

## 47. Peter Stark: Untersuchungen über Traumatotropismus.

(Mit 11 Abbildungen im Text.)

(Vorläufige Mitteilung.)

(Eingegangen am 23. August 1916.)

Seitdem DARWIN seine bekannten Untersuchungen über die Empfindlichkeit der Wurzelspitze für traumatische Reize veröffentlichte, ist über diesen Gegenstand viel gearbeitet und geschrieben worden, so daß wir von dem Traumatotropismus der Wurzeln ein ziemlich scharf umrissenes Bild zeichnen können. Dagegen hat man versäumt, andere Organe in systematischer Weise auf ein derartiges Verhalten zu untersuchen. Fingerzeige dafür, daß verwandte Erscheinungen auch anderswo auftreten, gibt es da und dort. SCHÜTZE fand, daß bei jungen Keimlingen von *Lupinus albus* durch Wurzelverletzung Krümmungen im Hypokotyl erzielt werden können, FITTING bespricht ausführlich tropistische Reaktionen, die bei einseitigen Einschnitten in die *Avenakoleoptile* zutage treten; SPERLICH und HEIDMANN endlich berichten von ähnlichen Reizerfolgen, die bei Dicotyledonenkeimlingen dann erzielt wurden, wenn das Hypokotyl mit einer Kerbe versehen oder ein Keimblatt entfernt oder in bestimmter Weise verletzt wurde. Jedoch lag in diesen Fällen die Möglichkeit vor, daß die Krümmung durch Korrelationen oder Ernährungseinflüsse mitbedingt, also nicht rein traumatisch war. Um diese Verhältnisse zu klären und um überhaupt die Verbreitung des Traumatotropismus im Pflanzenreich zu ermitteln, wurden die folgenden Untersuchungen angestellt. Es soll hier aber nur ein vorläufiger Überblick gegeben werden. Hinsichtlich der ausführlichen Literatur verweise ich auf die Hauptarbeit. Die Experimente wurden im botanischen Institut in Leipzig ausgeführt. Die allgemeine Versuchsmethodik war dieselbe wie bei meinen Untersuchungen über Haptotropismus.

### I. Entfernung von Organen und Organteilen.

#### 1. Keimpflanzen.

In Übereinstimmung mit HEIDMANN wurden bei verschiedenen Dicotyledonenkeimlingen (*Agrostemma*, *Cucurbita*, *Helianthus*, *Linum*, *Lupinus*, *Ricinus*, *Silybum*) im Keimstengel positive, nach der Wundstelle gewendete Krümmungen erzielt, wenn das Hypokotyl eines seiner Keimblätter beraubt wurde. Die Reaktion erschien nach

2 bis mehr Stunden und blieb bei manchen Arten dauernd erhalten, während bei anderen ein  $\pm$  weitgehender Rückgang bis zur Geradstreckung eintrat. Lichtkulturen geben im allgemeinen bessere Resultate; *Lupinus*, *Helianthus* und *Sinapis* liefern im Dunkeln überhaupt nur zweifelhafte Krümmungen; *Phaseolus vulgaris* bleibt sowohl im Dunkeln als auch im Licht gerade. Wird nur die vordere Hälfte des Kotyledo abgeschnitten, dann erscheinen nur schwache Reaktionen (*Silybum*, *Agrostemma*) oder sie fehlen überhaupt. (*Lupinus*, *Helianthus*.) Entfernt man erst den einen Kotyledo, und dann, wenn die Reaktion eingetreten ist, den zweiten, dann erfolgt höchstens Geradstreckung, keine Umkehr der Krümmungsrichtung. Wichtig für die theoretische Interpretierung ist folgender Versuch: Hypokotyle von *Silybum* wurden wenig unterhalb des einen Keimblatts mit einem tiefen Einschnitt versehen,

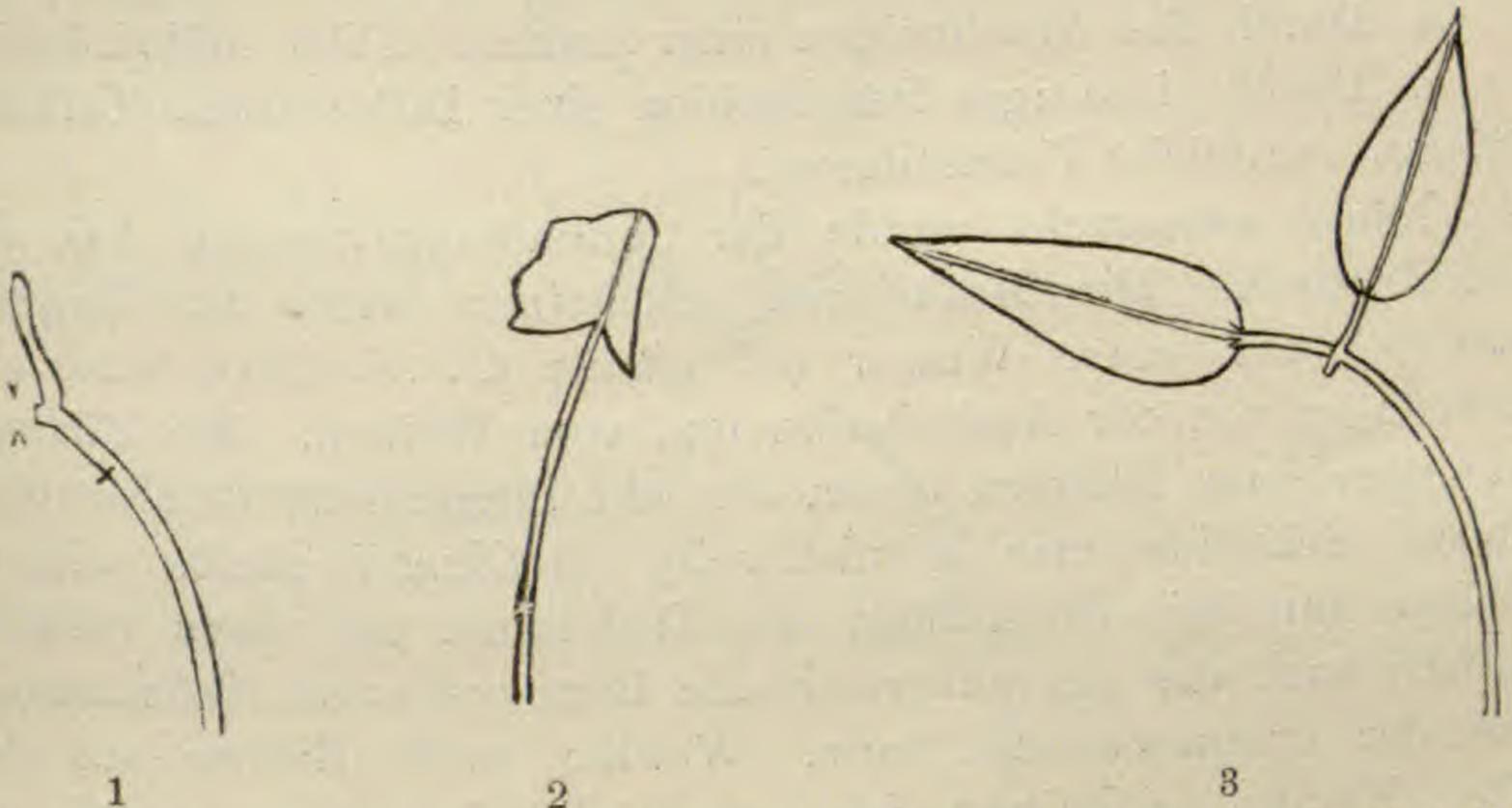


Abb. 1. Erklärung im Text. Abb. 2. *Ficaria ranunculoides*. Lamina halb abgeschnitten. Abb. 3. *Clematis Lucie Lemoine*. Fiederblättchen abgeschnitten.

in den zur Unterbrechung des Reservestoffstroms ein Glimmerblättchen geschoben wurde. Entfernt man nun, nachdem sich die durch den Eingriff bedingte Krümmung ausgeglichen hat, den darüberstehenden Kotyledo, dann krümmt sich das ganze Hypokotyl, obwohl in diesem Fall durch den zweiten Eingriff auf der Wundflanke kein weiterer Entzug von Reservematerialien hervorgerufen werden kann. Dies spricht gegen die Deutung, die HEIDMANN seinen Versuchen gegeben hat (Abb. 1).

