

Die Verschiebungen an Helianthusköpfen im Verlaufe ihrer Entwicklung vom Aufblühen bis zur Reife.

Von

B. Leisering.

Hierzu Tafel XIII—XV.

Einleitung.

Der wichtigste Theil des Schwendener'schen Werkes (II)¹⁾ über „Die mechanische Theorie der Blattstellungen“ beschäftigt sich mit den Verschiebungen, die in einem System von einander berührenden Organen eintreten müssen, wenn das Mutterorgan, an dem dieselben befestigt sind, ein in einem Sinne vorwiegendes Wachsthum zeigt, also stärker in die Breite, als in die Länge wächst, oder umgekehrt. Schwendener wies mit Hilfe des Dachstuhlprincipes nach, dass bei solchem einseitig geförderten Wachsthum ein Wechsel in den Contactlinien eintreten muss, und dass damit stets eine Aenderung in der Divergenz, d. h. dem Winkelabstand je zweier auf der Grundspirale der Bezifferung nach auf einander folgender Organe nothwendig verknüpft ist. Es gelang ihm, auf diesem Wege die hohe Annäherung der Divergenzen an den Grenzwert des goldenen Schnittes, wie sie bei manchen Compositenköpfchen vorkommt, zu erklären. Den gleichen Effect, wie die Dachstuhlverschiebungen, hat in Betreff der Divergenzänderungen das Kleinerwerden der Organe, das ebenfalls ausführlich von Schwendener behandelt und auf die Principien der Dachstuhlverschiebungen zurückgeführt wird. Auf eine nähere Auseinandersetzung der Beweise Schwendener's verzichte ich; die Kenntniss der mechanischen Theorie der Blattstellungen in ihren Grundzügen muss vorausgesetzt werden. Solche Botaniker, die mit ihr weniger bekannt sind, finden eine klare und kurze Darstellung der Hauptsätze derselben aus der Hand Weisse's in Göbel's (I) „Organographie“.

Die Lehre Schwendener's von den Verschiebungen ist nicht unangefochten geblieben. Die Einwände, die gegen sie erhoben wurden, richteten sich einerseits gegen die theoretischen Deductionen ihres Autors. Zunächst trat C. de Candolle (I) auf mit der Behauptung, seitliche Verschiebungen, wie Schwendener sie annehme,

1) Die römischen Ziffern hinter den Autorennamen beziehen sich auf das Litteraturverzeichniss am Schluss der Arbeit.

seien nicht nothwendig, die Organe könnten ebenso gut bei vorwiegendem Längen- oder Breitenwachsthum der Achse sich in senkrechten Linien heben oder senken, ohne ihre seitlichen Divergenzen nur im Geringsten zu ändern.

Der zweite, der sich in einer längeren Kritik der Beweisführung Schwendener's erging, war Schumann (II), der als Ergebniss seiner theoretischen Betrachtungen bezeichnet, „dass das Dachstuhlgesetz Schwendener's, auf Grund dessen bei verschiedenen Maassen von Längen- und Dickenwachsthum in einem Organsysteme Verschiebungen eintreten müssten, nicht richtig sein kann. . . .“

Auf diese theoretischen Einwände hat Schwendener (III, VI) zwei Mal ausführlich erwidert; ich verzichte daher darauf, hier des Näheren auf dieselben einzugehen.

Doch nicht nur die theoretische Beweisführung Schwendener's wurde angegriffen, sondern auch die praktische; d. h. es wurden die Beobachtungen, die er in seiner Arbeit als Belege für das thatsächliche Vorkommen der Verschiebungen in der Natur vorgeführt hatte, als irrthümlich hingestellt. Diese Zweifel an der Richtigkeit resp. Stichhaltigkeit der von Schwendener vorgebrachten Beobachtungsthatfachen wurden ungefähr gleichzeitig von Schumann (II, in Betreff der Pandanaceen bereits in I) in der oben bereits erwähnten Arbeit und von Jost (I) in der Bot. Zeitung ausgesprochen.

Schwendener hatte als Beispiele für die Divergenzänderungen an Systemen mit vorwiegendem Längenwachsthum die Pandanaceen¹⁾ und die Laubtriebe der Coniferen angeführt, für solche mit vorherrschendem Breitenwachsthum die Köpfehen von Compositen, speciell *Helianthus annuus*. Bei allen diesen Objecten suchten Jost und Schumann durch Beobachtungen die Ergebnisse Schwendener's als völlig hinfällig nachzuweisen. Schumann fasst seine Resultate in die vernichtenden Worten zusammen (l. c. pag. 268): „Aus meinen Beobachtungen an den Compositenköpfchen, sowie aus meinen Messungen und Versuchen an wachsenden Nadelholzzweigen geht mithin unbedingt hervor, dass die von Schwendener berechneten, durch Prüfung der in der Natur vorliegenden Verhältnisse aber nicht genügend bestätigten Verschiebungen der Berührungszeilen nicht stattfinden.“ Und Jost kommt, vor Allem in Betreff der Coniferen, zu genau demselben Urtheil.

