unsere Untersuchung von geringer Bedeutung. Dagegen muß erwähnt werden, daß die chemische Deutung teils Wasserstoff, teils Ozon, teils Wasserstoffsuperoxyd als den wirksamen Stoff betrachtet, der sich an der Oberfläche der untersuchten Körper bilden soll. Aber auch nicht alle Autoren, welche die Erscheinung durch die Bildung eines derartigen Stoffes erklären, geben eine rein chemische Erklärung, einzelne Beobachter nehmen auch in solchem Falle eine Strahlung an, die von den gebildeten Stoffen ausgehen soll.

W. J. Russell<sup>4)</sup> hat vom Jahre 1897 an bei einer größeren Reihe von Metallen jene Wirkung untersucht und festgestellt, daß das wirksame Agens Gelatine, Guttapercha, Zelluloid, Kollodium durchdringt, dagegen selbst von dünnem Glas, von Mineralien und von Paraffin zurückgehalten wird. Der wirksame Stoff ist nach seiner Ansicht Wasserstoffsuperoxyd, das bei der Oxydation der Oberfläche jener Metalle sich bildet und das noch in hochgradiger Verdünnung auf die photographische Platte wirkt.

Blaas und Czermak, auf deren Untersuchungen wir noch eingehen werden, führen die Aktivität der Metalle auf Bildung von Ozon zurück, doch soll das Ozon eine Strahlung aussenden, die durch Reflexion an spiegelnden Flächen und durch selektive Absorption farbiger Gelatine nachzuweisen sei.

Kahlbaum und Steffens<sup>5)</sup> führen die „Aktinautographie“, wie sie jene Wirkung gewisser Metalle nennen, auf eine den Gesetzen der Schwere folgende Emanation zurück. Melander<sup>6)</sup> führte 1905 diese „Metallstrahlung“ auf violette und ultraviolette Strahlen zurück,

4) Proc. Roy. Soc. London 61, 63 u. 64 (zitiert nach Dombrowsky).

5) Physikal. Zeitschrift Bd. 6, p. 53.

6) Ann. d. Phys. Bd. 17, p. 705.

die aber erst bei Erhitzung bis zur Weißglut für unsere Augen sichtbar werden. „Es liegt nahe, anzunehmen, daß Tiere, die im Dunkeln sehen, speziell für diese Strahlen empfindliche Augen haben“.

Die Einwirkung nichtmetallischer Stoffe auf die photographische Platte hat vor allem Niepce de Saint Victor<sup>7)</sup> im Jahre 1857 untersucht. Da mir die Arbeit nicht zugänglich war, so zitiere ich, was Dombrowsky über sie referiert: „Eine neue Richtung schlägt Niepce in seinen 1857 begonnenen Memoiren über eine neue Wirkung des Lichtes ein. Er beobachtete nämlich, daß eine ganze Reihe von Stoffen, wie Papier, Marmor, Kreide, Federn, Baumwolle und andern mehr, wenn sie dem Licht ausgesetzt und hierauf in einen Kontakt mit empfindlichem Silberpapier gebracht werden, nach 24 Stunden eine Schwärzung des lichtempfindlichen Papiers an allen den Stellen hervorriefen, welche der Lichtwirkung ausgesetzt waren. Schwärzungen und Färbungen des Stoffes beeinträchtigen die Stärke der Wirkung, und auf diese Weise wird es möglich, ein auf Papier gedrucktes Bild auf Silberpapier zu erhalten. Die Wirkung geht durch die Luftschicht bis zu 1 cm Dicke, durch Kollodium und Gelatinehäutchen, wird aber von Glas, Mineralien und einigen Lacken zurückgehalten. Wird der belichtete Stoff mit einem Blatt Papier zusammengebracht, so wird das letztere auch aktiv. Da eine Reproduktion der Zeichnung auf Entfernungen eine geradlinige Ausbreitung der Wirkung voraussetzt, und da Niepce eine physiologische Wirkung der belichteten Stoffe auf sich am Tage öffnende Blumen bemerkt hat, so glaubt er, daß das Licht von diesen Körpern „absorbiert und konserviert“ wird, um später wieder ausgestrahlt zu werden. Niepce spricht von „immagasinement de l'activité lumineuse“. Es ist interessant, daß sich ein belichtetes Blatt Papier durch Silbernitrat entwickeln läßt, und daß Niepce auch beobachtet hat, daß Ozonpapier auch eine Reaktion auf Lichtwirkung zeigt.“

