

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Die Bewegungen der Primärblätter etiolierter Phaseolus-Keimpflanzen und über Versuche sie zu beeinflussen

Walde, Irmgard

[1926]

3. Versuche

3. V e r s u c h e

Verlauf der Bewegungen des Blattes in der Entwick- lung der Pflanze und bei Anwendung verschiedener Substrate.

Bei der näheren Betrachtung und genauen Auswertung der Kurven treten sehr mannigfaltige Ergebnisse zu Tage. Von allen Autoren, ausser Schweidler und Sperlich, die bisher mit etiolierten Phaseoluspflanzen gearbeitet haben, wird bei der Schilderung der Kurven hervorgehoben, dass an allen Pflanzen ein Senken zur Nachtzeit mit ausgeprägtem Maximum um die frühen Morgenstunden eintritt und dass dieses Senkungsmaximum ein ungefähr konstantes ist; ein anderer Typ der Kurven wird von den Autoren nicht angegeben. Die anderslautenden Resultate, die oft einen grossen Umfang haben, werden als nicht normal und krankhaft von vorneherein ausgeschaltet und nicht in den Kreis der Betrachtungen eingezogen. Typisch für diese Art der Verwertung des Materiales ist die Stelle in der letzten Arbeit von Stoppel, wo die Verfasserin schreibt: "Es kamen bei diesen Versuchen keine einwandfreien Ergebnisse heraus; die Kurven können aber nicht mehr als normal gelten und werden bei der Besprechung ganz ausgeschaltet." Andererseits werden von der Norm abweichende Ergebnisse in anderen Räumen als für diese charakteristisch angesehen. Da meine Versuche in einem Raum gemacht wurden, kann für die Mannigfaltigkeit meiner Ergebnisse nicht die Verschiedenheit der Lokalität verantwortlich gemacht werden.

Diese Ergebnisse sind ganz anderer Natur. Keine Rede kann sein von einer Einheitlichkeit der Bewegung, mit deutlichem Senkungsmaximum zu gleicher Stunde an aneinanderfolgenden Tagen;

wohl habe ich auch solche Pflanzen beobachten können, aber sie bilden nicht den Durchschnitt. In der weitaus grösseren Zahl der Fälle war zweierlei zu sehen : 1. die Tatsache, dass bei einem und demselben Blatt sich im Verlauf der Tage der Eintritt des Senkungsmaximums verspätete. 2. Dass beim Vergleich mehrerer Blätter das Eintreten und Verspäten des Senkungsmaximums durchaus nicht gleichzeitig erfolgte. Vielmehr trat das Senkungsmaximum zu den verschiedenen Stunden Abend und Morgens auf (Fig. 1) Bei Beobachtung des Bewegungsbildes eines und desselben Blattes gewinnt man den Eindruck, als ermüde das Blatt in den aufeinanderfolgenden Tagen. Von besonderer Bedeutung ist auch, dass die morphologische Ausgestaltung des Blattes nicht Hand in Hand geht mit dem physiologischen Verhalten; das Blatt kann lange bevor es seine definitive Stellung eingenommen hat, bereits Bewegungen ausführen; dabei ist es noch nicht ausgewachsen, die beiden Blathälften sind oft zusammengefaltet, die Spreite ist noch nicht eben ausgebreitet (Fig. 2). Wieder andere Blätter zeigen in diesem noch nicht voll entwickelten Stadium keine Bewegungsfähigkeit; bei ihnen setzt sie erst mit der vollen morphologischen Ausgestaltung ein (Fig. 3.). Das Blatt arbeitet auch nicht während seiner ganzen Lebensdauer im Dunkelraum; beim älterwerden klingt die Bewegung aus, um nach längerer oder kürzerer Zeit auszusetzen. Sehr viele Blätter zeigen in ihrer ganzen Entwicklung nur unregelmässige Bewegungen mit keinerlei ausgeprägtem Rythmus, andere sind Zeit ihres Lebens vollkommen bewegungslos; in horizontaler Linie gleitet der Hebel über die Trommel; dabei ist das Blatt frisch und gesund, vollkommen turgeszent und zeigt keinerlei Schäden. Daraus ersieht man, dass das äussere morphologische Aussehen, das grösstenteils als Indicans für die Einleitung eines Versuches massgebend war, Individuen des verschiedensten physiologischen Verhaltens zusammenführt.

