

54. Hans Molisch: Über den Einfluß der Transpiration auf das Verschwinden der Stärke in den Blättern.

(Mit 1 Abbildung im Text.)

(Eingegangen am 28. Juli 1921. Vorgetragen in der Oktobersitzung.)

Gelegentlich meiner Untersuchungen über das Laubblatt als photographische Platte¹⁾ habe ich eine auf den ersten Blick paradox erscheinende Beobachtung gemacht. Ich fand, daß abends abgeschnittene Laubblätter von *Tropaeolum majus*, die während des Tages lebhaft assimiliert hatten und abends reich an Stärke waren, im dunstgesättigten Raum oder auf Wasser liegend während der Nacht nur unvollkommen ihre Stärke verloren, hingegen in der trockenen Zimmerluft ihre Stärke bis morgens völlig einbüßten. Würde man einem Physiologen die Frage vorlegen, welches Blatt seine Stärke rascher einbüßen würde, das im feuchten oder das im trockenen Raume, so dürfte er nach all unseren Erfahrungen geneigt sein, zu vermuten, daß das turgeszente, im dunstgesättigten Raum vorhandene Blatt, das sich doch unter sehr günstigen Bedingungen im Verhältnis zu dem welkenden Blatte befindet, eine raschere Stärkeumwandlung aufweisen dürfte als das Blatt im trockenen Raume. Und doch ist dem nicht so, sondern das Gegenteil ist der Fall.

Bevor ich zur Schilderung der einschlägigen Versuche übergehe, sei betont, daß die Versuchspflanzen sich in tadelloser Kultur befinden müssen, weil mich die Erfahrung lehrte, daß ungünstige Kulturbedingungen auf die Assimilation einen sehr nachteiligen Einfluß ausüben, und daß die Pflanze auch in diesem Punkte eine hochgradige Empfindlichkeit aufweist. Ich arbeitete daher nie mit Laboratoriumspflanzen, sondern nur mit solchen, die sich im Freien, in frischer guter Luft oder in einem Gewächshause befanden, wo die Kulturbedingungen gute waren.

Besondere Beachtung muß dem Begießen der Pflanzen geschenkt werden, weil beim Austrocknen des Bodens selbst vor Eintritt des Welkens schon Spaltenschluß eintritt und dadurch die Kohlensäureassimilation unterbunden wird.

1) MOLISCH, H., Über die Herstellung von Photographien in einem Laubblatte. Sitzber. d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien. 1914. Bd. CXXIII, Abt. I, p. 928.

Zum makroskopischen Nachweis der Stärke bediente ich mich der bewährten SACHSschen Jodprobe. Es ist zweckmäßig, die Blätter nach dem Kochen und der Befreiung von Chlorophyll in ein weites, mit schwach angesäuerter Jodtinktur beschicktes Präparatenglas einzulegen, das mit einem eingeriebenen Glasstößel gut verschlossen werden kann. Man bleibt dann von Joddämpfen unbelästigt und ein und dieselbe Jodtinktur kann für viele Versuche verwendet werden, zumal wenn man dafür sorgt, daß das mit den Blättern entzogene Jod durch einige Jodkriställchen ersetzt wird.

Versuche mit *Tropaeolum majus*.

9. VI. 1914. Temperatur im Schatten 24—29° C. Ein gesundes Blatt, das Vormittag stark diffuses, von Mittag bis Abend

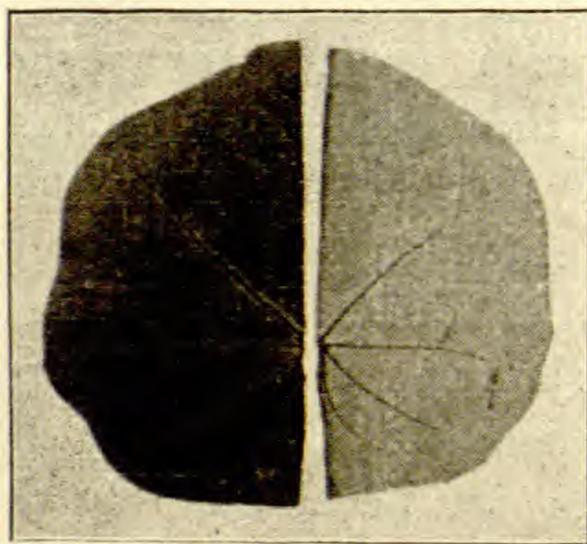


Abb. 1. S. Text.