Was nun zunächst die Frage bei den Pandanaceen und den Coniferen anbetrifft, so verzichte ich auf eine nähere Besprechung oder

1) Ges. bot. Mitth. I. S. 169.

Kritik, da ich mich mit der Blattstellung dieser Pflanzengruppen nicht beschäftigt habe, also auch kein Urtheil darüber aussprechen möchte. Schwendener hat in seinen Erwiderungen gegen Schumann die Pandanaceenblattstellung mehrfach ausführlich besprochen und auch für die Coniferen neues Beobachtungsmaterial vorgebracht.

Dagegen möchte ich näher eingehen auf die Compositen, da die nachfolgenden Untersuchungen sich mit den Blüthenköpfen von *Helianthus* beschäftigen werden.

Schendener (I) hatte in der vorläufigen Mittheilung, die er seiner „Mechanischen Theorie . . .“ vorangehen liess, über die Verschiebungen bei *Helianthus* Folgendes gesagt: „In einer Blüthenknospe von *Helianthus annuus*, deren Scheibe ca. 3—4 mm Durchmesser hatte, kreuzten sich die 21er und 34er Zeilen nahezu rechtwinklig und die Blüthenanlagen hatten eine stumpfkantig-quadratische Form. Organ O war also einerseits in Contact mit Organ 21, anderseits mit 34; in der mittleren Richtung berührten sich kaum die Kanten von O und 55. In der ausgewachsenen Sonnenblume dagegen ist zunächst dem Rande der Contact zwischen O und 21 ausnahmslos ganz, derjenige zwischen O und 34 wenigstens zum Theil und bei grösseren Exemplaren ebenfalls ganz aufgehoben, indem die Hauptcontactlinien jetzt den 55er und 89er Zeilen entsprechen. . . . Voraussichtlich würde die Vergleichung der früheren Jugendzustände noch grössere Unterschiede ergeben.“ In seinem Hauptwerk kommt Schwendener auf diese Verschiebungen bei *Helianthus* nicht wieder zurück.

Gegen die Stichhaltigkeit der angeführten Beobachtungen wenden sich nun sowohl Schumann wie Jost mit der Bemerkung, dass diese Messungen gar nicht vergleichbar wären. Schumann (II) führt des Näheren aus, dass bei beliebig herausgegriffenen Sonnenblumen zur Zeit, wenn sie noch ganz junge Köpfe von wenigen Millimetern Durchmesser besitzen, oft bereits die 55er und 89er Zeilen vorhanden seien, also dasjenige Stellungsverhältniss, welches Schwendener bei seinem reifen Exemplare vorgefunden habe, und dass umgekehrt bei ausgewachsenen Köpfen nicht selten 21er und 34er, ja sogar manchmal niedrigere Ziffern als Contactzeilen vorkämen. Aus diesem Grunde sei ein Vergleich je eines jungen und alten Exemplares nicht statthaft.

Er selbst führt dann eine Reihe von Zählungen an jungen und alten Köpfen vor, aus denen seiner Meinung nach hervorgehen soll, dass eine Verschiebung in Schwendener's Sinne „im höchsten Maasse unwahrscheinlich ist“. Er findet im Jugend- und Endstadium dieselben Parastichenzahlen.

Diese Erwägungen in Betreff der Vergleichbarkeit der Schwendener'schen Daten erhalten einen Schein der Berechtigung durch den Umstand, dass aus den oben citirten Worten Schwendener's hervorzugehen schien, dieser habe wirklich nur je ein oder wenige Exemplare der verschiedenen Altersstufen mit einander verglichen. Dass dies nicht der Fall war, sondern dass er eine sorgfältige Methode bei der Anstellung der Vergleichung angewandt hatte, geht erst aus der nachträglichen Mittheilung Schwendener's hervor, die er über diesen Punkt in seiner Erwiderung auf Schumann's Kritik gab (1899). Dort beschreibt er die Methode der Vergleichung folgendermaassen (pag. 900):

„Nachdem ich eine Reihe von Aufnahmen junger Helianthus-Köpfe, sowohl endständiger wie seitenständiger, gemacht und mich endlich überzeugt hatte, dass die untersuchten Jugendstadien in Bezug auf die Zahl der Contactlinien nicht übereinstimmen, liess ich im folgenden Jahre ein kleines, gut vorbereitetes Stück Land mit Sonnenrosen bepflanzen und prüfte dann die Terminalköpfe, sobald sie angelegt waren, auf ihre Vergleichbarkeit. Hierbei ergab sich, dass von fünf Köpfen mindestens vier für die Contactlinien randständiger Blüten dieselben Zahlenverhältnisse darbieten, und ebenso erwiesen sich die späteren Stadien mit ungefähr gleichem Procentsatz als vergleichbar.“ Schumann's Messungen hält Schwendener seinerseits für durchaus nicht vergleichbar. Dasselbe meint er auch von Jost's Befunden an Chrysanthemum Leucanthemum, die dieser auf ungefähr dieselbe Methode wie Schumann erhalten hatte.