Unabhängig von Niepce sind ein halbes Jahrhundert später Blaas und Czermak\*) zu ähnlichen Ergebnissen gekommen. Sie schreiben: „Setzt man ein Papier, welches durch mehrere Wochen im Dunkeln aufbewahrt war (dunkles Papier) einige Zeit dem Sonnenlichte aus (auch künstliches Licht, sowohl kräftiges Magnesium- als auch elektrisches Bogenlicht ist wirksam), belegt dasselbe dann mit einer photographischen Platte und läßt es 24 Stunden im Kontakte, so schwärzt sich die Platte beim Entwickeln. (Auffallend ist dabei die rasche Schwärzung durch die ganze Dicke der Gelatineschichte; eine Erscheinung, wie sie auch beim Entwickeln von Röntgenaufnahmen auftritt.) Hat man während der Besonnung einzelne Stellen des Papiers durch Bedecken mit undurchsichtigen Körpern (schwarzes Papier, Metallplättchen u. dgl.) vor dem Lichte geschützt, so schwärzen sich die entsprechenden Stellen der Platte nicht.

Schreibt man auf das Papier vor oder nach der Besonnung mit Tinte, Salzlösungen (auch farblosen), Gummi oder benutzt man bedrucktes Papier, so erscheinen die Schriftzüge hell auf dunklem Grunde.

Daraus geht hervor, daß die Wirkung auf die photographische Platte durch das Licht veranlaßt und durch gewisse Substanzen wie Tinte, Druckerschwärze etc. entweder diese Wirkung vernichtet oder ihre Erregung verhindert wird.

7) C. R. XLV, XLVI und XLVII (zitiert nach Dombrowsky).

\*) Physikal. Zeitschr. 5. Jahrg. 1904, p. 363.

Ursprünglich erweckten diese Erscheinungen die Vorstellung, daß es sich um eine Art Phosphoreszenz handle, also um eine Nachwirkung des Lichtes und so wurden, der Kürze des Ausdrucks wegen, jene Körper, welche die Eigenschaft besitzen, Licht gewissermaßen zurückzubehalten „photechisch“ und die Eigenschaft selbst „Photechie“ (aus  $\varphi\acute{o}\varsigma$  und  $\epsilon\chi\omega$ ) genannt.“

„Zahlreiche andere Substanzen wurden sodann auf ihre photechischen Eigenschaften geprüft. Weitans am kräftigsten zeigte sich braungelbes Packpapier (mit diesem sind auch die meisten der folgenden Versuche ausgeführt), dann in abnehmendem Grade andere Papiere, Holz, Stroh, Schellack, Leder, Seide, Baumwolle, Schmetterlingsflügel etc., fast oder ganz unwirksam erwiesen sich: Glas, Metalle (mit Ausnahme von Zink) und alle bisher untersuchten anorganischen mineralischen Körper.“

„Je länger und intensiver die Besonnung, desto stärker ist die Wirkung (besonnt man photographisches Papier unter einem kontrastreichen Negativ, so erhält man nach dem Kontakt auf der photographischen Platte ein ziemlich deutliches Positiv, wobei sich die Intensitätsabstufungen des erregenden Lichtes am besten demonstrieren); auch schon gewöhnliches diffuses Tageslicht ist wirksam.

Die einmal erregte Photechie nimmt in den ersten Stunden nach der Besonnung nur langsam, später aber viel rascher ab. Vollkommen erloschen fanden wir sie noch nach Wochen nicht. Nachweisbar aber ist die Wirkung schon nach einer Kontaktdauer von einer Minute“.

„Metallplättchen, auch sehr dünne, ebenso Glas, Quarz, Glimmer, lassen die Wirkung nicht durch, nur Film und dünne Gelatinefolien zeigten sich durchlässig.

