

25. F. Schanz †: Erscheinungen der optischen Sensibilisation bei den Pflanzen.

(Eingegangen am 12. Dezember 1922. Vorgetragen in der Sektion Dresden am 6. November 1922 und in der Februarsitzung 1923.)

Bei Belichtung von Eiweißlösungen bilden sich auf Kosten der leichtlöslichen Eiweißkörper schwererlösliche. Diese Veränderungen werden erzeugt durch die besonders kurzwelligen Lichtstrahlen, die an jenen Fluorescenz erzeugen. Da das Plasma der lebenden Zelle im wesentlichen auch aus Eiweiß besteht, so ist anzunehmen, daß die besonders kurzwelligen Lichtstrahlen auch auf die lebende Substanz in gleicher Weise wirken. In der Natur sehen wir freilich, daß auch langwelliges Licht biologisch wirksam wird. Die Wirksamkeit dieses Lichtes ist aber geknüpft an die Gegenwart von Sensibilisatoren. Es sind dies Farbstoffe, die mit den Eiweißkörpern innige Verbindungen bilden. Durch die Sensibilisatoren werden diejenigen Lichtstrahlen auf die Eiweißkörper wirksam, die zu ihrer Farbe komplementär sind. Wie lassen sich diese Vorgänge physikalisch erklären? Es ist bekannt, daß die besonders kurzwelligen Lichtstrahlen aus den Stoffen, von denen sie absorbiert werden, Elektronen herausschleudern, die man auffangen und messen kann. Man nennt diesen Vorgang lichtelektrische Zerstreuung oder nach seinem Entdecker HALLWACHS-Effekt. Ich habe Eiweißlösungen und Sensibilisatorlösungen auf ihre lichtelektrische Zerstreuung geprüft¹⁾. Es hat sich dabei gezeigt, daß beide in hohem Grad diese Erscheinung zeigen. Um festzustellen, wie sich die lichtelektrische Zerstreuung der Eiweißkörper und der Sensibilisatoren gegenseitig beeinflussen, habe ich zuerst die lichtelektrische Zerstreuung an einer Sensibilisatorlösung festgestellt, dann habe ich diese in gleicher Weise verdünnt mit destilliertem Wasser und mit dialysierter Eiweißlösung und wieder die lichtelektrische Zerstreuung der verdünnten Lösungen geprüft. Es zeigte sich, daß durch den Zusatz der Eiweißlösung die lichtelektrische Zerstreuung der Sensibilisatorlösung viel mehr vermindert wurde als durch den Zusatz von Wasser. Zur Erklärung dieser

1) Die physikalischen Vorgänge bei der optischen Sensibilisation. PFLÜGERS Archiv für Physiologie. Bd. 190.

Erscheinung muß angenommen werden, daß die aus dem Sensibilisator herausgeschleuderten Elektronen von den Eiweißmolekülen aufgefangen werden und an ihnen die Veränderungen erzeugen, wie ich sie an den Eiweißlösungen im Reagenzglas zuerst festgestellt habe.