## 2. Ältere Pflanzen.

Entsprechende, ebenfalls stets positiv gerichtete Reaktionen können auch bei älteren Pflanzen hervorgerufen werden, und zwar durch die verschiedenartigsten Eingriffe:

1. Durch Entfernen der einen seitlichen Laminahälfte eines ungeteilten Blattes; dann krümmt sich entweder bloß der Lamina-rest der Wundflanke zu, was man rein mechanisch durch lokale Wachstumshemmung erklären könnte (*Diplacium ceylanicum*) oder aber auch der Blattstiel beteiligt sich an der Reaktion (*Viola odorata*, *Ficaria ranunculoides* (Abb. 2).

2. Durch einseitiges Entfernen der Fiederchen eines gefiederten Blattes; diese Reaktionen sind im Pflanzenreiche ungemein verbreitet; besonders günstige Versuchsobjekte stellen *Clematis*arten dar (Abb. 3), ferner Rosaceen, Papilionaceen und Umbelliferen.

3. Durch das Abschneiden eines Blattes (*Sonchus palustris*) oder einer Blattzeile (*Ludovica palustris*, *Diervillea florida*, *Plectranthus glaucocalyx*). Die Krümmung wird vom Sproß vollzogen und pflanzt sich mitunter 1 dm weit im Stengel fort (*Clematis paniculata* u. a.).

4. Durch das Abschneiden einer Astzeile (*Pilea callitrichoides*).

5. Durch einseitiges Beschneiden einer Infloreszenz (*Lathyrus latifolius*, zahlreiche Umbelliferen).

Näher untersucht wurde der Krümmungsvorgang bei den Fiederblättern. Die Reaktionen erscheinen auch im Dunkeln (*Rosa* sp.) und unter Wasser (*Cl. vitalba*, *Cl. tubulosa*), sind also unabhängig von der Assimilation und vom Welken. Bei Pflanzen mit opponierten Blättern treten oft sehr interessante Reizleitungen zutage. Schneidet man beispielsweise bei *Clematis vitalba* oder *Cl. tubulosa* nur bei einem Blatt die Fiederchen ab, dann vollzieht vielfach auch das gegenüberstehende Blatt synchrone Krümmungen nach der entsprechenden Seite. Werden beide Blätter auf derselben Flanke beschnitten, dann greift die Krümmung häufig sowohl akropetal als auch basipetal auf den Stengel über, so daß sich der gesamte Sproß nach der verletzten Seite überneigt. (*Sambucus nigra*, *Clematis vitalba*.)

## II. Verschiedenartige Blattverletzungen.

Es handelte sich zunächst darum festzustellen, ob es notwendig ist, zur Erzielung einer Reaktion ganze Blätter oder Blatteile zu entfernen, oder ob es schon genügt, die Lamina in irgendwelcher Weise zu verletzen. Besteht doch die Möglichkeit, daß für den Eintritt der Krümmung weniger das Vorhandensein der Wunde als das Fehlen eines Organs oder Organteils maßgebend ist. Schon SPERLICH und HEIDMANN haben entsprechende Versuche angestellt, auf die ich aber an dieser Stelle nicht eingehen will. Meine eigenen Experimente mit Keimpflanzen verliefen der Mehrzahl

nach negativ. Keimlinge von *Lupinus* und *Sinapis* konnten weder durch mehrfaches Durchstechen, noch auch durch Ansengen und Anätzen der Lamina mit glühenden Glasstäben und Höllenstein zu Krümmungen veranlaßt werden. Dagegen war bei *Agrostemma*, *Cannabis* und *Linum* eine solche Reizung mit Höllenstein von schwachem Erfolg begleitet.

Die Versuche mit älteren Pflanzen erstreckten sich hauptsächlich auf gefiederte Blätter und führten zu folgenden Ergebnissen. Einschnitte in die Spitze der Fiederblättchen sind fast ausnahmslos ohne jede Wirkung. Werden jedoch die Seitenfieder-

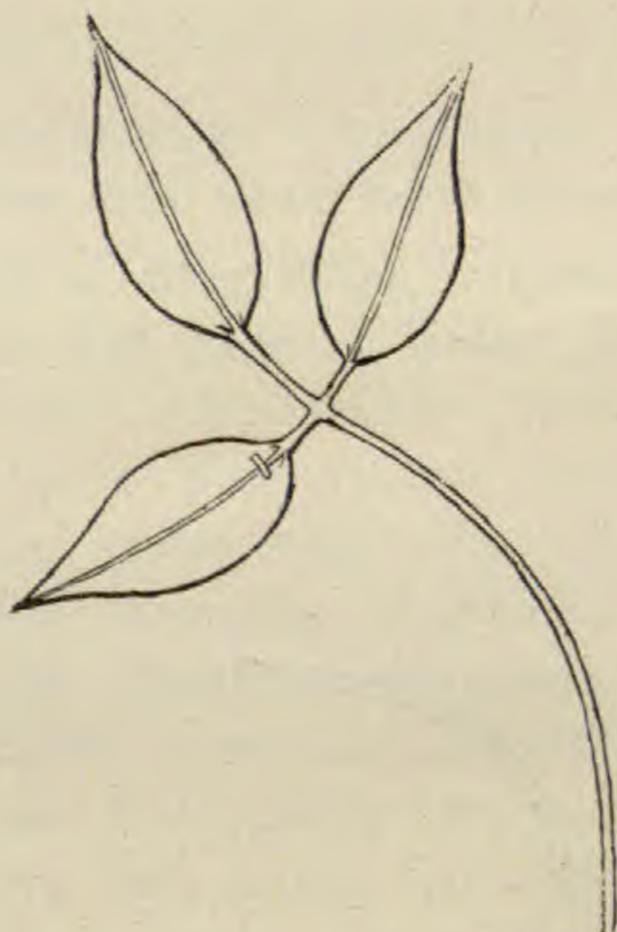


Abb. 4. *Clematis Lucie Lemoine*. Nerv eines Seitenfiederchens durchschnitten.

chen (oder die seitliche Hälfte eines ungeteilten Blattes) siebartig durchlöchert, dann treten mitunter ausgeprägte positive Krümmungen zutage (*Clematis tubulosa*, *Dicentra spectabilis*, *Viola odorata*). Die besten Reizerfolge erhält man aber dann, wenn man den Hauptnerv eines Fiederblättchens (*Clematis*- und *Rosa*arten, *Glutea arborescens* (Abb. 4) oder die Seitennerven eines ungeteilten Blattes (*Viola odorata*, *Acer pseudoplatanus*) durchschneidet. Darnach könnte es scheinen, daß in erster Linie die Unterbrechung der Leitungsbahnen für die Wundreaktionen verantwortlich zu machen sei, wir werden jedoch bald sehen, daß dies nicht zutrifft.