So ergibt sich bloss schon aus dem Studium der Kurven die Tatsache, dass gleiches Material bei grösstmöglicher Konstanz der Aussenbedingungen, im gleichen Substrat gehalten, oft völlig

Verschiedenes in seinem Bewegungsbild zutage fördert. daraus erkennt man wie vorsichtig^{man} in seinen Schlüssen sein muss, wenn man die Pflanze aus ihrem gewohnten Milieu unter andere experimentelle Bedingungen bringt. Mit absoluter Sicherheit weiss man nie, ob man verändertes Verhalten dem Einfluss der geänderten äusseren Bedingungen zuschreiben muss, oder ob die Pflanze nicht auch so, aus sich selbst heraus, abweichend von ihrem früheren Verhalten reagiert hätte.

Die mannigfaltige Vorquellung der Samen ergab keine Beeinflussung des Bewegungsbildes, weder was Bewegungsgrösse, noch Rythmus anlangt. Hierin stimmen meine Ergebnisse mit denen Cremers überein, wobei allerdings darauf hinzuweisen ist, dass das vorhin mitgeteilte Fehlen einer Uebereinstimmung zwischen morphologischer Ausprägung und physiologischen Verhalten sichere Schlüsse in dieser Beziehung kaum zulässt. Die Vorquellung am Tageslicht hat sich gegenüber der Vorquellung im Dunkeln Thermostaten, die für die vorliegenden Versuche allein in Anwendung kam, nicht als vorteilhafter erwiesen. Mithin kann das Licht als^{ein} in diesem Zeitpunkt für das spätere Verhalten im Dunkeln begünstigendes Agens im Sinne Stoppels nicht verantwortlich gemacht werden.

Die im Vorigen dargelegten Erfahrungen beziehen sich auf Beobachtungen von Blättern im gleichen Substrat. Beim Vergleich der Bewegungsbilder von Pflanzen, die in Erde, Sand und feuchten Sägemehl wurzelten, ergab sich die Tatsache, dass die Bewegungsfreude im feuchten Sägemehl die grösste war. Darum wurden auch späterhin alle Versuche mit diesem Substrat ausgeführt. Es lag der Gedanke nahe, dass zunächst die Grösse der Bewegung von der leichteren und schwierigeren Aufnahme des Wassers durch die Wurzel abhängig sei. Und es wurde nun versucht durch weitere Aenderungen der Wasseraufnahme Aenderungen im Bewegungsbilde zu erzielen.

V e r s u c h e m i t L e i t u n g s w a s s e r

Die auffallend höhere Bewegungsfreudigkeit der Blätter von Keimlingen, die in feuchtem Sägemehl wurzelten, gegenüber denen von Blättern, die in Erde oder Sand wurzelten, konnte so gedeutet werden, dass die wasserbindenden Kräfte der Substrate die wasseraufnehmende Tätigkeit der Wurzel einigermaßen beeinträchtigen. Es sollte darum vor allem anderen geprüft werden, wie das Bewegungsbild ausfällt, wenn solche wasserbindenden Kräfte ganz aus dem Spiele sind. Daher wurden zunächst im Sägemehl normal bewurzelte Pflanzen, nachdem sie durch einige Tage ihre Bewegung geschrieben hatten, in reines Leitungswasser versetzt. Zum Versuche wurden die Pflanzen ausgetopft, die Wurzeln von dem nur leicht an ihnen hängenden Sägemehl reingewaschen und in Wasser gegeben, dessen Temperatur der Temperatur des ursprünglichen Substrates entsprach. Ich verwendete gewöhnliche ^{Näher} Meereslösungsgefäße; den Verschluss bildete ein Kork, der 2 Löcher aufwies, eines für die Pflanze, das andere zur Befestigung des Galgens.

Die Veränderungen die das Bewegungsbild bei der Uebertragung von Sägemehl in Wasser erfährt, sind ziemlich auffälliger Art.

Fig. ⁴ 8 (Kurve 27)

Ein trotz morphologischer Ausbildung nicht arbeitendes Blatt, bei dem die Hemmung der Bewegung durch das Substrat deutlich zu Tage tritt, wird durch die Uebertragung in Wasser zu starken Bewegungen veranlasst; der Tagesrythmus prägt sich in besonders grosser Schwingungsamplitude aus, auch Oszillationen treten sehr in den Vordergrund, die in den übrigen Substraten eigentlich sehr selten und nie in so starker Ausprägung zur Geltung kamen. Die Bewegungsfreudigkeit ist durch die Beseitigung der Hemmung der Wasseraufnahme sehr erhöht worden. In diesem Sinne der Bewegungssteigerung sprechen diese Versuche und es ergibt sich daraus, dass den wasserbindenden Kräften des Substrates immerhin ein gewisser Anteil für den Charakter des Bewegungsbildes zukommt. Aber auch ^{der} Ergebnisse bei entgegengesetzten Art erhielt ich.