beständig direktes Sonnenlicht genossen hatte, wurde knapp vor Sonnenuntergang abgeschnitten und mit der Schere halbiert. Die eine Hälfte wurde mit der Oberseite auf Wasser in eine große, mit Deckel verschließbare Kristallisierschale, die andere Hälfte wurde neben die Schale gebracht, und sodann wurden beide durch einen großen Pappsturz verfinstert. Durch Parallelversuche mit Schwesterblättern von derselben Pflanze stellte ich gleichzeitig fest, daß die Blätter soviel Stärke assimiliert hatten, daß sie, der Jodprobe unterworfen, schwarzblau wurden. Als nun nach Ablauf der Nacht am nächsten Tage die beiden Blatthälften mit der Jodprobe auf ihren Stärkegehalt geprüft wurden, zeigte sich zu meiner Überraschung, daß das turgeszente, im dunstgesättigten Raume gewesene Blatt tiefblau, das an der Luft liegende, inzwischen welk gewordene, aber noch lebende Blatt gelbbraun wurde, mit anderen Worten, das turgeszente Blatt war noch

stärkereich, das welche hingegen, abgesehen von den Schließzellen und stellenweise vom Geäder, stärkefrei. (Abb. 1.)

Es sei bemerkt, daß es für den Ausfall dieses Versuches nicht von wesentlicher Bedeutung ist, ob man die eine Blatthälfte direkt auf Wasser legt oder in dunstgesättigtem Raume aufhängt. Maßgebend bleibt, daß das Blatt in seiner Transpiration stark gehemmt wird.

Der geschilderte Versuch wurde im Laufe der beiden Jahre 1914 und 1915 während des Frühjahrs und Sommers mit mehr als hundert Blättern wiederholt und gab im wesentlichen stets dasselbe Resultat.

Um festzustellen, ob das so überaus rasche Verschwinden der Stärke in seiner Abhängigkeit von der Transpiration eine auf *Tropaeolum* beschränkte Eigentümlichkeit oder eine verbreitete Erscheinung ist, wurden dieselben Versuche auch mit anderen Pflanzen gemacht.

Versuche mit anderen Pflanzen.

Boehmeria utilis. Gesunde Topfpflanze. Viele Stunden im direkten Sonnenlichte. Abends ein Blatt abgeschnitten, halbiert und dann ebenso wie *Tropaeolum* behandelt. Am nächsten Morgen der Jodprobe unterworfen:

Blatthälfte im dunstgesättigten Raume: tiefblau,

„ „ trockenen „ : schwach gelbbraun,
nur in der Nähe der Schnittwunde blau.

Die Erscheinung, daß das unmittelbar an die Schnittwunde angrenzende Gewebe wegen seines Stärkegehaltes in einer Zone von $\frac{1}{2}$ —2 mm mit Jod tiefblau erscheint, habe ich bei vielen Blattarten vorgefunden.

Einschlägige Versuche mit den Blättern von *Urtica urens*, *Ipomoea* sp., *Galinsoga parviflora*, *Tolmiea Menziesii* und *Impatiens parviflora* verhielten sich bezüglich der Raschheit der Umwandlung der Stärke wie *Tropaeolum*blätter, so daß wir sagen können:

Abgeschnittene Blätter der genannten Pflanzen verlieren ihre Stärke in trockener Luft, also bei starker Transpiration, viel rascher als in dunstgesättigter Luft, wo die Transpiration ganz oder nahezu ganz verhindert ist.

Warum das so ist, bleibt vorläufig fraglich. Es ist aber nicht unwahrscheinlich, daß die Förderung der Stärkewandlung

durch die beim Welken des Blattes eintretende Konzentration gewisser Stoffe, vielleicht der Diastase, bewerkstelligt wird.