### III. Quereinschnitte in Axenorgane und Gramineenkeimscheiden.

Wenn man das Hypokotyl von Dicotyledonenkeimlingen etwas unterhalb der Keimblätter durch einen einseitigen Einschnitt verletzt, so tritt bei allen daraufhin untersuchten Arten eine Krümmung nach der Wundflanke ein. Ein besonderes Ausmaß erreichen diese Reaktionen bei etiolierten Keimlingen im Dunkeln, und hier schreiten sie gewöhnlich bis zur Hypokotylbasis fort. Die Reaktionszeit und der Krümmungsausgleich sind von Art zu Art verschieden, jedoch spielen sich die gesamten Prozesse wesentlich schneller ab, als bei Entfernung eines Keimblatts. Die Lage der Kerbe zur Insertionsstelle der Kotyledonen hat keinen Einfluß auf den Krüm-

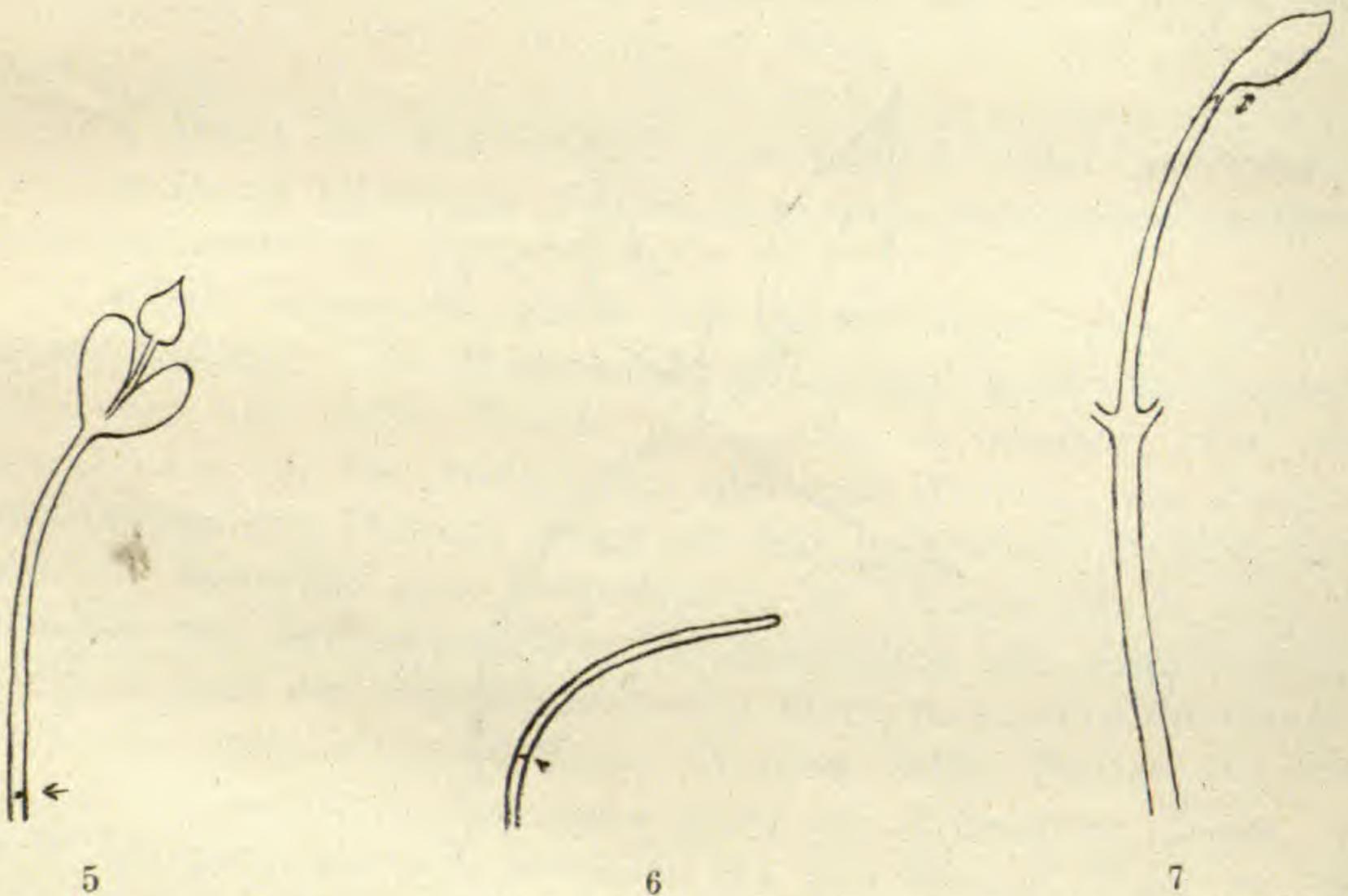


Abb. 5. *Phaseolus vulgaris*. Kerbe basal. Abb. 6. *Avena sativa*. Kerbe basal.  
Abb. 7. *Clematis Jackmanni*. Sproßspitze mit Höllenstein gereizt.

mungsverlauf. Legt man den Einschnitt an die Basis des Hypokotyls, dann schreitet die Reaktion spitzenwärts bis zu den Kotyledonen fort. War die Stengelbasis schon ausgewachsen, dann bleibt sie gerade, bloß die Spitze krümmt sich und Reaktionszone und Perzeptionszone sind getrennt (analog wie beim Haptotropismus) (Abb. 5).

Ganz entsprechend verhalten sich auch Epikotyle (*Phaseolus multiflorus*, *Vicia Faba*) und Gramineenkeimscheiden (*Avena*, *Secale*, *Triticum*, *Hordeum*) (Abb. 6). Stellt man die Gramineenkulturen unter Wasser, so daß etwa 1 cm in die Flüssigkeit eintaucht, und

bringt dann nach einigen Stunden unter dem Wasserspiegel eine Kerbe bei, dann erscheinen die Reaktionen ohne sichtbare Dämpfung.

Im wesentlichen übereinstimmend verliefen auch die Experimente mit älteren Pflanzen. Die Wirksamkeit von Einschnitten wurde sowohl bei Blattstielen (*Ribes rubrum*, *Viola odorata*) als auch bei Sprossen (*Clematis vitalba*) festgestellt. Dabei zeigten sich mitunter auffällige Reizleitungen von 1 dm und mehr (Blattstiele von *Aralia racemosa*, Sprosse von *Clematis paniculata*) (Abb. 7). Erwähnung verdient, daß bei *Sambucus nigra* sich auch die Blattstiele an der Reaktion beteiligten, wenn unterhalb ihrer Ansatzstelle — und zwar senkrecht zur Insertionsebene — im Sproß eine Kerbe angebracht wurde.

#### IV. Längskerben, oberflächliche Verletzungen und Stiche bei Axenorganen und Gramineenkeimscheiden.

Die Quereinschnitte, über deren Wirksamkeit soeben berichtet wurde, waren so tief, daß dadurch sicher die Leitungsbahnen der verletzten Flanke mehr oder minder weitgehend unterbrochen wurden. Ist ein solcher Eingriff zur Erzielung von traumotropischen Reaktionen notwendig? Zur Klärung dieser Frage wurden einige weitere Versuche angestellt. Die Quereinschnitte wurden zunächst durch ebenso tiefgehende Längskerben ersetzt. Sowohl bei Hypokotylen (*Lupinus*, *Helianthus*, *Phaseolus vulgaris*, *Cucurbita*) als auch bei Koleoptilen (*Avena*, *Triticum*, *Hordeum*) erfolgten auch in diesem Fall starke Krümmungen, die in derselben Weise auf nicht gereizte Zonen übergriffen. Bei *Sorghum saccharatum* erschien die Reaktion nicht in der verletzten Koleoptile selbst, sondern an der Spitze des Hypokotyls. Ähnlich war der Erfolg, wenn der Keimstengel von *Phaseolus vulgaris* auf der einen Flanke mehrmals mit einer feinen Nadel gestochen wird. Ja sogar ein einmaliger Einstich von 1 mm Tiefe führte noch bei über der Hälfte der Individuen zu deutlichen, die ganze Wachstumszone ergreifenden Reaktionen. Aber auch bei diesen Versuchsanordnungen sind wenigstens lokale Verletzungen der Gefäßbündel anzunehmen. Deshalb wurde in weiteren Experimenten mit einem scharfen Rasiermesser ein Stückchen Epidermis mit nur wenig darunter liegenden Gewebe entfernt. Auch hier waren positive Resultate zu verzeichnen, die nicht ausblieben, wenn die Wunde mit einem nassen Wattebausch umwickelt wurde (*Phaseolus vulgaris*).