Fig.5 (Kurve 28)

Im Sägemehl sind schöne tagesrythmische Bewegungen vorhanden, deren Senkungsmaximum mit kleiner werdender Amplitude in den drei ersten Tagen von 23 auf 4 Uhr wandert, am 4. Tage aber wieder um 23 Uhr auftritt. Im Wasser treten die Tagesrythmen noch 2mal von Oscillationen begleitet um 1 Uhr und 22 Uhr auf, um sich dann ganz zu verlieren.

Schliesslich ergab der Vergleich auch keinen Unterschied des Bewegungsbildes im Sägemehl und Wasser. Unter Hinweis auf die Darlegungen des vorhergehenden Versuches kann der Ausfall dieser Versuche so erklärt werden, dass das Blatt sich ohnedies im Zustande des Ausklingens der Bewegung befand.

Trotzdem berechtigt die Mehrzahl der Versuche den Schluss zu ziehen, dass die Erleichterung der Wasseraufnahme die Bewegungsintensität erhöht.

V e r s u c h e m i t R e d u z i e r u n g d e s W u r z e l - s y s t e m s

Es sollte der Einfluss der Verringerung der wasserabsorbierenden Oberfläche auf das Bewegungsbild geprüft werden. Hierbei war zu berücksichtigen, dass Huber (1924) bei seinen Transpirationsversuchen zum Ergebnis kommt, dass selbst eine stärkere Beschneidung des Wurzelsystems selten dauernd die Wasserbilanz zerstört, eine nicht zu radikale oft nicht einmal eine Transpirationseinschränkung zu ihrer Erhaltung notwendig macht. Huber zieht allerdings diesen Schluss aus Erfahrungen, die er mit an Licht gehaltenen Pflanzen gewonnen hat, sie sind daher auf Dunkel^{heits}verhältnisse nicht direkt übertragbar. Immerhin war es wünschenswert zu prüfen, wie sich das Bewegungsbild, das sich aus den vorhergehenden von der Wasseraufnahme weitgehend abhängig erwies, darstellt, wenn die wasseraufnehmende Fläche zunächst in bescheidendem Ausmasse, dann immer stärker reduziert wird.

Schwache Eingriffe, wie die Entfernung der Seitenwurzeln, anfänglich einer Orthostiche, wobei auf die relative Lage derselben zum

Versuchsblatte Rücksicht genommen wurde, dann von 2, 3, schliesslich aller Orthostichen führten zur keinerlei Veränderungen des Bewegungsbildes der vollbewurzelten Pflanze.¹⁾

Da die vorher erwähnten Eingriffe erfolglos waren, ging ich in der Reduktion des Wurzelsystems noch weiter.

Kurve 38.

Im Sägemehl waren die Tagesrythmen schwach angedeutet, mit dem Senkungsmaximum um 3, 7, 21^{qu} aufeinanderfolgenden Tagen, flauten gegen Ende fast ganz ab; die Pflanze wird mit dem ganzen Wurzelsystem vorerst in Wasser gegeben, die Tagesrythmen treten stärker hervor, ohne dass eine Verschiebung des Senkungsmaximum eintritt. Schneide ich nun der Pflanze die Seitenwurzeln und den grössten Teil der Hauptwurzel ab, so klingt der gleichsinnige Rythmus noch 2mal schwächer werdend nach, um sich ganz in Oszillationen aufzulösen. Man sieht, dass auch dieser Eingriff keinen sichtlichen Erfolg hatte; die Oszillationen hätten sich auch so beim Aelterwerden einstellen können.

Um die Zeitdauer des Versuches abzukürzen, wurde bei folgenden Versuchen die Uebertragung des vollen Wurzelwerkes ins Wasser weggelassen und die Resection gleich nach dem Austopfen aus dem Sägemehl durchgeführt. Es konnte dies umsomehr geschehen, da ja die früheren Versuche im allgemeinen gezeigt hatten, dass Wasser gegenüber dem Sägemehl wohl die Bewegungsfreude und die Amplitude, nicht aber den rythmischen Charakter des Bewegungsbildes ändert. Trat also bei dem gleich zu beschreibenden Versuche eine Aenderung des Bewegungscharakters ein, so war immerhin die Wahrscheinlichkeit bedeutend gesteigert, dass diese Aenderung eine Folge der Resection war.

