

submikroskopische Struktur besitzen, wie sie für gewisse Kernmembranen nachgewiesen worden ist (CALLAN und TOMLIN<sup>1</sup>), wurde im Elektronenmikroskop untersucht. Zur Präparation wurden solche Membranen auf mit Kollodiumfilmen überzogenen Objektträgernetzen aufgefangan, getrocknet und mit Chrom beschattet. Das Elektronenmikroskop liefert dann Bilder, wie eines in Abbildung 1 wiedergegeben ist.

Man erkennt eine körnelige Struktur, die an den Stellen, wo die Membran zufolge der Überdehnung durchlöchert oder zerrissen ist (Membranrand), in eine submikroskopische Retikularstruktur übergeht. Der Durchmesser der sichtbaren Stränge beträgt etwa 100 Å, was der Breite von etwa 15  $\alpha$ -glukosidischen Ketten entspricht.

Die Dicke der aufgetrockneten Membranen ist nicht uniform. Während sie längs den Rändern des Amylopektinfilms nach der Schattenlänge zu schliessen höchstens 100 Å beträgt, finden sich in Abbildung 1 auch dickere Partien, die zufolge ungenügender Durchstrahlbarkeit weisslich erscheinen. Die gefundenen Strukturen müssen als Eintrocknungsartefakte betrachtet werden, denn die gequollenen Bälge besitzen Dicken von der Grössenordnung 1000 Å. Je nach der Dicke der gequollenen Membran, die beim Platzen den Rissrändern entlang überdehnt worden ist, trocknet das Amylopektin körnelig oder netzartig ein.

Auf Grund dieser Feststellung könnte man versucht sein, solchen Bildern jeden Wert abzuspochen. Dies wäre indessen nicht richtig. Denn die Beobachtung, dass das Amylopektin in dünnster Schicht retikular eintrocknet, deutet darauf hin, dass seine Moleküle die Fähigkeit besitzen, strangförmig zu aggregieren. Während ihre verzweigten Ketten (STAUDINGER und HUSEMANN<sup>2</sup>, MEYER<sup>3</sup>) unter der Annahme dichotomer Verzweigung (FREY-WYSSLING<sup>4</sup>) im gequollenen Zustande eine dreidimensionale baumartige Gestalt besitzen, sind sie offenbar befähigt, bei vollkommener Dehydratation zu linearen Bündeln zusammenzutreten und auf diese Weise Gelstränge zu bilden.

Wenn auch die submikroskopische Retikularstruktur der Wirklichkeit nicht entspricht, so stellt sie doch ein stark vergrößertes Abbild der amikroskopischen Netzstruktur dar, deren Maschen die Semipermeabilität bewirken.

Die Diskussion über den Wert oder den Unwert der Fixierungsartefakte, die in der Zytologie eine so grosse Rolle gespielt hat, wiederholt sich nun in der submikroskopischen Morphologie. Es gilt indessen auch hier, dass aus den Fällungs- oder Eintrocknungsstrukturen, die als Dehydratationsartefakte angesprochen werden müssen, mit der nötigen Vorsicht auf indirektem Wege Schlüsse auf die Morphologie der amikroskopischen Bausteine der zytologischen Objekte gezogen werden können.

A. FREY-WYSSLING

Pflanzenphysiologisches Institut der ETH., Zürich, den 4. Dezember 1951.

### Summary

When granules of starch are carefully heated in water, they convert into vesicles covered by an elastic semipermeable membrane of amylopectin. The submicroscopic

structure of this membrane, when fully dried, is reproduced in the electron microgram of Figure 1. Where the film of amylopectin is very thin (c. 100 Å), it dries up as a reticular structure, whereas thicker portions of the film dry into a granular structure. These structures are artefacts, since the structure causing the semipermeability of this membrane must be amicroscopic.

## Induktion phototropischer Reaktionen durch ein künstliches Perzeptionsorgan

In einer früheren Arbeit<sup>1</sup> konnte am Laubblatt von *Tropaeolum maius* gezeigt werden, dass der phototropische Reiz vom Petiolus perzipiert wird, während die Funktion der Lamina im wesentlichen darin besteht, den Stiel mit Auxin zu versorgen und ihn dadurch zu Wachstumskrümmungen zu befähigen. GALSTON'S Nachweis<sup>2</sup>, dass sichtbares Licht Heteroauxin in Gegenwart von Riboflavin als Photosensibilisator inaktiviert, legte jedoch die Vermutung nahe, dass gegebenenfalls auch die Spreite selbst als phototropisches Perzeptionsorgan fungieren kann. In den folgenden Versuchen wird ein Modellsystem gezeigt, das die hierzu notwendigen Bedingungen rekonstruiert.