Wie haben wir uns die Veränderungen der Eiweißmoleküle durch Licht vorzustellen? Nach den neuesten Anschauungen in der Physik sind die elementarsten Bestandteile der Moleküle nicht mehr die Atome. Jetzt nimmt man an, daß jedes Atom aufgebaut ist aus einem Kern, um den in größerer oder geringerer Zahl und in verschiedenen Abständen Elektronen in ganz bestimmt gearteten Bahnen kreisen. Beim Aufbau der Moleküle vermitteln dann noch besonders geartete Elektronen die Verbindung der Atome zum Molekül. Man bezeichnet diese Art der Elektronen als Valenzelektronen. Ihre Gruppierung bedingt die Wertigkeit der Moleküle. Wenn kurzwelliges Licht aus den Molekülen eines Stoffes Elektronen herausschleudert, so sind dies mit Wahrscheinlichkeit zunächst Valenzelektronen, weil diese am lockersten an den Atomkern gebunden sind. Von den aus dem Molekül eines Stoffes herausgeschleuderten Elektronen fällt ein Teil wieder auf dasselbe zurück, dadurch, daß sich diese Elektronen an einer anderen Stelle wieder anlegen, entstehen Umlagerungen im Molekül. Ein anderer Teil trifft auf Moleküle der Nachbarschaft, er lagert sich an diese an und veranlaßt auch da Veränderungen. Die Elektronen sind von außerordentlich kleiner Masse, und so kommt es, daß sich bei vielen Stoffen die durch das Licht bedingten Veränderungen noch der Beobachtung entziehen. In der Natur sind mit diesen Wirkungen des Lichts Oxydationsvorgänge innig verknüpft und diese sind es vor allen, welche die direkten Wirkungen des Lichtes verdecken. Daß das Licht an allen organischen Stoffen Veränderungen erzeugt, lehren meine Untersuchungen über die „Biochemischen Wirkungen des Lichts“ (PFLÜGERS Arch. f. Physiologie, Bd. 170). Man muß zu solchen Versuchen nur ein Licht wählen, das wie das Licht der Quarzlampe reichlich die besonders kurzwelligen Lichtstrahlen enthält. Während das besonders kurzwellige Licht an dem Eiweiß direkt diese Veränderungen erzeugt, vermag das längerwellige Licht vermittels der Sensibilisatoren wirksam zu werden.

Wir wissen jetzt, wie die Sonne als Motor eingreift in das Triebwerk allen irdischen Lebens. Wir kennen den Gang dieses Triebwerkes. Wir können ihn durch Sensibilisatoren beeinflussen. Mir als Augenarzt lag natürlich

daran, zu prüfen, ob auch dem Sehakt dieser Vorgang zugrunde liegt. In einem Vortrag, den ich in einer gemeinsamen Sitzung der Wiener und der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft 1921 gehalten habe, konnte ich zeigen, wie auch der Sehakt sich aus diesem Vorgang erklären läßt. In mehreren Arbeiten habe ich diese Theorie eingehender begründet. Eine zusammenfassende Darstellung ist in der Zeitschrift für Sinnesphysiologie Bd. 54 erschienen.

Um weiteren Einblick in diesen elementarsten Vorgang in der Natur zu erhalten, galt es nach Erscheinungen der Sensibilisation zu suchen, die unter möglichst einfachen Bedingungen dem Experiment zugänglich sind. Über solche Versuche möchte ich berichten. Die Sensibilisation im Tier- und Pflanzenreich ist schon häufig Gegenstand der Untersuchung gewesen. In einer Arbeit „Optische Sensibilisation“ (Fortschritte der Medizin, 35. Jahrg., 1918, Nr. 28) habe ich diese Erscheinungen ausführlich besprochen und Versuche mitgeteilt, die ich vor allem mit Eosin an Tieren ausgeführt habe. Solche Versuche an Tieren sind heute für mich unmöglich, da ich die Kosten derselben nicht mehr bestreiten kann. Ich mußte mich nach billigeren Versuchsobjekten umsehen. Ich habe für solche Versuche Pflanzen gewählt. Infolge ihres einfacheren Aufbaues müssen sie uns leichteren Einblick in diese Vorgänge gewähren. Zu den Versuchen hatte mir Herr Prof. NEGER im Botanischen Garten zu Dresden Gelegenheit gegeben.

Im vorigen Jahr hatte ich Pflanzen regelmäßig mit Eosinwasser begossen. Mein Sohn hatte Pflanzen in Nährlösungen gezogen, denen er Eosin zugesetzt. In beiden Fällen waren eigentümliche Veränderungen an den Pflanzen aufgetreten, die mich bestimmten, in diesem Jahr solche Versuche systematisch durchzuführen. Ich habe jetzt von Buschbohnen Wasserkulturen hergestellt. Zum ersten Versuch wurden vier gleich gut entwickelte Pflanzen verwandt. Bei der ersten erhielt die Nährlösung keinen Zusatz, bei der zweiten wurde der Nährlösung Eosin, bei der dritten äquivalente Mengen Bromnatrium, bei der vierten äquivalente Mengen Fluoresceinnatrium zugesetzt. Eosin ist Tetrabromfluorescein-Natrium. Alle vier Kulturen wurden an einem Julitag in einem Gewächshause der Einwirkung des Tageslichtes ausgesetzt. Es ergab sich folgendes Resultat: Die Pflanze, bei der der Nährlösung Eosin zugesetzt war, war getötet (Lichtschlag), die drei anderen Pflanzen waren vollständig frisch und haben sich auch in der Folge gleichmäßig weiter entwickelt. Die Nährlösungen für die 3. und 4. Pflanze enthielten äquivalente Mengen der Stoffe,