1)

Mit Rücksicht auf die bei Stoppel vielfach zur Erklärung abnormaler Verhältnisse herangezogene Berührung des Topfes und der Versuchspflanze ist bemerkenswert, dass die bedeutenden Berührungen bei den vorliegenden experimentellen Eingriffen vollkommen ohne Wirkung waren.

Fig.6 (Kurve 37)

Diese Kurve zeigt das häufigste Ergebnis dieser Versuche. Eine ziemliche Bewegungsfreudigkeit ist vorhanden, die sich aber hauptsächlich in Oszillationen, nicht im Vorhandensein des Tagesrythmus ausdrückt. Auch wenn ich mit der Reduzierung noch weiter gehe und bis zur Hälfte des Stengels wegschneide, bleibt der Typ des Bewegungsbildes der gleiche. Dass aber trotz alledem das veränderte Bewegungsbild nicht auf die Resektion und damit auf die Reduktion der wasseraufnehmenden Fläche zurückgeführt werden kann, zeigt der vorliegende Versuch.

Fig.7 (Kurve 47)

Die Bewegung bewahrt zunächst den Sägemehlrythmus; am nächsten Tage folgt der verstärkten bisherigen Senkungsamplitude nach einigen Stunden ein fast ebenso starkes Senkungsmaximum; am nächsten Tage setzen erneut regelmässige rythmische Bewegungen ein, die jedoch gegenüber den früheren 4 bis 5 Stunden verschoben erscheinen. Dieses Versuchsergebnis steht nicht vereinzelt da. Daraus ergibt sich, dass die Pflanzen auch ohne Wurzelsystem und nur auf die wasseraufnehmende Tätigkeit des saugenden Epikotyls angewiesen zu tagesrythmischen Bewegungen befähigt ist. Es ergibt sich aber weiter daraus, dass die veränderte Wasseraufnahme nicht ohne Einfluss auf das Bewegungsbild ist, dass diese Veränderung, wie aus der beigegebenen Kurve deutlich ersichtlich ist, nach einiger Zeit, allerdings nicht gleich, zu bedeutenden Störungen im Rythmus führt, als deren Folge der gegenüber den ersten Verhältnissen verschobene Rythmus aufzufassen ist.

V e r s u c h e m i t a b g e s c h n i t t e n e n
B l ä t t e r n

Die Ergebnisse der Wurzel und Stengelresektionsversuche führten naturgemäss zur Frage, wie sich das Blatt ohne Zusammenhang mit den tragenden Spross, ja sogar das zum Teil des Blattstils beraubte Blatt rücksichtlich seines Bewegungsbildes verhält.

Damals im Sommer 1925 war die Brouwer'sche Arbeit noch nicht

erschienen. Er konnte zeigen, dass auch isolierte Blätter Tagesrythmische Bewegungen ausführen, allerdings am Licht. Meine Untersuchung bestätigen die Tatsache auch rücksichtlich der etiolierten Blätter, wenn auch mit gewissen Einschränkungen.

Ich ging bei diesen Versuchen folgendermassen vor. Das Blatt der im Sägemehl wurzelnden Pflanze liess ich am Galgen befestigt, trennte es oberhalb des Blattstielgelenkes durch einen scharfen Schnitt vom Stengel ab und umwickelte die Schnittfläche mit einem Wattebauschen, der mehrmals im Tage mit einer Pipette befeuchtet wurde und der auch am Morgen, wenn ich den Dunkelraum betrat, noch nass war, mithin die Wasseraufnahme nicht sistiert wurde.

Die meisten dieser Versuche führten im Gegensatze zu den Brouwer'schen Ergebnissen mit Blättern von Canavalia am Licht zu einer auffälligen Reduktion der Blattbewegung. Wohl zeigten die Blätter noch schwache Oszillationen, keineswegs aber gesetzmässigen Tagesrythmus. Mit Berücksichtigung des in den eben vorhergehenden Abschnitten mitgetheilten Moments : Der Bedachtnahme auf das allmähliche Abklingen auch ohne experimentelle Eingriffe sind die nun zu besprechenden 2 Kurven von grosser Bedeutung.