Die geschilderten Versuche stehen im Zusammenhange mit den mir später bekanntgewordenen von RYWOSCH¹⁾, der beobachtete, daß Topfpflanzen von *Impatiens Sultani* und abgeschnittene Sprosse von *Polemonium coeruleum* ihre Stärke verschieden rasch einbüßen, je nachdem sie sich unter Glocken in trockener oder feuchter Luft befanden. „Während die unter der trockenen Glocke verbliebenen Blätter mit der Jodprobe nur sehr wenig und recht blaß sich färbten, waren die unter der feuchten Glocke nach der Reaktion recht dunkel gefärbt²⁾.“

RYWOSCH schließt aus dem Ausbleiben der Stärkereaktion stets auf eine Auswanderung der Stärke bzw. des daraus entstehenden Zuckers aus dem Blatte. Obwohl ich keineswegs daran zweifle, daß eine Auswanderung stattfinden kann, und daß eine solche in den Versuchen von RYWOSCH auch tatsächlich stattgefunden haben dürfte, so muß ich doch betonen, daß Verschwinden der Stärke nicht gleichbedeutend mit Auswanderung ist, wie es RYWOSCH und viele andere Forscher annehmen, denn meine Experimente, die bloß mit der Blattspreite ohne Blattstiel gemacht worden sind, liefern den Beweis, daß die Stärke schon während einer Nacht vollends umgewandelt werden kann, ohne daß die Möglichkeit für die Auswanderung überhaupt gegeben ist, und daß man daher aus dem Verschwinden der Stärke zunächst nur auf eine Stärkeumwandlung schließen darf. Wie aus meinen Versuchen mit Blattspreiten deutlich hervorgeht, verschwindet unter günstigen Bedingungen der Transpiration schon während einer einzigen Nacht die Stärke vollends, obwohl das Umwandlungsprodukt aus dem Blatte gar nicht heraus kann. — Gewöhnlich wird angenommen, daß die Stärke im Blatte in Zucker verwandelt wird, und der Hauptsache nach wird dies in vielen Fällen auch richtig sein. Würde dies auch für abgeschnittene, stiellose Blätter gelten, dann sollte man erwarten, daß in meinen Versuchen die stark transpirierenden, entstärkten Blattspreiten nach der Stärkeumwandlung mehr Zucker enthalten als die turgeszenten, nur teilweise von Stärke befreiten. Wie sich die Sache wirklich verhält, zeigt der folgende Versuch:

An einem sonnigen Junitage, an dem *Tropaeolum*-pflanzen Gelegenheit hatten, reichlich zu assimilieren, wurden 80 gesunde,

¹⁾ RYWOSCH, S., Zur Stoffwanderung im Chlorophyllgewebe. Botan. Ztg. 1908, Jg. 66, I. Abt., p. 121.

²⁾ RYWOSCH, S., l. c., p. 123.

gut ausgebildete Blätter knapp vor Sonnenuntergang abgeschnitten und vom Blattstiel ganz befreit. 40 davon wurden in dunstgesättigten Raum und 40 in relativ trockene, reine Zimmerluft gelegt. Alle Blätter lagen auf Glasplatten mit der morphologischen Unterseite nach oben und waren durch große Pappstürze verfinstert. Hier blieben sie über Nacht. Morgens wurden die Blätter des dunstgesättigten Raumes, die ihre Turgeszenz vollständig bewahrt hatten, und ebenso die der trockenen Luft, die ziemlich welk, aber durchwegs lebensfähig waren, der Analyse unterworfen. Durch Parallelversuche habe ich mich auch wiederum überzeugt, daß die welken Blätter während der Nacht ihre Stärke vollständig umgewandelt hatten, die turgeszenten aber nur zum geringen Teile.

Herr Prof. Dr. H. ZIKES hatte auf mein Ersuchen die Güte — hierfür sei ihm auf das herzlichste gedankt —, die notwendigen Analysen vorzunehmen, und teilt mir darüber folgendes mit. Der Versuch wurde zweimal (Analyse I und II) gemacht.

Behufs der Zuckerbestimmung wurden die Blätter rasch zerschnitten, gewogen, mit Quarzpulver zerrieben und $\frac{1}{2}$ Stunde lang mit Wasser digeriert, bzw. extrahiert. Ein Teil des Extraktes wurde sofort zur Bestimmung des Zuckers nach ALLIHN durch Reduktion des Kupfers verwendet, der andere Teil wurde invertiert und dann die Menge der reduz. Subst. bestimmt.