Hier tritt aber der wichtige Umstand auf, daß die Farbe der Folie von Einfluß ist. Solche, welche blaues und violettes Licht durchlassen, sind auch bei gewöhnlichen blauempfindlichen Platten durchlässig, während eine zur Hälfte blau und gelb gefärbte Gelatinehaut auf der gelben Seite ganz undurchlässig war. Auf orthochromatischen Platten ergaben sich auch grüne und gelblich gefärbte Folien als durchlässig.“

Blaas und Czermak fanden noch eine deutliche Wirkung, wenn der photechische Gegenstand bis auf 9 mm von der Platte entfernt war. Aus dieser Tatsache, ferner aus der selektiven Durchlässigkeit farbiger Gelatinefolien und aus der Beobachtung einer Reflexion schließen die Autoren, daß es sich nicht um eine chemische Wirkung, sondern nur um eine solche vom Charakter einer Strahlung handeln könne, von der angenommen wird, daß sie von okkludiertem Ozon ausgeht.

Es erhebt sich nun die Frage, ob die von mir beobachteten Erscheinungen solche „photechischen“ Vorgänge sein können. Blaas und Czermak erwähnen unter den zahlreichen von ihnen untersuchten Stoffen auch Schmetterlingsflügel. Leider haben sie hier offenbar keine weiteren Beobachtungen gemacht. Sie geben nicht an, ob sie nur den Umriß eines Flügels erhielten, oder ein richtiges Bild der Zeichnung, event. ein positives oder ein negatives. Die von mir und die von Blaas und Czermak beobachteten Erscheinungen haben vielleicht gewisse Beziehungen zueinander, sie sind aber wohl nicht ohne weiteres miteinander identisch. Die Innsbrucker Autoren haben (wie früher Niepce) ihre Objekte nur 24 Stunden mit der photographischen Platte in Berührung gebracht. Ich habe sie viel länger, meistens 3—4 Wochen „exponiert“. Nach 24 Stunden sah ich manchmal höchstens eine ganz schwache Andeutung einer Einwirkung, doch ließ sich noch kein deutliches Bild erkennen.

Nachdem ich Kenntnis von der „Photechie“ erhalten hatte, habe ich auch untersucht, ob die vorherige „Besonnung“ auf das Ergebnis meiner Versuche einen Einfluß hatte. Ein solcher war aber nie nachzuweisen. Flügel, die ich Wochen, ja viele Monate lang unter völligem Lichtabschluß gehalten hatte, gaben das nämliche Ergebnis wie gleich alte Flügel die vorher besonnt worden waren. Flügel von Tieren, die als Puppe im Dunkeln gehalten, im Dunkeln ausgeschlüpft und dann sofort auf der Platte eingeschlossen waren, zeigten keinen Unterschied gegenüber andern Flügeln. Auch verhalten sich Nachtschmetterlinge genau wie Tagfalter. Das Licht spielt also bei meinen Bildern keine Rolle, die Erscheinung ist sicher keine photechische.

Ob es sich um eine Strahlungserscheinung oder um eine rein chemische Wirkung handelt, kann ich nicht entscheiden. Nach L ü p p o - C r a m e r ist die Entwicklung von  $H_2O_2$  eine bei organischen Körpern auftretende Erscheinung, die durch Belichtung verstärkt, aber auch ohne Belichtung in geringem Grade beständig sich abspielen soll. Unter dieser Voraussetzung könnte man an eine sich allmählich summierende Wirkung des  $H_2O_2$  denken. Mir persönlich fällt es schwer, mir vorzustellen, daß so minimale Spuren von  $H_2O_2$  durch Papier und durch Gelatine dringen, ja, daß sie einen Luftraum überspringen und noch ein Bild zeichnen können, das sich in seiner Schärfe nicht unterscheidet von optischen Bildern, die unter entsprechenden Verhältnissen entstehen.