## V. Brand- und Aetzwunden.

### 1. Brandwunden.

Schon DARWIN fand, daß die traumatotropischen Reaktionen der Wurzeln nicht nur durch Einschnitte, sondern auch durch Brennen und Aetzen mit Höllenstein hervorgerufen werden können. Dasselbe gilt auch für die hier behandelten pflanzlichen Organe. Über die Brandwunden, die durch kurze Berührung mit einem glühenden Glasstab erzielt wurden, kann ich mich, da hierbei nichts

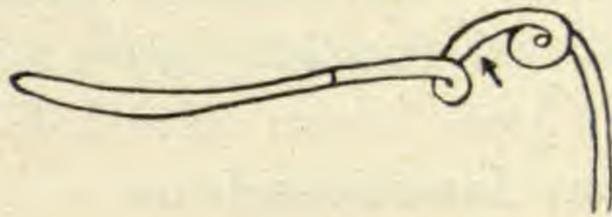


Abb. 8. *Sorghum vulgare*. Hypokotyl mit Höllenstein betupft.

wesentlich neues zutage trat, kurz fassen. Im allgemeinen war der Erfolg schwächer als bei Quereinschnitten. Jedoch konnten auch hier sowohl basipetale als auch akropetale, mehrere cm umfassende Reizleitungen beobachtet werden. (*Vicia Faba*, *Helianthus*.)

### 2. Aetzwunden.

Im Gegensatz zu den Brandwunden waren Aetzwunden bei den meisten Objekten von dem höchsten Wirkungsgrad und führten bei den Gramineen zu viel stärkeren Ausschlägen als Quereinschnitte. Bei *Avena* genügt schon ein einmaliges Betupfen mit dem Höllensteinstift, um deutliche Reapositionstransformationen zu erzielen.



Abb. 9. *Zea Mays*. Spitze mit Höllenstein betupft.

Mehrmaliges Betupfen verursacht bei *Panicum* und *Sorghum* vielfach ganz eigenartige spiralförmige Krümmungen und mehrfache Schlingenbildungen, die an entsprechende Bilder bei Wurzelspitzen erinnern, nur daß hier der Drehungssinn umgekehrt ist. (Abb. 8.) Im Zusammenhang mit dieser hohen Sensibilität steht die sehr kurze Reaktionszeit (bei *Avena* mitunter bloß 10 Minuten), ferner die bedeutenden Reizleitungsvorgänge, die insbesondere bei den Gramineen

binnen kürzester Frist die ganze Wachstumszone mit in die Reaktion einbeziehen, gleichgültig an welcher Stelle die Verletzung beigebracht wurde. Bei Gramineen mit stark ausgebildetem Hypokotyl schreitet die Krümmung ungehindert über die Grenze von Hypokotyl und Koleoptile fort. (Abb. 9.) Gewöhnlich zeigt die Koleoptile eine viel geringere Reizempfindlichkeit, und so kann es kommen, daß bei lokaler Aetzung der Koleoptile der Reizerfolg bloß im Hypokotyl zutage tritt, wie ich dies ja auch häufig beim Haptotropismus beobachtet habe (*Panicum, Sorghum*). Die Wirkung einseitigen wiederholten Betupfens oder Streichens mit Höllenstein wird nicht in wahrnehmbarer Weise gehemmt, wenn haptotropisch gegengereizt wird.

Die Versuche mit älteren Pflanzen führten besonders bei verschiedenen *Clematis*sprossen zu schönen Ergebnissen. Auch hier konnte, wie bei einseitigen Einschnitten in den Sproß, ein Übergreifen der Reaktion auf die Blattstiele ermittelt werden.

## VI. Reizung alternierender Flanken.

Reizt man gegenüberliegende Punkte des Keimstengels oder der Koleoptile mit derselben Intensität, indem man gleich tiefe Kerben anbringt, oder gleich oft mit Höllenstein betupft, dann bleibt eine Krümmung aus. Bloß dann, wenn der Wundreiz abgestuft wird, erfolgt wie bei den Wurzeln eine Reaktion im Sinne der stärkeren Reizung. Ebenso tritt eine Krümmung gewöhnlich dann ein, wenn sich bei gleich starker Dosierung die beiden verletzten Punkte der opponierten Flanken nicht genau gegenüberliegen, sondern einen gewissen vertikalen Abstand voneinander besitzen. Jedoch zeigten in dieser Hinsicht Gramineen- und Dicotyledonenkeimlinge keine völlige Uebereinstimmung. Bei den Dicotyledonen erfolgte bei gegensinniger Reizung der Spitze und der Basis meist nur Reaktionen im Sinne der Spitzenreizung, die sich aber der Mehrzahl nach auf die Nachbarschaft der Wundstelle beschränkten (*Sinapis, Vaccaria*). Offenbar also gelangt der basale Reiz infolge des von der Spitze zugeleiteten gegensinnigen nicht zum Austrag. Ganz ohne Wirkung ist er jedoch nicht, denn erstlich verhindert er die Spitzenkrümmung daran, in basalere Regionen hinabzugreifen und ferner setzt er die Zahl der überhaupt auftretenden Spitzenkrümmungen herab. Bei den Gramineen begegnen wir etwas anderen Verhältnissen. Aus der großen Anzahl der Versuche seien hier nur ganz wenige herausgegriffen. Wir müssen hier den *Avenatypus* (mit nur unbedeuten-

dem oder fehlendem Hypokotyl) von dem *Panicum*typus (mit stark ausgebildetem Hypokotyl) unterscheiden.

Beginnen wir mit dem *Avenatypus*, und zwar mit *Hordeum*. Werden Gerstenkeimlinge bloß an der Spitze oder bloß an der Basis der Koleoptile gereizt, dann tritt in beiden Fällen etwa bei  $\frac{2}{3}$  aller Individuen eine positiv traumatotropische Reaktion ein, doch erweist sich die letztere Art der Verwundung insofern als wirksamer, als hier bei fast sämtlichen Keimlingen die Krümmung bis in die Spitze fortschreitet, während eine solche Leitung im ersten Fall nur bei einer Minderzahl eintritt. Im Einklang damit steht der Erfolg bei gegensinniger Reizung von Spitze und Basis. Abgesehen von einer einzigen Spitzen- und einer S-Krümmung verlief der Versuch, der mit 41 Individuen angestellt wurde, annähernd so, wie wenn bloß die Basis gereizt worden wäre. Es erschienen 25 Reaktionen im Sinne der Basis, von denen sich 15 bis zur Spitze ausbreiteten. Dieses Verhalten ist dem von *Sinapis* und *Vaccaria* gerade entgegengesetzt. Daß es sich hier nicht um einen Zufall handelt, ist aus der Tatsache zu ersehen, daß die Experimente mit *Secale*, *Avena* und *Triticum* sich in genau derselben Weise abspielten. Offenbar also muß die Sensibilität der Basis weit größer sein, da ein oft von 3 cm zugeleiteter Reiz einen ebenso starken in der Perzeptionszone auszulöschen vermag. Rückt man die Wundstellen etwas näher aneinander, dann erscheint das Bild nicht so einheitlich, die Reaktionen im Sinne der Basis zeigen noch ein deutliches Übergewicht, es gesellt sich aber ein kleiner Prozentsatz entgegengesetzter Krümmungen und vereinzelte S-Kurven dazu.