Fig. 8 (Kurve 42)

Das Blatt zeigt im Sägemehl schöne Bewegungen, das Senkungsmaximum fällt in die Zeit von 3 und 6 Uhr; das abgeschnittene Blatt vergrössert die Amplitude der Bewegung, das Senkungsmaximum verschiebt sich zwischen 10 und 12 Uhr, am 3. Tage fällt es auf 7 Uhr.

Dieses in so charakteristischer Ausprägung allerdings nur ein einzigesmal gewonnene Ergebnis, zusammengehalten mit anderen gleichartigen Versuchen, in denen nach demselben experimentellen Eingriffe zumindest eine Andeutung des ursprünglichen Rythmus zu sehen war, berechtigt zum Schluss, dass die letzte Ursache für die charakteristischen rythmischen Bewegungen des Blattes in der Zone selbst liegen muss, in der die Bewegung ausgeführt wird. Das vorliegende Bewegungsbild, mit den mannigfaltigen Bildern in verschiedenen Substraten wurzelnder und in Wasser kultivierter Pflanzen zusammengehalten, zeigt aber ganz deutlich, wie sehr der Ablauf der Bewegung

von den wasseraufnehmenden Teil abhängig ist. Die veränderte Wasseraufnahme geht auch bei vorliegenden Versuche nicht spurlos am Blatte vorüber; wir sehen zunächst eine deutliche Verschiebung des Rythmus, dem allerdings nicht jene starke Unregelmässigkeiten vorangehen, wie sie Kurve 47 zeigt. Wenn Brouwer bei seinen abgeschnittenen Blättern in der Regel die Erhaltung des Tagesrythmus feststellen konnte, so ist das dem regulierenden Einfluss des Lichtes zuzuschreiben.

Fig. 9 (Kurve 59)

In zweifacher Hinsicht ist das Ergebnis des in Kurve 59 dargestellten Versuches beachtungswert; wir sehen neuerlich mit aller Deutlichkeit 1. bei Betrachtung der Veränderung des Bewegungsbildes der in Sägemehl wurzelnden Pflanze nach dem operativen Eingriff die Erhöhung der Beweglichkeit bei Befreiung von den hemmenden Einfluss des Substrates; nach Oszillationen äusserst kleiner Amplitude vom Beginn des Versuches bis zu dem um 11 Uhr erfolgten operativen Eingriff, setzen sofort nach erfolgter Trennung sehr ansehnliche Blattbewegungen ein. Diese sind 2. 4 Tage hindurch unbeschadet ihrer Lebhaftigkeit ohne gesetzmässigen Rythmus und stellen auf längere Zeit ausgedehnt ein Seitenstück jener Störung dar, die wir schon in Kurve 47, dort nur kurz andauernd, beobachtet hatten. Auch nach Ablauf dieser längeren Störung scheint nun aber die übliche rythmische Bewegung einzusetzen (siehe 5.9.16 Uhr bis 6.9.9 Uhr), die aber leider vermutlich wegen allzulanger Ausdehnung der Störung vom Blatt nicht weiter beibehalten wird.

V e r s u c h e i n R o h r z u c k e r l ö s u n g

Da die bisherigen Versuche ergeben hatten, dass wohl die Lösung der Wurzel von den wasserbindenden Kräften des Substrates, nicht aber die Reduktion der wasseraufnehmenden Fläche von Einfluss auf die Beweglichkeit des Blattes ist, es mithin wesentlich auf jene Kräfte anzukommen scheint, die den Eintritt des Wasser in den pflanzlichen Organismus beeinflussen, sollte geprüft werden, welchen Erfolg die im gleichen Sinne wirkende Erschwerung der Wasseraufnahme

aus einer Umgebung höheren osmotischen Wertes hat.

Meine Versuche begann ich mit einer 0.5 Moligen Rohrzuckerlösung. Die Ergebnisse zeigten mit einer einzigen Ausnahme eine weitgehende Reduktion der Bewegung, nicht selten Bewegungslosigkeit, sowohl gegenüber dem Verhalten der in feuchtem Sägemehl wurzelnden, als auch in reinem Wasser kultivierten Pflanze. Die erwähnte Ausnahme sei nur kurz besprochen.