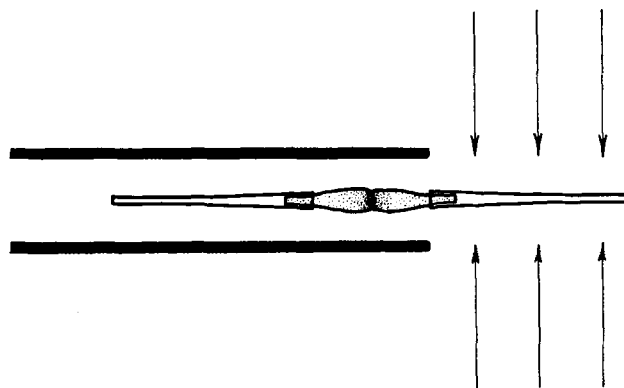


Abb. 1. Schema der Versuchsanordnung, von oben gesehen.

Als Versuchspflanzen dienten 6 Tage alte Keimlinge von *Helianthus annuus*. Beide Kotyledonen wurden zu schmalen, keilförmigen Zungen zurechtgeschnitten, auf deren Spitzen konische Kapillarröhrchen aufgesetzt werden konnten (Abb. 1). Diese Röhrchen sollten die Funktion der Lamina beim Phototropismus übernehmen. Zu diesem Zweck wurden sie mit sensibilisierter Heteroauxinlösung von der folgenden Zusammensetzung gefüllt: 25  $\gamma$  HA + 15  $\gamma$  Riboflavin + 1 cm<sup>3</sup> destilliertes H<sub>2</sub>O. Zur besseren Abdichtung wurde das untere Ende der Kapillaren mit geschmolzener Gelatine mit dem Blatt verkittet. Alle diese Vorbereitungen, einschliesslich der Mischung der Lösung, wurden in der Dunkelkammer bei dunklem orangem Licht vorgenommen.

Zur Auslösung der Reaktion wurde eine der Kapillaren von beiden Seiten horizontal mit parallelem weissem Licht (Niedervolt-Mikroskopierlampe) von 9500 Lux 30 Minuten lang bestrahlt. Dabei war sorgfältig darauf zu achten, dass die Pflanze selbst mit Ausnahme der Keimblattspitze in der Röhre verdunkelt blieb (Abb. 1). Bei dieser Anordnung entwickelte sich tatsächlich eine ansehnliche positive Krümmung, die bereits während der ersten Versuchsstunde sichtbar wurde und dann  $\pm$  gleich-

<sup>1</sup> H. G. CALLAN und S. G. TOMLIN, Proc. Roy. Soc. (London) [B] 137, 367 (1950).

<sup>2</sup> H. STAUDINGER und E. HUSEMANN, Liebigs Ann. 527, 195 (1937).

<sup>3</sup> K. H. MEYER, Hochpolymere Chemie, Bd. 2 (Akad. Verlagsgesellschaft, Leipzig 1940).

<sup>4</sup> A. FREY-WYSSLING, Schweiz. Brauereiztg., Nr. 1 (1948).

<sup>1</sup> L. BRAUNER und Y. VARDAR, Rev. Fac. Sci. Univ. Istanbul [B] 15, 269 (1950).

<sup>2</sup> A. W. GALSTON, Proc. Nat. Acad. Sci. 35, 10 (1949).

förmig ansteigend am Ende der sechsten Stunde ein Ausmass von  $31,6 \pm 3,2^\circ$  erreichte (Abb. 2a und Abb. 3a).

In den geschilderten Experimenten war die Belichtung eines kleinen Areals des einen Keimblattes nicht zu vermeiden, weil eine Beschattung des Verbindungsstücks innerhalb der Kapillare die Inaktivierung der Lösung an seinen Flanken verhindert hätte. Da deshalb die Möglichkeit nicht auszuschliessen war, dass bei der beschriebenen Anordnung das Perzeptionsorgan für den tropistischen Reiz das lebende Gewebe selbst gewesen ist, wurden Kontrollversuche angestellt, in denen die Kapillaren mit destilliertem Wasser gefüllt waren. In diesem Fall entstand nur eine sehr schwache positive Krümmung:  $5,5 \pm 1,6^\circ$  nach 6 Stunden (Abb. 2b), ausgelöst vermutlich durch die unvermeidliche Lichttransmission innerhalb des Gewebes nach den benachbarten Regionen des Hypokotyls.

Diese Fehlerquelle liess sich durch die folgende Modifikation des Versuchs völlig ausschliessen: Sensibilisierte Auxinlösung von der bisherigen Zusammensetzung wurde in zwei Portionen geteilt. Die eine, «d», verblieb in der Dunkelkammer, die andere, «l», wurde in einem offenen Esmarschälchen mit 1000 Lux weissem Licht 60 Minuten lang bestrahlt. Sodann wurde bei schwachem orangem Licht eine Kapillare mit Lösung «l», die andere mit Lösung «d» beschickt; beide Röhrchen wurden schliesslich in der bisherigen Weise auf eine Testpflanze montiert. Das Ergebnis war nunmehr eine äusserst rasche und kräftige positive Reaktion, die bereits nach 3 Stunden ein Maximum von  $49,1 \pm 4,6^\circ$  erreichte und danach wieder langsam absank (Abb. 2c und Abb. 3b).