Etwas komplizierter liegen die Verhältnisse beim *Panicum*typus. Hier liegt die maximale Empfindlichkeit in der obersten Zone des Hypokotyls; die Reizung der Hypokotylspitze hat den größten Erfolg und die Reaktion pflanzt sich sehr stark basalwärts fort. Die Koleoptile wird ihrem geringen Wachstum entsprechend nur in beschränktem Maße in die Krümmung mit einbezogen. Aber auch dann, wenn die Koleoptile oder die Hypokotylbasis lokal gereizt wird, dann erscheint die Reaktion gewöhnlich in der Hypokotylspitze, und sie erreicht auch hier ihr stärkstes Ausmaß, so daß man einem solchen Keimling schwer ansehen kann, wo er gereizt wurde. Reizt man nun Koleoptile und Hypokotylspitze gegensinnig, so gestaltet sich der Krümmungsverlauf so, wie wenn bloß das Hypokotyl gereizt worden wäre (*Sorghum saccharatum*). Erstreckt sich die gegensinnige Verwundung auf Koleoptile und Hypokotylbasis, dann ist das Krümmungsbild

in den Anfangstadien ganz ähnlich. Die überwiegende Mehrzahl der Reaktionen folgt dem basalen Reiz, nur wenige entsprechen der Spitzenverwundung. (*Panicum miliaceum*, *Sorghum vulgare*). Beide machen sich aber hauptsächlich in der Hypokotylspitze, also fern vom Perzeptionsort geltend. (Abb. 10.) Interessant ist nun der weitere Verlauf des Versuches. Die Krümmungen im Sinne der Basis gehen mehr und mehr zurück, dagegen treten mit einiger Verspätung solche im Sinne des Koleoptilreizes auf, ebenfalls vorwiegend in der Hypokotylspitze. Es verdient Erwähnung, daß bei ein und demselben Keimling die Reaktion in dieser Weise umschlagen kann. Man könnte diese Vorgänge durch verschieden schnelle Leitung in akropetaler und basipetaler Richtung erklären. Abgesehen davon aber, daß der Weg von der Koleoptile zur Hypokotylspitze viel geringer ist, als der von der Basis zur Spitze des Hypokotyls, ist dagegen geltend zu machen, daß in Versuchen mit alleiniger Reizung der Koleoptile und Hypokotylbasis eine solche



Abb. 10. *Sorghum vulgare*. Gegensinnig mit Höllenstein gereizt.

Verschiedenheit nie in auffälliger Weise zutage trat. Wir gelangen somit zum Schlusse, daß bei gegensinniger Reizung der Koleoptile und Hypokotylbasis zuerst — der stärkeren Empfindlichkeit des Hypokotyls entsprechend — der basale Reiz zum Austrag kommt und erst dann beim Ausklingen der Erregung der solange in der Koleoptile aufgesparte Spitzenreiz. Bei gegensinniger Reizung von Hypokotylspitze und Koleoptile jedoch ist die Differenz der Sensibilitäten so groß, daß die Spitzenreizung überhaupt ausgelöscht wird. Auf das etwas verschiedene Verhalten von *Phalaris* und *Zea* will ich an dieser Stelle nicht eingehen.

## VII. Versuche mit dekapitierten Keimlingen.

Die Versuche mit dekapitierten Keimlingen sollten zunächst Aufschluß darüber bringen, ob Quereinschnitte im Hypokotyl auch

dann wirksam sind, wenn durch Entfernung der Keimblätter der Strom der darin aufgespeicherten Reservestoffe ausgeschaltet wird. Es wurde also das Hypokotyl dicht unterhalb der Kotyledonen durchgeschnitten, und dann der Stumpf nahe der Schnittfläche mit einer oder mehreren einseitigen Querkerben versehen. Die meisten Versuchsserien verliefen negativ; das Auftreten einiger erfolgreichen Serien (*Helianthus*, *Sinapis*, *Linum*) legte jedoch die Vermutung nahe, daß in vielen Fällen die Reaktion vielleicht bloß durch Wundchock unterdrückt ist. Tatsächlich wurde der Erfolg wesentlich gesteigert wenn nicht die ganze Keimlingsspitze mit Plumula, sondern bloß die beiden Kotyledonen abgeschnitten wurden, und es reagierten jetzt auch Arten, die bei der ersten Versuchsanordnung keine Krümmungen lieferten (*Phaseolus vulgaris*, *Ricinus communis*).

Weiterhin ergaben dann die Versuche, daß im Gegensatz zu den Dicotylen dekapitierte Gramineenkeimlinge (*Secale*, *Avena*, *Triticum*, *Hordeum*) bei einseitiger Verletzung — sei es durch Kerben, sei es durch Höllenstein — noch sehr zahlreiche, bedeutende



Abb. 11. *Sorghum*, nach einseitiger Spitzenreizung dekapitiert.

Krümmungen vollführen, daß also sowohl das Perzeptions- als auch das Reaktionsvermögen nur wenig herabgesetzt ist. Dadurch bot sich die Möglichkeit, eine neue Frage zu prüfen. Ist zum Eintritt der Reaktion das Vorhandensein der Wunde notwendig? SPALDING hat bewiesen, daß dies bei Wurzeln nicht der Fall ist. Das gilt auch für unsere Objekte. Werden Keimlinge von Gramineen an der Spitze verletzt, und dann mehrere mm unterhalb der Wundstelle dekapitiert, so führt — allerdings bei einer Minderzahl der Individuen — der Stumpf eine entsprechende traumatotrope Krümmung aus (*Avena*, *Sorghum*, Abb. 11).

Erwähnt mag noch werden, daß — wiederum im Einklang mit den Wurzelspitzen — eine Reaktion dadurch erzielt werden kann, daß die Spitze des Kotyledo schief dekapitiert wird, und zwar krümmt sich dann der Keimling nach der kürzer gewordenen Flanke (*Avena*, *Hordeum*).

### VIII. Einfluß der Aethernarkose.

Werden Keimlinge von *Avena*, *Triticum* und *Hordeum* nach einseitiger Verletzung in eine Ätheratmosphäre gebracht, dann erscheinen dessenungeachtet bei zahlreichen Individuen traumatotropische Krümmungen. Eine Dämpfung infolge der Narkose gibt sich allerdings darin zu erkennen, daß die Krümmungen schwächer und weniger häufig sind als in Kontrollserien. Werden die Versuchspflanzen nach 2—3 Stunden wieder in normale Luft gebracht, dann wird die Zahl der Krümmungen bedeutend vermehrt.

Aus diesen Experimenten ist zu ersehen, daß die Reaktionsfähigkeit in der Narkose erhalten bleibt. Wie steht es dagegen mit dem Perzeptionsvermögen? Darüber gaben Versuche Auskunft, in denen die Keimlinge 2 Stunden vor der Verletzung in den Ätherraum gestellt, dann gereizt und weiterhin unter der Glocke belassen wurden. Jetzt blieben die Krümmungen aus, der Reiz wurde aber nicht perzipiert. Der Einwand, daß die Pflanzen durch den langen Aufenthalt in der Narkose (5 Stunden) geschädigt worden sein könnten, erledigt sich dadurch, daß auch hier nach dem Verbringen in Luft traumatotropische Krümmungen vollzogen wurden. Jetzt erst wird der Reiz der weiterbestehenden Wunde perzipiert. Schneidet man nach Abnahme der Glocke die Spitze der Koleoptile dicht unterhalb der Wunde ab, so bleibt eine Reaktion aus, die ja auch unter diesen Umständen erfolgen müßte, wenn schon in der Narkose eine Perzeption stattgefunden hätte.