Daß übrigens mit der Annahme der Ozon- oder Wasserstoffsperoxydtheorie die Möglichkeit einer Strahlung noch nicht ausgeschlossen scheint, beweisen die Anschauungen von B l a a s und C z e r m a k, vor allem aber diejenigen des Münchener Physikers G r a e t z.

G r a e t z<sup>9)</sup> hat die Wirkung des  $H_2O_2$  auf die photographische Platte experimentell untersucht und stellt gegenüber Russell fest, daß die Wirkung des  $H_2O_2$  auch durch dünnschichtiges Metall (auch Blattgold und Aluminiumfolie) hindurchgeht, was für gewöhnlich als Zeichen einer Strahlung gelte. Daß es nicht unmittelbar die Dämpfe des Wasserstoffsperoxyds sind, welche die Erscheinung hervorbringen, glaubt er durch die Feststellung bewiesen zu haben, „daß man den Effekt auf der Platte auch erhält, wenn man die Dämpfe durch einen Luftstrom möglichst fortbläst“. Er sagt: „Die eigentliche Schwärzung scheint auf der Aussendung irgendwelcher Teilchen von unbekannter Beschaffenheit zu beruhen, welche durch den Luftstrom hindurchgehen. Diese sind allerdings nicht die negativen Elektronen.“ Er spricht direkt von  $H_2O_2$ -Strahlen.

Selbst wenn übrigens die betreffenden Teilchen durch den Luftstrom fortgetrieben würden, so würde dies nach G r a e t z der Annahme einer Strahlung nicht widersprechen, da z. B. die Emanationen des Thoriums Strahlungscharakter zeigen und sich durch einen Luftstrom wegblasen lassen.

9) Physikal. Zeitschrift 4. Jahrgang 1903, p. 160.

Domrowsky<sup>10)</sup> betrachtet die Wirkung des  $H_2O_2$  mit großer Bestimmtheit als eine rein chemische auf Grund von eigenen Versuchen, über die ich kein Urteil habe. Der von ihm berichtete Nachweis der Ablenkbarkeit der „ $H_2O_2$ -Strahlen“ durch den Luftstrom steht mit den Graetz'schen Beobachtungen im Widerspruch, auch setzt sich Domrowsky nicht auseinander mit der Graetz'schen Angabe, daß solche Ablenkbarkeit den Charakter der Strahlung nicht ausschließe.

In dieser unter den Physikern so umstrittenen Frage kann ein Biologe kein Urteil abgeben. Immerhin dürften die von mir mitgeteilten Beobachtungen der  $H_2O_2$ -Theorie große Schwierigkeiten bereiten. Der Schmetterlingsflügel ist eine, im allgemeinen gleichmäßig mit Schuppen besetzte Fläche, so daß wohl zu erwarten sein dürfte, daß der angenommene Autoxydationsvorgang, der die Bildung von  $H_2O_2$  zur Folge hat, oder irgendwelche andern chemischen Prozesse, überall gleichmäßig sich abspielen. Warum erhält man dann nicht ein homogenes Bild der Flügelfläche? Daß das Bild ein positives ist, ließe sich vielleicht erklären, unter Voraussetzung der „Photechie“. Man müßte annehmen, daß nur in den dunkeln Partien des Flügels, welche das Licht absorbieren, dessen chemische Wirkungen zur Geltung kommen, während in den hellen Partien, die das Licht reflektieren, auch keine photechischen Wirkungen zustande kommen. Mit dieser Annahme ließen sich aber mehrere Tatsachen nicht vereinigen. Ich erinnere z. B. an das oben beschriebene Verhalten der blauen Streifen auf der Rückseite des Admiral-Vorderflügels. Daß die weiße Oberschicht auf die Platte nicht wirkt, ließe sich vielleicht in der angedeuteten Weise auf photechischer Grundlage erklären. Daß aber die unter den weißen Schuppen liegenden schwarzen Elemente wirksam sind, sobald die übergelagerte weiße Schicht entfernt ist, das wäre nicht erklärlich. Und warum unterscheiden sich die farbigen Partien des Flügels, die doch wenigstens einen Teil des Lichtes absorbieren, so wenig von den ganz hellen? Und vor allem: wie kommt es, daß bei vielen Exemplaren des Schwalbenschwanzes und bei fast allen des Apollo das Bild ein negatives ist? Hier müßte dann an denjenigen Stellen, die das Licht reflektieren, die stärkste, an denjenigen, die es absorbieren, die geringste bzw. gar keine chemische Wirkung von statten gehen. Man wird sagen, daß diese Erscheinung auch auf anderem Wege schwer zu verstehen ist. Ich gebe das völlig zu; es handelt sich um Tatsachen, die eben vorläufig überhaupt nicht erklärlich sind.