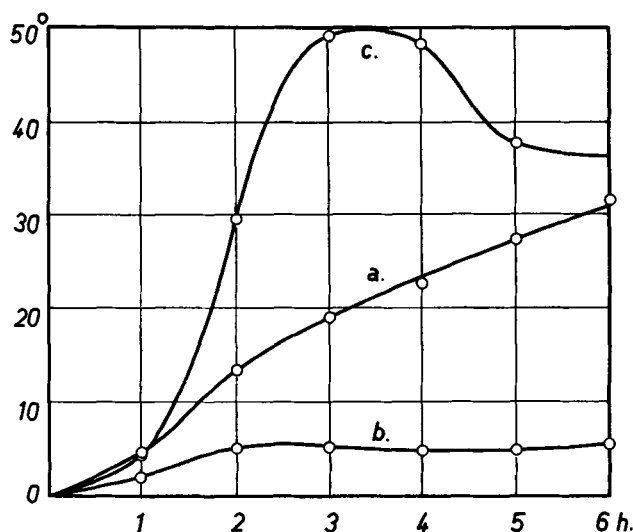


Abb. 2. Verlauf der Krümmungsreaktionen.

- a Eines der Röhrchen auf der Pflanze belichtet.
- b Beide Röhrchen mit destilliertem Wasser gefüllt, Belichtung eines der Röhrchen auf der Pflanze.
- c Inhalt des einen Röhrchens vor dem Einfüllen belichtet. (Kapillareninhalt in a und c Auxin-Riboflavinlösung.)

Der auffällige Unterschied des Krümmungsverlaufs bei dieser und bei unserer ersten Anordnung dürfte sich wohl daraus erklären, dass bei Belichtung der Lösung auf der Pflanze während der ersten Phasen des Versuchs auch die bestrahlte Kapillare das Hypokotyl mit noch aktivem Auxin beliefert hatte, nämlich solange der nur allmählich ablaufende Prozess der Photooxydation noch nicht beendet war. Dadurch scheint in der «Lichtflanke»

das Reaktionsvermögen für das nachfolgende Auxindefizit vorübergehend erniedrigt worden zu sein.

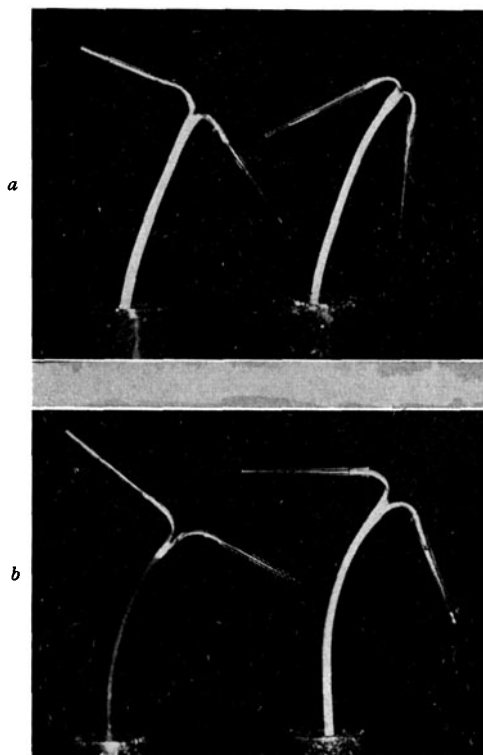


Abb. 3.

- a Rechtes Röhrchen auf der Pflanze belichtet, Reaktionsbild nach 5 Stunden.
- b Rechtes Röhrchen mit vorbelichteter Lösung gefüllt, Reaktionsbild nach 4 Stunden.

Die Schlussfolgerungen aus den geschilderten Versuchen liegen nahe: Erfolgt die Auxinbelieferung der opponierten Flanken des Bewegungsorgans durch verschiedene Blätter oder durch verschiedene Areale eines Blattes, so müssen die entsprechenden Blätter oder Blattteile bei Gegenwart des nötigen Sensibilisators als phototropische Perzeptionsorgane fungieren und auch im verdunkelten Blattstiel Richtungsbewegungen auslösen.

Über den weiteren Fortgang dieser Untersuchungen wird an anderer Stelle berichtet werden. L. BRAUNER

Institut für allgemeine Botanik an der Universität Istanbul, den 3. Dezember 1951.

### Summary

GALSTON's finding that visible light inactivates indoleacetic acid in the presence of riboflavin, suggested the possibility that under certain conditions the blade of foliage leaves could act as a perception organ for the phototropic stimulus. In the experiments reported above a model system is described which reconstructs the necessary conditions with *Helianthus* seedlings by substituting two glass capillaries filled with photo-sensitized IAA-solution for the cotyledons. Illumination of one of the tubes produces a marked positive curvature in the darkened hypocotyl. An even more drastic reaction was obtained when the content of one of the tubes was illuminated *before* the capillaries were fixed to the plant in the dark.