Fig. 10 (Kurve 69)

Wir sehen, wie das Blatt der in Sägemehl wurzelnden Pflanze zwar nicht starke, aber immerhin deutlich bemerkbar tagesrythmische Bewegungen schreibt. Nach Uebertragung in 0.5 Molige Rohrzuckerlösung treten lebhaftere Oszillationen auf, um nach Verlauf von 3 Tagen in einem ruhigen, eben noch wahrnehmbaren, Tagesrythmus überzugehen. Der Ausfall dieses Versuches lehrt, dass bei Anwendung niederer Konzentrationsgrade allmähliche Uebergänge zwischen den lebhaften Bewegungsbildern in reinem Wasser und der in unserem Versuche mit $1/2$ Moliger Rohrzuckerlösung grösstenteils auftretenden Bewegungslosigkeit gefunden werden könnten. Leider konnten Zeitmangels derartige Versuche nicht mehr durchgeführt werden. Immerhin sprechen die gewonnenen Erfahrungen im Sinne der Ergebnisse der früheren Versuche.

V e r s u c h e m i t r e d u z i e r t e r B l a t t f l ä c h e

Die bisherigen Versuche sollten zeigen, wie die Erschwerung der Wasseraufnahme das Bewegungsbild beeinflusst. Naturgemäss musste sich die Aufmerksamkeit nun auch auf eine etwa vorhandene Beeinflussbarkeit des Bewegungsbildes durch die Wasserabgabe lenken. Zu diesem Zwecke experimentierte ich zunächst mit Blättern, denen nach Aufzeichnung tagesrythmischer Bewegungen Teile der transpirierenden Fläche genommen wurden. Die Pflanzen vertrugen diesen Eingriff im Allgemeinen sehr schlecht. Sie reagierten gewöhnlich mit der Einrollung der vorerst vollkommen ausgebreiteten Spreiten. Nur bei 2 Individuen trat diese Störung nicht ein und diese zeigten bei Reduzierung

der Blattfläche auf die Hälfte keinerlei Beeinflussung des Bewegungsbildes. Die reduzierten Blätter setzten den Rythmus der ganzen Blätter fort, wobei sich selbstverständlich die im ersten Kapitel dargelegte allmähliche Verschiebung und Verkleinerung der Bewegungsamplitude zeigte..

Da die Herabsetzung der Wasserabgabe auf den eben beschriebenen Wege entweder zu gar keinem Resultate führt oder in den herangezogenen zwei Fällen ihre Belanglosigkeit dartat, sollte die Herabsetzung der Wasserabgabe auf einem zweiten Wege erzielt werden.

V e r s u c h e i n d e r f e u c h t e n K a m m e r

Für diese Versuchsreihe, bei der ich mit künstlicher Herabsetzung der Wasserabgabe arbeitete, wählte ich eine feuchte Kammer. Die relative Feuchtigkeit hielt sich hier zwischen 85 - 90 %.

Zum Versuche diente mir ein grosser Kasten aus Pappendeckel in Zylinderform gezimmert, der aus Boden und Deckel bestand; in beiden Teilen befand sich seitlich ein 8 cm langer Schlitz, in dem der Glashebel genügend Bewegungsfreiheit besass. Der Topf mit der Pflanze wurde am Boden auf einer Schale mit Wasser auf Holzleisten aufgestellt. An den Seiten hingen feuchte Fliesspapierstreifen, die für eine reichliche Feuchtigkeitsanreicherung der Kammer sorgten. Die Feuchtigkeitsdifferenz zwischen dem Versuchsraum und dem Pappendeckelkasten betrug durchschnittlich 20 %, was an zwei Haarhygrometern, wovon das eine innerhalb, das andere ausserhalb der erwähnten Kammer aufgestellt war, abgelesen werden konnte.

Während der 2jährigen Zeit meines Experimentierens war mir aufgefallen, dass die Bewegungstätigkeit in den Wintermonaten in jedem Substrate eher eine intensivere ist, als in den Sommermonaten. In den Wintermonaten ist die Luft im Versuchsraum trotz Spritzen trockener, sie beträgt gegen 65 % hingegen in den Sommermonaten, da nicht geheizt wird 75 % und darüber. Ich glaubte bestimmt annehmen zu können, dass man in der grossen Feuchtigkeitsdifferenz

die Ursache für die Unterschiede der Bewegung in den beiden Jahreszeiten zu suchen habe. Aus dieser Ueberlegung heraus versprach ich mir von den Versuchen, die in einem fast mit Feuchtigkeit gesättigtem Raume stattfanden, sehr viel. Aber anstatt gegenüber dem Bewegungsbild, dass das Blatt im freien Versuchsraum zeigte nun anders, im Sinne grösserer Bewegungsträgheit zu reagieren, konnte ich so gut wie keinen Unterschied in den Bewegungsbildern feststellen.