Ich will nicht unterlassen, ein Experiment wenigstens zu erwähnen, das ich gemacht habe in der Absicht, die  $H_2O_2$ -Theorie zu prüfen. Die autotypische Wirkung tritt, wie früher gezeigt, ebenso vollständig ein, ob man einen Flügel, oder nur den Schuppenabklatsch auf die photographische Platte wirken läßt. Die letztere Methode hat sogar oft den Vorteil, daß das Bild noch schärfer wird, weil der Abklatsch sich dichter an die photographische Platte anlegt als der immer etwas un-

10) l. c.

ebene Flügel. Von der mit dem Flügelabklatsch belegten Glasplatte kann man sich mit dem Diamant ein Stück ausschneiden, derart, daß das Glasstück auf der Gelatineseite vollständig mit Schuppen besetzt ist. Nun drückt man in der Dunkelkammer das völlig getrocknete Objekt auf eine photographische Platte, Schicht gegen Schicht, und bestreicht die Ränder mit flüssigem Paraffin. Zwischen den beiden Platten befindet sich jetzt fast keine Luft. Luft ist aber zur Bildung des  $H_2O_2$  nötig. Das entstehende Bild unterscheidet sich jedoch in bezug auf Intensität nicht von einem andern. Ich teile diesen Versuch nur mit, ohne weitergehende Folgerungen daran zu knüpfen. Vielleicht genügen ja die zwischen den Platten haftenden Luftspuren um die Autoxydation in vollem Umfang sich vollziehen zu lassen. Isihani<sup>11)</sup> gibt allerdings an, es sei für die phototechnische Wirkung eine dünne Luftschicht zwischen Objekt und Platte erforderlich, bei zu enger Berührung bleibe die Wirkung aus. Es widersprechen sich also auch hier die Angaben über Phototechnie. Bei meinen Versuchen ist aber das wesentliche, daß kein Licht mitwirkt, also Phototechnie nicht vorliegt.

Nachdem die geschilderten Beobachtungen an Schmetterlingsflügeln gemacht waren, nachdem insbesondere das eigentümliche Verhalten der gefärbten Partien sich ergeben hatte, lag es nahe, verschiedenfarbige Vogelfedern ebenfalls auf ihr Verhalten gegenüber der photographischen Platte zu untersuchen. Das Ergebnis war im allgemeinen das gleiche, nur gaben alle Federn, die ich untersucht habe, auf der Platte ein positives Bild; eine negative Autotypie habe ich bei Federn niemals beobachten können.

Farbige Pigmente haben also auch bei Federn keine Einwirkung auf die Silbersalze. Zwar geben blaue und grüne Federn ein schwaches, manchmal auch ein kräftigeres Bild, doch rührt dies nicht von blauem oder grünem Pigment her. Auch bei den Vogelfedern wird das Blau und das Grün auf andere Weise hervorgerufen, als die übrigen Farben. Eingehende Studien hierüber haben Häcker und Meyer<sup>12)</sup> veröffentlicht. Mit Recht betonen sie die Merkwürdigkeit der Tatsache, daß die Farben Rot und Gelb einerseits, Grün und Blau andererseits, obwohl sie in der Aufeinanderfolge des Spektrums von manchen Papageien zur Schau getragen werden, nicht durch stufenweise Abänderung eines einzigen farbenbildenden Faktors ineinander übergehen, sondern auf zwei ganz verschiedene Arten entstehen. Rot und Gelb sind auch hier Pigmentfarben, Blau und Grün dagegen physikalische oder Strukturfarben, bei denen die Farbe nicht durch ein Pigment, sondern durch histologische Struktur zustande kommt. Nebenbei bemerke ich, daß sich die oben erwähnte Farbenskala manchmal sogar an einer einzelnen Feder nachweisen läßt.