die als Eosin im 2. Gefäß vorhanden waren. Ich bin der Ansicht, daß diese Wirkung durch die Lichtstrahlen veranlaßt wurde, die das Eosin absorbiert. Fluorescein ist auch ein Sensibilisator. Daß es bei diesem Versuch keine Wirkung zeigte, dürfte daran liegen, daß die Strahlen, die es absorbiert, gegenüber den Strahlen, die das Eosin absorbiert, bei diesen Vorgängen keine Rolle spielen.

Bei einem zweiten Versuch wurde statt Eosin Erythrosin von gleicher Konzentration verwandt. Erythrosin ist Tetrajodfluorescein-Natrium. In die Nährlösung für die zweite Pflanze kam dieselbe Menge Erythrosin, wie beim ersten Versuch Eosin. In die Nährlösung für die dritte Pflanze kam dementsprechend eine äquivalente Menge Jodnatrium. Der Versuch wurde in gleicher Weise dem Tageslicht ausgesetzt. Nach 24 Stunden war die Erythrosinpflanze abgestorben, wie im 1. Versuch die Eosinpflanze. Die Jodnatriumpflanze fing an zu welken und ging in den nächsten Tagen ein, während sich die Bromnatriumpflanze im Eosinversuch ungestört weiter entwickelt hatte.

Diese Versuche zeigen, daß sich bei den Pflanzen ebenso, wie ich dies in meinen früheren Versuchen an Tieren gezeigt, durch Sensibilisation Lichtschlag erzeugen läßt. Das bestimmte mich, diesem Studium weiter nachzugehen. Es wurden Vergleichsserien hergestellt; die eine wurde ins Licht gebracht, die andere dunkel gehalten. Im Dunkeln mußten die Pflanzen etioliert weiter wachsen, wenn der Zusatz zur Nährlösung nicht schon an sich giftig auf dieselben einwirkt. Die Pflanzen der einen Reihe wurden, nachdem die Nährlösungen die entsprechenden Zusätze erhalten, ins Dunkle gestellt. Die Pflanzen der anderen Reihe, die ebensogut entwickelt waren, und deren Nährlösungen genau dieselben Zusätze erhalten hatten, wurden im Gewächshaus dem Tageslicht ausgesetzt. Von der im Dunkeln gehaltenen Serie haben sich bis auf die Jodnatriumpflanze alle gleichmäßig etioliert weiter entwickelt, die Jodnatriumpflanze war nach 24 Stunden matt und ging ein. Bei der im Licht gehaltenen Serie hatte sich die 1. Pflanze, deren Nährlösung ohne Zusatz geblieben, ungestört weiter entwickelt. Die 2. Pflanze, deren Nährlösung Eosin zugesetzt war, war nach 24 Stunden abgestorben. Die 3. Pflanze, bei der eine äquivalente Menge Bromnatrium zugesetzt war, hatte sich ungestört weiter entwickelt. Die 4. Pflanze, bei der Erythrosin zugesetzt war, war ebenso rasch abgestorben wie die Eosinpflanze. Die 5. Pflanze, deren Nährlösung äquivalente Mengen von Jodnatrium enthielt, war welk. Die 6. Pflanze, deren Nährlösung Fluoresceinnatrium zugesetzt war, und die 7. Pflanze, deren Nährlösung Methylenblau

enthielt, zeigten keinen Einfluß der Zusatzmittel. Dieser Versuch zeigt, daß Eosin und Erythrosin an sich für die Pflanzen nicht giftig sind, daß sie dieselben aber im höchsten Grade schädigen können, wenn gleichzeitig Licht auf dieselben einwirkt.