### IX. Unterbrechung der Leitungsbahnen.

FITTING hat gezeigt, daß bei *Avena*keimlingen der phototropische Reiz auch dann zur Basis geleitet wird, wenn der Verbindungsweg durch einen einseitigen Einschnitt beliebiger Orientierung unterbrochen oder wenn eine direkte Zuleitung durch doppelte Einschnitte unmöglich gemacht wird. Zu ähnlichen Folgerungen gelangt er für den Wundreiz bei Wurzeln. Damit stehen nun auch meine eigenen Versuche mit Gramineenkoleoptilen im Einklang. Keimlinge von *Avena*, *Triticum*, *Hordeum* und *Secale* wurden 1 cm unterhalb der Spitze mit einem tiefen Quereinschnitt versehen. Dann trat die übliche traumatotropische Reaktion auf, die sich bei zahlreichen Individuen nach einigen Stunden wieder ausglich. Hierauf wurde oberhalb der Kerbe eine neue Verletzung — meistens mit Höllenstein — beigebracht. Bei einigen Individuen pflanzte sich nun fast in jeder Serie die erneute Krümmung über den Quereinschnitt fort, gleichgültig, welche Orientierung die zweite Verletzung zur ersten hatte. Wird die direkte Verbindung zwischen Spitze

aus Basis nicht nur einseitig, sondern durch zwei von entgegengesetzten Seiten kommende übergreifende Einschnitte vollständig unterbrochen, dann erleidet das Resultat kaum eine Änderung. Darnach gelangen wir, wie auch FITTING zu dem Schluß, daß der Reiz um die Ecke geleitet werden kann. Ein Einwand kann freilich, besonders im Hinblick auf die Untersuchungen PAALS gemacht werden. Die Leitung könnte vielleicht doch geradlinig durch Diffusion über die Wundfläche fortschreiten. FITTING schaltete diese Deutung dadurch aus, daß er Stanniolblättchen in die Einschnitte legte. Ich selbst machte ähnliche Versuche mit Glimmerscheiben, da diese aber gewöhnlich beim Wachstum herausgeschoben werden, so führte bis jetzt erst ein Versuch mit *Avena* zu deutlichen, positiven Resultaten. Indes habe ich wie FITTING vielfach beobachtet, daß die Reizleitung über die Quereinschnitte auch dann stattfindet, wenn die Wundränder klaffen, wenn also eine Diffusion unmöglich ist. Darnach scheinen die Verhältnisse beim Traumatotropismus der Koleoptilen ähnlich zu liegen, wie beim Phototropismus.

### X. Das Wachstum verwundeter Keimlinge.

Untersuchungen mit dem Horizontalmikroskop, in denen das Fortschreiten der Koleoptilspitze besonders von *Avena*keimlingen mehrere Stunden hindurch verfolgt wurde, sollten darüber Aufschluß geben, in welcher Weise das Wachstum durch verschiedenartige Verletzungen beeinflußt wird. Es zeigte sich, daß stärkere Wundreize — allseitig wirkende sowohl wie auch einseitige — zu einer dauernden Wachstumshemmung führen. Dagegen ergab sich, daß oberflächliche Verwundungen — ein- bis zweimaliges Betupfen mit Höllenstein — den mittleren Zuwachs kaum in nennenswerter Weise beeinflußt oder sogar von Wachstumsbeschleunigung begleitet ist. Es wurden Fälle beobachtet, bei denen sich die traumatotropische Reaktion mit dauernd gesteigertem Wachstum vollzog. Obwohl dies nicht gar zu häufig zutraf, so zeigt es doch, daß die Beeinflussung der mittleren Wachstumsgeschwindigkeit nur von sekundärer Bedeutung ist, daß die Krümmungen sowohl bei Wachstumsbeschleunigung als auch bei Wachstumshemmung ablaufen können. Bloß darauf kommt es eben an, daß ein Gefälle der Wachstumsgeschwindigkeit in den gegenüberliegenden Flanken geschaffen wird.

### XI. Allgemeine Folgerungen.

Es soll zum Schlusse noch unsere Aufgabe sein, die allgemeinen Folgerungen aus unseren Beobachtungen zu ziehen. Die

Versuche, die den Ausgangspunkt bildeten — das Entfernen von Organen und Organteilen — sind so vieldeutig, daß sie keineswegs beweisen, daß der Wundreiz als solcher bei der Krümmung das wirksame Agens ist. Die Reaktion könnte vielmehr bedingt sein durch folgende Faktoren: 1. Korrelationen, verursacht durch die Ausschaltung eines großen Gewebekomplexes vom Lebensgetriebe; 2. Wachstumshemmung oder Wachstumsstillstand, rein mechanisch wirkend; 3. Ernährungsverschiedenheiten beider Flanken; 4. Welken (Transpirationsverlust). All diese Möglichkeiten mußten berücksichtigt werden, und sie bestimmten den Gang der Untersuchung. Ich beschränke mich auf die Ergebnisse mit Keimlingen, da hier die größere Fülle von Tatsachen vorliegt. Aus der Tatsache, daß es gar nicht notwendig ist, Organteile zu entfernen, sondern daß auch andersartige Verwundungen, und zwar auch solche, die den Zusammenhang zwischen Organ und Axe in keiner Weise unterbrechen, wirksam sind, folgt, daß Korrelationen nicht wesentlich beteiligt sind. Natürlich ist nicht ausgeschlossen, daß sie den Erfolg dann und wann verstärken. Da solche leichteren Verwundungen auch dann zu Krümmungen führen, wenn die Transpiration völlig verhindert wird, so kann es sich nicht um einen Welkungs Vorgang handeln. Ebenso wenig können die Verhältnisse rein mechanisch durch Wachstumshemmung erklärt werden. Denn der Reiz wird oft bis zu einem dm von der Wundstelle weggeleitet, und manchmal erscheint die Reaktion ganz irgend wo anders, als dort, wo gereizt wurde. Ferner ergaben Wachstumsmessungen, daß sich die Krümmung mitunter mit erhöhter Wachstumsgeschwindigkeit abspielt. Schließlich führt auch die Berücksichtigung des Nährstoffstroms zu keiner befriedigenden Lösung. Schneidet man z. B. einem *Helianthus*keimling einen Kotyledo ab oder bringt man direkt unter dessen Ansatzstelle einen Quereinschnitt an, dann krümmt sich das Hypokotyl nach der Wundstelle. Ist dies eine Folge davon, daß der Strom der Reservestoffe hälftig unterbrochen wird und die Wundflanke gewissermaßen in Hungerzustand versetzt wird? Keineswegs; denn eine genau gleichgerichtete Krümmung erscheint dann, wenn der Schnitt ganz an die Basis gelegt wird. Nun mußte ja über die Schnittfläche eine Anreicherung von Reservestoffen stattfinden. Aber noch mehr: Entferne ich beide Kotyledonen oder dekapitiere ich den Keimling an der Spitze und füge dann eine einseitige Kerbe hinzu, dann erscheint die Krümmung trotzdem. Ich brauche nicht weiter ausführen, daß dieselben Argumente sich dagegen geltend machen ließen, wollte man für den Erfolg die Unterbrechung des vom Boden aufsteigenden Nähr-