Aus den Versuchen ergab sich, dass von einem Träger werden der Bewegung unter den obwaltenden Bedingungen nicht die Rede sein kann, obwohl die Wasserabgabe zweifellos herabgesetzt ist. Es galt noch zu prüfen, ob nicht die Wasserabgabe in Dampfform durch Guttation ersetzt werde. Wiederholt betrachtete ich die Blätter mit einer 10 mal vergrößernden Lupe, aber es gelang mir nicht Wasser in Tröpfchenform zu beobachten.

So sehen wir denn, dass im Gegensatz zu dem offenkundigen Einflüsse erschwerter Wasseraufnahme, die Wasserabgabe für den Charakter des Bewegungsbildes von keinerlei Bedeutung ist. Mit der Wasseraufnahme und Abgabe ändern sich aber zweifellos die Wassertranslokationsverhältnisse im Organismus. Es sollte nun untersucht werden, ob zur Erzielung der Blattbewegung eine Wassertranslokation überhaupt notwendig ist, oder ob die Bewegung auch bei Ausschaltung des normalen Wasserstromes oder zum mindesten weitgehender Herabsetzung desselben, noch ausgeführt werden kann und wie.

V e r s u c h e m i t K a k a o b u t t e r v e r s c h l u s s

Diese wurden mit Blättern durchgeführt, die nach Art der auf Seite 17 mitgeteilten Versuche von einer in Sägemehl wurzelnden Pflanze abgetrennt wurden. Es wurde das Blatt an Ober- und Unterseite, Stiel und Stielschnittfläche mit einer dünnen Schichte Kakaobutter bestrichen. So war Wasseraufnahme und Wasserabgabe unterbunden. Die Versuche fielen alle negativ aus; innerhalb weniger Stunden rollten sich die Blätter ein. Durch die Keulenhaare, die

nicht ganz von der Kakaobutter überstrichen waren, schien doch ein Teil des im Blatte vorhandenen Wassers zu verdünsten. Auch die Schädigungen, die das Blatt durch das Fehlen der Durchlüftung erfuhr, machte es nicht mehr lebensfähig. So liess sich mit Rücksicht auf diese weitgehenden Schädigungen die gestellte Frage leider nicht beantworten,

V e r s u c h e m i t e r w ä r m t e n W a s s e r .

Nachdem die bisherigen Versuche gezeigt hatten, dass die vom Wasser umspülte Wurzel zu einem viel lebhafteren Bewegungsbilde führt, als es unter den gegebenen Verhältnissen die in einem festen Substrate wurzelnde Pflanze zu bieten im Stande ist, sollte schliesslich noch versucht werden, ob und in welchem Sinne sich das Bewegungsbild verändern lässt, wenn die Wasserversorgung durch Erhöhung der Gesamtlebenstätigkeit der Wurzel gesteigert wird. Diese Versuche sollten zeigen, ob dem Temperaturfaktor, dem auf die umgebende Luft bezogen, für die Ausführung der Bewegung keine Bedeutung beigemessen wurde, nicht doch hierfür einige Bedeutung zukomme. Was die umgebende Luft anlangt, hatte schon Stoppel gefunden und bestätigt es in ihrer letzten Arbeit in noch grösserem Umfange, dass kein Zusammenhang zwischen Schwankung der Lufttemperatur und dem Bewegungsrythmus der Pflanzen bestehe. Dies konnte auch durch Aufnahme von 12 Temperaturkurven von uns bestätigt werden.

Was macht aber die Pflanze, wenn die erhöhte Temperatur nur auf ihre Wurzel einwirkt ?

Zur Prüfung dieser Frage liess ich mir ein Gefäss aus Zinkblech herstellen, an dessen Unterseite eine Einbauchung angebracht war, gross genug um eine elektrische Birne auf kleinem Holzfuss zu fassen. Ich benützte eine 32 kerzige Birne, die das Wasser auf konstanter Temperatur hielt. Je nach der Menge des Wassers, das man in das Gefäss füllte, hatte man es in der Hand, für die einzelnen Versuche die Temperatur zwischen 30 und 36 Grad zu halten. Durch häufiges Umrühren sorgte ich für eine gründliche Durchmischung der einzelnen Wasserschichten. Verschluss war das Gefäss durch einen aus 2 Teilen bestehenden Holz-

deckel, der eine Oeffnung für die Pflanze, eine 2. für den Galgen und eine 3. für das Thermometer enthielt. (Schematische Darstellung der Versuchsanordnung gibt Fig. 11)