Außer diesen Versuchen im Gewächshaus mit Wasserkulturen, habe ich auch Sensibilisationsversuche in freier Natur und im Erdreich ausgeführt. Bei einem solchen Versuch wurden 24 kleine, gleichgroße Begonienpflanzen in Töpfe gepflanzt und in drei Serien im Freien aufgestellt. Die eine Serie wurde mit Eosinwasser, die zweite mit reinem Wasser, die dritte mit Methylenblauwasser begossen. Die Pflanzen, die mit Eosinwasser begossen wurden, blieben kleiner, sie ließen bald ihre Blätter fallen. An der Stelle, wo die Blätter abfielen, bildete sich, wie die mikroskopische Untersuchung lehrte, genau wie beim herbstlichen Laubfall eine Trennungsschicht. Es machte den Eindruck, als ob bei den Eosinpflanzen der Ablauf der Vegetationsperiode beschleunigt würde. Die Pflanzen, die mit Methylenblauwasser begossen wurden, zeigten keinen Einfluß dieses Farbstoffes.

In einem anderen Versuch wurde das Erdreich mit Eosin und Methylenblau gefärbt und dann Buschbohnen in solche und in ungefärbte Erde gesät. Jeden Abend wurde die gefärbte Erde mit einem Löffel gefärbten Wassers begossen, damit die Veränderungen des Farbstoffes durch Licht an der Oberfläche wieder ausgeglichen wurden. Die Pflanzen im ungefärbten Erdreich erhielten dieselbe Menge reinen Wassers. In dem mit Eosin gefärbten Erdreich war das Aufgehen der Pflanzen stark verzögert. Bei einem Teil der Pflanzen trat, sobald die Keimblätter aus dem Erdreich hervorgebrochen waren, Lichtschlag ein. Bei einem Teil kam es aber zur vollständigen Entwicklung der Pflanze. Diese Pflanzen blieben aber viel kleiner als die Pflanzen, die mit reinem Wasser und diejenigen, die mit Methylenblauwasser begossen waren. Die Oberfläche ihrer Blätter war viel runzliger und ihre Farbe viel dunkler als bei jenen. Wenn man diese Versuche betrachtet, so wird man an die Versuche¹⁾ erinnert, die ich früher ausgeführt, als ich dieselben Pflanzen gleichzeitig und unter sonst möglichst gleichen Bedingungen im Gebirge und im Tiefland gezogen. Im Gebirge waren die Pflanzen kleiner, ihre Blätter derber, ihre Ober-

1) Einfluß des Lichtes auf die Gestaltung der Vegetation. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, 1918, Bd. 36 u. 1919, Bd. 37, und: Versuche über die Wirkung der ultravioletten Strahlen des Tageslichtes auf die Vegetation. PFLÜGERS Arch. für Physiologie. Bd. 181.

fläche runzlicher, ihre Farbe dunkler als bei den im Tiefland gezogenen Pflanzen. Ich habe damals gezeigt, daß diese Unterschiede vor allem dadurch erzeugt werden, daß man durch das Versetzen in das Tiefland solchen Pflanzen das besonders kurzwellige Licht entzieht. Nach dem Ausfall der obigen Versuche würden die Eosinpflanzen den im Gebirge gezogenen Pflanzen entsprechen, und es wäre daran zu denken, daß durch das Eosin die Wirkung des kurzwelligen Lichtes auf die Pflanzen erhöht wird. Für diese Möglichkeit spricht, daß das Erythrosin in gleicher Weise wirkt, während das Methylenblau eine solche Wirkung vermissen läßt.

Nachschrift: Der Verfasser hatte die Absicht, seine Ausführungen durch einige Tafeln zu ergänzen. Da die Herstellung dieser Bilder außerordentlich kostspielig gewesen wäre, so hat der Unterzeichnete (auf Bitte der Familie des Verstorbenen) den Text etwas umgearbeitet, so daß die Arbeit auch ohne Bildwerk erscheinen kann.

NEGER.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1923

Band/Volume: [41](#)

Autor(en)/Author(s): Schanz Fritz

Artikel/Article: [Erscheinungen der optischen Sensibilisation bei den Pflanzen 165-170](#)