Die welken Blätter enthalten (bezogen auf trockene Substanz):

nach Analyse I	4.6 %	direkt	reduzierende	Substanzen,
nach Analyse II	4.1 %	"	"	"
nach Analyse I	15.3 %	nach	Inversion,	
nach Analyse II	14.9 %	"	"	

Die turgeszenten Blätter enthalten:

nach Analyse I	6.4 %	direkt	reduzierende	Substanzen,
nach Analyse II	7.3 %	"	"	"
nach Analyse I	14.2 %	nach	Inversion,	
nach Analyse II	13.8 %	"	"	

Wie aus der Tabelle hervorgeht, hat sich meine Vermutung, daß die welken Blätter, die während der Nacht ihre Stärke vollends oder fast vollends eingebüßt hatten, mehr reduzierende Substanzen enthalten dürften, nicht bestätigt, denn laut beiden Analysen war die Menge reduzierender Substanzen gerade bei den turgeszenten Blättern beträchtlich größer, trotzdem sie nur einen Teil der Stärke umgewandelt hatten. Diese auf den ersten Blick recht auffallende Tatsache läßt sich am einfachsten mit der Annahme erklären, daß bei der Stärkeumwandlung der welken Blätter nicht bloß Glykose, sondern noch andere Stoffe (vielleicht Dextrine und verwandte

Substanzen) entstehen, die bei der Extraktion der Blätter nicht in Lösung gehen und daher bei der obigen Analyse fortfallen.

Um über die verschiedene Zeitdauer, innerhalb der die Stärke in welkenden und turgeszenten Blättern verschwindet, Aufschluß zu erhalten, wurden mehrere Versuche gemacht, von denen aus meinem Versuchsprotokoll folgendes angeführt sein soll.

Stärkereiche Blätter wurden am 19. VII. 1914 abgeschnitten, die Lamina halbiert und die zusammengehörigen Hälften nach verschieden langen Zeiten der Jodprobe unterworfen.

Nach Stunden	Stärkegehalt im Blatte	
	frisch	welk
2	viel	viel
5	viel	Stärke verschwunden, nur noch im Blattgäader vorhanden
8	viel	"
17	mäßig	Null
23	mäßig	Null
40	wenig	Null
60	Null	Null

Aus meinen Versuchen läßt sich ableiten, daß im allgemeinen in feuchter Atmosphäre die Stärke langsamer in den Blättern umgewandelt wird als in trockener. Und nun verstehen wir die von COSTERUS¹⁾ und FABER²⁾ festgestellte Tatsache, daß in dem feuchten tropischen Urwald die nächtliche Entleerung der Blätter von Stärke nur eine teilweise und keine vollkommene ist. Wenn wir bedenken, daß im tropischen Urwald Javas die Luft in der Nacht mit Wasserdampf gesättigt oder mindestens sehr feucht ist, so erscheint FABERs Befund begreiflich, ja er wäre nach meinen im vorhergehenden niedergelegten Beobachtungen über den Einfluß der Transpiration auf die Raschheit der Stärkeumwandlung eigentlich vorauszusehen gewesen³⁾.

1) COSTERUS, J. C., SACHS' Jodine Experiment tried in the Tropics. Ann. d. Jard. Bot. de Buitenzorg. Vol. XII. 1895, S. 73.

2) VON FABER, F. C., Physiolog. Fragmente aus einem tropischen Urwald. PRINGSHEIMS Jahrb. f. w. Bot. 1915, Bd. 56, p. 217.

3) Diese Abhandlung war im Jahre 1914 fertiggestellt und sollte noch nach verschiedener Richtung ausgestaltet werden. Da ich aber durch anderweitige Untersuchungen daran verhindert war und auch im nächsten Jahre verhindert sein werde, so habe ich mich zu ihrer Veröffentlichung in dieser kurzen Form entschlossen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1921

Band/Volume: [39](#)

Autor(en)/Author(s): Molisch Hans

Artikel/Article: [Über den Einfluß der Transpiration auf das Verschwinden der Stärke in den Blättern. 339-344](#)