Der Ausfall dieser Versuche, die mit verschiedenen Temperaturen von 27 bis 36 Grad durchgeführt wurden, ist besonders bei Temperaturen von 30 Grad aufwärts ausserordentlich übereinstimmend. Er wird durch beiliegende Kurve Fig 12 (Kurve 80 II), die als für diese Experimente typisch bezeichnet werden kann, gut charakterisiert. Wir sehen wie nach Uebertragung der Pflanze aus dem Sägemehl in welchem das Blatt ~~tagesrythmische~~ Bewegungen schrieb, in das warme Wasser (30 Grad), das Bewegungsbild eine ganz ^{erwartetes} auffällig Veränderung ^{erfährt}. An dieser ist zunächst das Auftreten namhafter Oscillationen und in der Folgezeit die ansehnliche Vergrösserung der rythmischen Bewegungsamplitude beteiligt. Zudem ist der Rythmus gegenüber dem Verhalten im Sägemehl sehr wesentlich verändert: Von einem Tagesrythmus ist keine Rede mehr, er wird mehr oder weniger durch einen Halbtagsrythmus ersetzt, in dem vom 9.1. angefangen ungefähr um Mitternacht und um die Mittagszeit Senkungsmaxima aufeinanderfolgen. Dieser Halbtagrythmus kommt aber nur ausnahmsweise zustande und es finden sich zwischen diesem Rythmus und dem üblichen Ganztagsrythmus verschiedene Uebergänge.

Die Erwärmung des Wassers nur bis 27 - 28 Grad steigert die Bewegung nicht dermassen.

Auch die Kurven, die die Pflanze im Wasser schreibt sind typische Wasserkurven wesentlich erleichterter Beweglichkeit, reich mit Oscillationen durchsetzt. Letzteres Merkmal ist besonders charakteristisch für die Art der Bewegung, sowohl im kalten, als in noch gesteigertem Masse im warmen Wasser.

Haben die Versuche, die den Versuchen mit warmen Wasser vorangehen gezeigt, dass die letzten Ursachen der Blattbewegung in der Bewegungszone selbst liegen, aber in starkem Masse von der Wasseraufnahme abhängig sind, so haben die Versuche mit warmen Wasser gezeigt, dass sie in noch höherem Masse von der Gesamtlebenstätigkeit der Wurzel beeinflusst werden. Rücksichtlich der Einwirkung auf das

Bewegungsbild von Seiten der Temperatur, die, wie wir aus den bisherigen Versuchen sahen, ohne Einfluss ist, zeigen diese Versuche, dass ein solcher Einfluss wohl möglich wäre, wenn das wasserhältige Substrat (Erde, Sand, Sägemehl) und schliesslich das Wasser selbst, ebenso rasch auf die Änderungen der Wärmezufuhr reagierte, wie die Luft.

4. A l l g e m e i n e B e t r a c h t u n g e n .

Zu welcher Stellungnahme berechtigen nun die geschilderten Versuche ? Wir haben gesehen, dass die letzten Ursachen der rythmischen Bewegung in der Bewegungszone selbst liegen, dass aber diese Bewegungen im hohen Masse von der leichteren oder schwereren Wasseraufnahme und von der Veränderung der Lebenstätigkeit der Wurzel beeinflusst werden können. Wir haben ferner gesehen, dass auch bei den Kurven im gleichen Substrate (Erde, Sand, Sägemehl) und bei gleichbleibenden sonstigen Aussenbedingungen von einer Einheitlichkeit der Bewegung, von einem konstanten Senkungsmaximum nicht die Rede sein kann. Ein ständiges Maximum um 4 Uhr morgens wie es Stoppel fand, konnte von mir ebensowenig, wie von Schweidler und Sperlich festgestellt werden. Wohl aber konnte festgestellt werden, dass im Laufe der Entwicklung der Pflanze eine Verschiebung des Senkungsmaximum, eine Verkleinerung der Schwinungsamplitude, kurzum Veränderung des Bewegungsbildes wahrgenommen werden können. Zudem stellte es sich heraus, dass diese Veränderungen durchaus nicht mit der morphologischen Ausgestaltung des Blattes parallel zu laufen brauchen, derart, dass in vielen Fällen wohl ausgebildete Blätter nicht am Anfange ihrer Bewegungstätigkeit stehen, sondern damit schon in noch nicht entwickelten Zustand begonnen haben.

Kann man aber überhaupt für diese, wenn auch grösstenteils rythmischen, aber im Grossen und Ganzen unregelmässigen Bewegungen