Daß alle nicht ganz hellen Federn von grüner und blauer Farbe ein autotypisches Bild liefern, das rührt nur daher, daß die feinsten

11) Physikal. Zeitschrift 10, p. 1004.

12) Zoolog. Jahrbücher, Abtlg. f. Systemat. Bd. 15, p. 67.

Fiederchen dieser Federn schwarz pigmentiert sind, was schon mit der Lupe zu erkennen ist. Nur hierauf beruht der Unterschied z. B. zwischen einer hellgrünen und einer dunkelgrünen Feder. Bei den hellgrünen Federn fehlt das dunkle Pigment, sie geben daher auch kein Bild auf der Platte. Die kleinsten Fiederchen der roten und gelben Federn sind entweder gar nicht oder rot bzw. gelb pigmentiert, deshalb sind diese Federn auf der Platte ganz wirkungslos. Federn mit metallischem Farbensplanz, z. B. die Pfauenfedern, sind ganz schwarz pigmentiert, ihre Wirkung auf die photographische Platte ist daher auch eine besonders kräftige. Die glänzenden grünen und blauen Farben der Pfauenfeder sind Strukturfarben, die wohl durch Interferenzwirkung zustande kommen. Eine verschiedene Dichtigkeit der schwarzen Pigmente besteht aber an denjenigen Stellen, die bei bestimmtem Lichteinfall verschiedene Farben erscheinen lassen. So kommt es, daß die Pfauenfeder auch in der Autotypie Nuancen auftreten läßt, und daß z. B. die Zeichnung des Auges zum Ausdruck kommt.

Haare verhalten sich ebenso, indem weiße und rote Haare wirkungslos sind, schwarze dagegen ein deutliches Bild auf der Platte ergeben.

Die autotypische Wirkung geht über ein gewisses Maximum, das nach 3—4 Wochen erreicht ist, nicht hinaus. Die autotypische Wirkungsfähigkeit des Objektes ist dann jedoch nicht erschöpft, denn wenn das Objekt jetzt wieder eingelegt wird, so bringt es ein Bild hervor von gleicher Stärke wie das frühere war.

---

## Erwiderung auf Heller's Artikel „Über die Geruchstheorie von Teudt“<sup>(1)</sup>.

Von Dr. phil. Heinrich Teudt.

Heller macht gegen meine Erklärung der Geruchserscheinungen durch Elektronenschwingungen<sup>2)</sup> in erster Linie geltend, daß „eine Existenz unabhängig von den Atomen wirksamer Elektronen“ nicht anerkannt werden könne. Nun existieren allerdings solche „unabhängig von den Atomen wirksame Elektronen“ bekanntlich in den  $\beta$ -Strahlen. Diese haben aber mit den von mir abgeleiteten Geruchsschwingungen nichts zu tun. Letztere werden vielmehr — wie ich in inzwischen erschienenen neueren Arbeiten<sup>3)</sup> abgeleitet habe —, von den Valenzelektronen ausgeführt.

---

1) Biol. Zentralblatt Nr. 8 (1919).

2) Biol. Zentralblatt XXX, Nr. 12 (1913) — Prometheus XXV, Nr. 34 (1914) Wochenschr. für Brauerei 1918, Nr. 15—17. — Unsere Welt 1919, Nr. 2.

3) Prometheus Nr. 1535 und 1536 (1919 Nr. 26 und 27) sowie das letzte Kapitel in meiner „Ableitung der chemischen Verwandtschaft aus der Elektronentheorie“, Zeitschr. f. anorg. u. allgem. Chemie Bd. 108, 1919, S. 137 f.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1920

Band/Volume: [40](#)

Autor(en)/Author(s): Wolff Gustav

Artikel/Article: [Physikalisch-biologische Beobachtungen an Schmetterlingsflügeln, Vogelfedern und andern organischen Gebilden. 248-259](#)