salzstroms verantwortlich machen. Alle diese Einwände erledigen sich schon deshalb, weil auch Wundreize wirksam sind, welche die Leitungsbahnen überhaupt nicht antasten und nur zu ganz oberflächlichen Verletzungen führen. Ich habe aus der Fülle des Beweismaterials nur ganz wenig herausgegriffen, aber schon dies genügt, um den Schluß zu erhärten, daß der Wundreiz an sich schon Reaktionen auszulösen vermag, daß wir also mit Recht von Traumatotropismus reden können. Wie wirkt aber dieser Wundreiz? Das ist für unsere Fälle ebensowenig geklärt wie für den Wurzeltraumatotropismus. Es ist von verschiedenen Forschern auf die Möglichkeit hingewiesen worden, daß in den absterbenden Zellen Stoffe entstehn, die sich von der Wundstelle aus verbreiten und die Krümmung verursachen. Damit wäre der Traumatotropismus dem Chemotropismus nahegerückt. Aber beweisende Daten fehlen noch und die entscheidenden Faktoren könnten in einer ganz anderen Richtung liegen. Vorläufig ist das Problem durchaus noch nicht spruchreif. Trotz all dieser Unsicherheit aber steht der Traumatotropismus als scharf umgrenzte Reizerscheinung vor unseren Augen. Dafür haben unsere Versuche mit zahlreichen Pflanzenorganen neues Material geliefert. Ein auffallender Unterschied zu den Wurzeln trat freilich zutage: die Reaktionen von denen hier berichtet wurde, waren fast ausschließlich positiv traumatotropisch. Daß unter bestimmten Umständen auch negative Krümmungen auftreten können, davon zeugen Angaben von FITTING, SPERLICH und HEIDMANN, auch mir sind solche dann und wann begegnet, doch soll hierüber erst später berichtet werden. Abgesehen von dieser keineswegs prinzipiellen Verschiedenheit besteht aber vollkommene Übereinstimmung. Ich erinnere nur an das Auftreten von Schraubenwindungen bei *Sorghum*, an die traumatotropischen Nachkrümmungen einseitig verletzter und dann dekapitierter Keimlinge, an das Verhalten bei schiefem Dekapitieren und in der Narkose usf. Wesentlich Neues lieferten bloß die Versuche über Reizleitung. Trennung von Perzeptionszone und Reaktionszone, die uns in manchen Fällen begegnete, ist für die Wurzeln geradezu typisch und damit ist ja die Notwendigkeit von Reizleitungsvorgängen von selbst gegeben. Daß diese bei unseren Objekten weitaus größere Strecken bewältigen, ist nur ein quantitativer Fortschritt. Erwähnung verdient aber, daß diese Leitungen ebensogut in akropetaler als in basipetaler Richtung erfolgen. Auch für das Übergreifen der Wundreaktion von der Koleoptile aufs Hypokotyl, vom Blatt auf den Sproß und umgekehrt, gibt es beim Wurzeltraumatotropismus Analoga. NORD-

HAUSEN beobachtete negativtraumatotrope Reaktionen bei Nebenwurzeln, wenn die Hauptwurzel verletzt wurde, SCHÜTZE sah bei jungen *Helianthus*keimlingen in demselben Fall Reaktionen im Hypokotyl erscheinen. Einen Fortschritt bedeuten dagegen die Versuche über den Erfolg gegensinniger Reizung. Sie zeigen, daß gleich starke gegensinnige Reize sich nur dann aufheben, wenn sie auf opponierte Punkte wirken. Liegen sich dagegen die Perzeptionszonen nicht gegenüber sondern in verschiedenen Höhenlagen, dann löscht gewöhnlich der eine Reiz den andern vorübergehend oder dauernd aus. Damit erhalten wir ein feines Maß für die Verteilung der Sensibilität, die aus dem Verhalten bei einseitiger Reizung nicht eindeutig erschlossen werden kann; man weiß ja nie, ob das Ausbleiben einer Reaktion durch mangelnde Sensibilität oder mangelnde Reaktionsfähigkeit bedingt ist. Wenn dagegen bei gegensinniger Verletzung der zugeleitete Reiz über den direkten siegt, dann kann dies bloß daran liegen, daß die Sensibilität an den verschiedenen Zonen verschieden ist. Solche Fälle sind uns aber bei den Gramineen häufig begegnet, und sie führten uns zum Schluß, daß das Hypokotyl empfindlicher als die Koleoptile (*Panicum*), die Koleoptilbasis empfindlicher als die Koleoptilpitze ist. Aber noch eine andere, bemerkenswerte Tatsache wurde durch die Experimente aufgedeckt. Die also unterdrückte Reaktion kann gewissermaßen aufgespart bleiben, bis der im Sinne der stärkeren Erregung sich abspielende Krümmungsvorgang ausklingt, und dann setzt sie sich nachträglich mit entsprechender Verspätung durch. Hier liegt noch ein weites Feld für neue Untersuchungen. Man kann die Reizdosis auf den gegenüberliegenden Flanken abstufen, die zweite Verwundung erst beibringen, wenn die Krümmungsvorgänge im Sinne der ersten Reizung schon eingeleitet sind, und es werden sich zweifellos noch eine Menge neuer Tatsachen über das Umsichgreifen, Auf- und Abklingen und das Gegeneinanderwirken traumatotropischer Erregungen finden lassen.

#### Zitierte Literatur.

- DARWIN: Das Bewegungsvermögen der Pflanzen. Übers. v. CARUS. Stuttgart 1881.
- FITTING: Die Leitung tropistischer Reize in parallelotropen Pflanzenteilen. Jahrb. f. wissensch. Bot. 44. 1907.
- HEIDMANN: Über Richtungsbewegungen hervorgerufen durch Verletzungen und Assimilationshemmung. Sitzb. d. K. K. Akad. d. Wiss. Wien, math.-nat. Kl. 122. 1913.

- NORDHAUSEN: Über Richtung und Wachstum der Seitenwurzeln unter dem Einfluß äußerer und innerer Faktoren. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 44. 1907.  
 PAAL: Über phototropische Reizleitungen. *Ber. d. deut. bot. Ges.* 32. 1914.  
 SCHÜTZE: Über das geotropische Verhalten des Hypokotyls und des Kotyledons. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 48. 1910.  
 SPALDING: The traumatotropic curvature of roots. *Ann. of. Bot.* 8. 1894.  
 SPERLICH: Über Krümmungsursachen bei Keimstengeln und beim Monocotyledonenkeimblatt. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 50. 1912.  
 STARK: Beiträge zur Kenntnis des Traumatotropismus. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 57. 1916.

#### 48. A. Wieler: Über Beziehungen zwischen der schwefeligen Säure und der Assimilation.

(Eingegangen am 6. Oktober 1916.)

Seit den Untersuchungen von v. SCHROEDER und REUSS<sup>1)</sup> ist es bekannt, daß die schädliche Einwirkung der schwefeligen Säure auf die Pflanzen durch das Licht begünstigt wird. H. WISLICENUS hat für die Fichte diese Beziehungen eingehend geprüft.<sup>2)</sup> In einem Glashaus beräucherte er 7 Wochen lang zwei Serien eingetopfter Fichten und zwar die eine tags, die andere nachts über mit sehr verdünnter schwefeliger Säure (1:500000). Die ersten geringfügigen Anzeichen einer Wirkung des Tageslichtes traten erst nach 2 Wochen hervor, die Erkrankung führte nach etwa 4 Wochen zum Absterben der belichteten Pflanzen. Die nachts beräucherten Pflanzen wurden drei Wochen länger beräuchert, ohne daß auch nur der Beginn einer Rauchbeschädigung zu beobachten war, obgleich schließlich die Konzentration des Giftes gesteigert war. Die gleichen Ergebnisse erhielt er mit Fichten, die 2 Monate lang im Winter im Lichte beräuchert wurden, und zwar vom 20. November bis 29. Januar. Zwischen ihnen und den unberäucherten Kontrollpflanzen war kein Unterschied im Aussehen nach dieser Zeit bemerkbar. Indem WISLICENUS annimmt, daß die immergrünen Nadelhölzer im Winter nicht assimilieren, schließt er aus dem Verhalten der Fichten im Lichte im Sommer und im Winter, „daß der Eingriff des Giftes SO<sub>2</sub> in erster Linie den Chemismus der

1) Die Beschädigung der Vegetation durch Rauch. Berlin 1883.

2) Tharandter Forstl. Jahrbuch 48, S. 897.

- Tafel XII zu P. Lindner, Erklärung auf Seite 455.  
 Tafel XIII zu J. Grüß, Erklärung auf Seite 469.  
 Tafel XIV zu W. Herter, Erklärung auf Seite 423.  
 Tafel XV zu A. Ursprung, Erklärung im Text Seite 475 ff.  
 Tafel XVI zu E. Bachmann, Erklärung auf Seite 591.  
 Tafel XVII zu Emanuel Senft, Erklärung im Text Seite 592 ff.  
 Tafel XVIII zu A. Schulz, Erklärung auf Seite 618.  
 Tafel XIX zu A. Schulz, Erklärung auf Seite 709.  
 Tafel XX zu Emanuel Senft, Erklärung auf Seite 718.  
 Tafel XXI zu Ign. Urban, Erklärung auf Seite 757.  
 Tafel XXII zu K. Giesenhagen, Erklärung auf Seite 807.  
 Tafel XXIII zu E. Heinricher, Erklärung auf Seite 829.  
 Tafel XXIV zu R. von Wettstein, Erklärung auf Seite 836.  
 Tafel XXV zu Otto Schüepp, Erklärung auf Seite 857.

### Übersicht der Hefte.

- Heft 1 (S. 1—32), ausgegeben am 24. Februar 1916.  
 Heft 2 (S. 33—152), ausgegeben am 30. März 1916.  
 Heft 3 (S. 153—222), ausgegeben am 27. April 1916.  
 Heft 4 (S. 223—284), ausgegeben am 25. Mai 1916.  
 Heft 5 (S. 285—354), ausgegeben am 29. Juni 1916.  
 Heft 6 (S. 355—420), ausgegeben am 27. Juli 1916.  
 Heft 7 (S. 421—470), ausgegeben am 28. September 1916.  
 Heft 8 (S. 471—664), ausgegeben am 23. November 1916.  
 Heft 9 (S. 665—800), ausgegeben am 28. Dezember 1916.  
 Heft 10 (S. 801—902), ausgegeben am 25. Januar 1917.  
 Schlußheft [S. (1)—(165)], ausgegeben am 15. Juli 1917.

### Berichtigung.

In meinem im Oktober dieses Jahrganges auf Seite 559 ff. erschienenen Aufsätze „Zur Frage des Generationswechsels im Pflanzenreiche“ hatte ich den Entwicklungszyklus der Gallwespen wie folgt angegeben:

Gallwespen mit einfachem Generationswechsel:

$$(\text{♀}) G_1 (M_1 + M_2) K_2 + \text{♂} \text{♀} G_2 (M_3 + M_4) K_2 + [K_1]$$

(= agame Generation, bestehend aus Larve + Imago, diploid, + Geschlechts-  
 generation, bestehend aus Larve + Imago, die aber von denen der ersten  
 Generation abweichen, diploid, die Keimzellen produzierend.)

Bei der Niederschrift dieser Formulierung waren mir die vor einigen Jahren von DONCASTER (Proceedings of the Roy. Soc. London Ser. B. Vol. 82 u. 83, 1910 u. 1911) über den Phasenwechsel ermittelten Tatsachen noch unbekannt. Ich wurde erst durch eine freundliche Zuschrift von Dr. NACHTSHEIM (München), dem ich dafür auch an dieser Stelle danke, auf die verwickelten cytologischen Verhältnisse aufmerksam gemacht.

Nach DONCASTER verläuft der Entwicklungsgang für eine unserer gewöhnlichsten eichenbewohnenden Arten, den *Neuroterus lenticularis* folgendermaßen:

Die agame Frühlingsgeneration, die aus befruchteten Eiern hervorgeht, ist dementsprechend diploid und zwar besitzt sie 20 Chromosomen. Die Exemplare dieser Generation sind aber nicht alle in ihrem Verhalten gleichartig, vielmehr muß man zwei Gruppen unterscheiden.

Die eine liefert diploide Eier, die also keine Reduktionsteilung erfahren haben, die andere hingegen haploide Eier. Beide Arten von Eiern entwickeln sich parthenogenetisch zu Individuen der Geschlechtsgeneration und zwar werden aus den diploiden Eiern Weibchen, aus den haploiden Männchen, die demnach die einfache Chromosomenzahl (10) aufweisen.

Diese ♂ und ♀ der Geschlechtsgeneration verhalten sich ähnlich wie die ♂ und ♀ der Bienen und anderer Hymenopteren. Die ♀ produzieren Eier, die eine Reduktionsteilung erfahren, während bei der Spermatogenese der haploiden ♂ eine solche unterbleibt.

Diesen Verhältnissen kann man natürlich nicht durch eine einzige Formel gerecht werden, sondern muß vielmehr ♂ und ♀ getrennt behandeln. Man erhält demnach für Gallwespen vom Typus des *Neuroterus lenticularis*:

$$(\text{♀}) G_1 (M_1 + M_2) K_2 + [K_1] \quad + \quad \text{♂} G_2 (M_3 + M_4) K_1$$

(„Männchenbestimmerin“ der agamen Generation, diploid, mit Reduktionsteilung der Eier, + Männchen der Geschlechtsgeneration, haploid; beide Generationen mit Gestaltswechsel)

$$(\text{♀}) G_1 (M_1 + M_2) K_2 \quad + \quad \text{♀} G_2 (M_3 + M_4) K_2 + [K_1]$$

(„Weibchenbestimmerin“ der agamen Generation, diploid, aber ohne Reduktionsteilung der Eier, + Weibchen der Geschlechtsgeneration, diploid mit Reduktionsteilung der Eier; beide Generationen mit Gestaltswechsel).

Läßt man die Symbole für den Gestaltswechsel fort, der ja hier selbstverständlich und für die in erster Linie interessierende Kombination von Phasen- und Generationswechsel belanglos ist, so erhält man die einfacheren Formeln:

$$\begin{array}{l} (\text{♀}) G_1 K_2 + [K_1] \quad + \quad \text{♂} G_2 K_1 \\ (\text{♀}) G_1 K_2 \quad + \quad \text{♀} G_2 K_2 + [K_1] \end{array}$$

die die hier gewiß recht verwickelten Verhältnisse übersichtlich zum Ausdruck bringen und für die Brauchbarkeit der vorgeschlagenen Formulierung einen neuen Beleg liefern.

**Weitere Berichtigungen.**

- S. 355 Zeile 13 lies „des“ statt „der“.
- S. 355 Zeile 11 von unten lies „75“ statt „70“.
- S. 508 Zeile 9 lies: STARK „Experimentelle Untersuchungen über das Wesen und die Verbreitung der Kontaktreizbarkeit. Jahrb. für wiss. Botan. 57, 1916 statt Beiträge zur Kenntnis u. s. w.“
- S. 778 Zeile 9 von unten lies „sie bei uns“ statt „sie“.
- S. 779 Zeile 13 von unten lies „der Mitte“ statt „des Mitte“.
- S. 781 Zeile 4 von oben lies „tragen“ ein vielfach statt „in“ ein vielfach.
- S. 782 Zeile 9 von unten lies „ihm“ statt „ihnen“.
- S. 893 Zeile 13 von oben lies GAIDUKOW (1898 . . . statt 1899.
- S. 893 Zeile 14 von oben lies OLTMANN'S (1904 . . . statt 1906.
- S. 896 Zeile 9 von oben lies SCHMITZ (1882 . . . statt 1892.
- S. 896 Zeile 5 von unten lies „ich“ statt „in“.
- S. 898 Tabelle I. Unter *Spirogyra* bei Jodjodkalium füge 2 + + hinzu.
- S. 899 Zeile 4 von oben lies 1905 statt 1908.
- S. 899 Zeile 11 von oben lies bzw. „sein“ statt „ein“.
- S. 899 Zeile 3 und 4 von unten lies „Chloroform oder Toluol“ statt „Chloroform- oder Toluollösung“.
- S. 900 Zeile 17 von unten lies BRAND (1908 statt 1905.
- S. 901 Literaturverzeichnis unter GAIDUKOW lies 27. I statt 271,  
unter HANSGIRG lies „Synopsis“ statt „Synopsis“  
vor KYLIN lies 1910 statt 1906,  
hinter Z. f. physil. Chemie füge ein: Bd. 69. S. 168.
- S. 901 vor SCHMITZ lies 1897 statt 1887.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1916

Band/Volume: [34](#)

Autor(en)/Author(s): Stark Peter

Artikel/Article: [Untersuchungen über Traumatotropismus. 492-508](#)