Um die Frage jedoch definitiv auf diesem Wege zu entscheiden, veranstaltete Schwendener im vorigen Jahre eine Wiederholung des schon einmal von ihm angewandten soeben mitgetheilten Verfahrens. Die Resultate sind in einer besonderen kleinen Abhandlung veröffentlicht; sie fielen nicht übermässig günstig aus deshalb, weil die Exemplare trotz möglichst gleichmässiger Behandlung eine recht grosse Variabilität zeigten, die der Vergleichbarkeit natürlich ziemlich hindernd in den Weg trat. Immerhin geht aus den Tabellen mit einiger Sicherheit hervor, dass Contactwechsel im Laufe der Entwicklung eintritt: „Terminalköpfe, bei denen im Jugendstadium bei einem Scheibendurchmesser von 2,5—3,5 mm die 34er und 55er Zeilen häufig als Contactlinien fungiren, zeigen z. B. später nur noch 55er und 89er; die 34er sind durchgehends zurückgetreten“ (VI. pag. 1057).

Wenn nun auch auf diesem indirecten Wege ein völlig stichhaltiger Nachweis der Verschiebungen bei Helianthusköpfen erbracht

ist, so kann doch ein Verlangen nach einem directen Beweise nicht unterdrückt werden. Die Gegner jeder Verschiebungslehre werden solchen Vergleichen von Durchschnittszahlen stets ein ungläubiges Misstrauen entgegenbringen und an allerhand mögliche Täuschungen und Irrthümer denken, zumal, wenn die Vergleichszahlen so geringe Unterschiede ergeben, wie bei der *Helianthus*-untersuchung, von der soeben berichtet wurde.

Derartige Versuche, Verschiebungen durch directe Beobachtungen an einem und demselben Kopf nachzuweisen, sind nun in der That bereits vorgenommen worden, und zwar wiederum von Schumann. Er verfuhr dabei im Wesentlichen folgendermaassen:

Bei solchen Köpfen, welche bereits soweit entwickelt waren, dass sie einen Zutritt durch den Hüllkelch zu ihrer inneren Oberfläche zuließen, die also schon einen Durchmesser von 3,5—4 cm besaßen, brachte er mit Tusche „einen dünnen Strich der Richtung der Spreuschuppen folgend über die ebene Fläche von aussen nach innen“ an, indem er die Blätter des Hüllkelches so weit zurückbog, dass er bequem zu der Oberfläche gelangen konnte. Dann controlirte er den Strich öfter bis zu dem Zeitpunkt, wo die Köpfechen etwa den doppelten Durchmesser, 6—8 cm, erreicht hatten. Er fand dabei nun, dass „eine Verbiegung der geraden Linien in keinem Fall constatirt werden“ konnte (II. pag. 268). Da solche Verbiegungen aber seiner Ansicht nach eine nothwendige Consequenz der Schwendener'schen Theorie sein sollen, so fällt mit seinem negativen Befund auch der ganze Theil der Theorie, welcher sich auf diese Veränderungen bezieht, von selbst in Nichts zusammen. Auf die Beschreibung seiner ganz ähnlichen Versuche bei *Rudbeckia* kann ich verzichten, da diese Pflanze nicht in den Bereich meiner Untersuchungen gezogen wurde.

Da hätten wir ja nun einen scheinbar völlig logischen und unwiderleglichen Beweis, dass sich wirklich an den *Helianthus*-köpfen nichts verschiebt! Wird doch die ganze Schumann'sche Kritik einschliesslich der soeben beschriebenen Versuche und Schlussfolgerungen von anderer Seite für „völlig einwandfrei“ erklärt! Doch sehen wir zu, ob dieser Beweis in der That so vernichtend ist, wie er einem unkundigen Leser auf den ersten Blick erscheint.

Zunächst fragt es sich, ob wirklich, wie Schumann meint, nach der Schwendener'schen Theorie bei seinem Versuch Verschiebungen hätten zu Tage treten müssen. Und da erkennen wir ohne grosse Schwierigkeit, dass sich in die theoretischen Erwägungen,

die Schumann der Darstellung seines Versuches voranschickt und auf denen diese fusst, ein sehr schwer wiegender directer Fehler eingeschlichen hat, der den Verfasser zu einer völligen Verkennung des Problems geführt hat. Dieser Fehler steckt nämlich darin, dass Schumann den Begriff des Längenwachsthums der Achse bei den Blüthenscheiben falsch aufgefasst hat. Er überlegt nämlich etwa folgendermaassen: Bei Coniferenzweigen besteht nach Schwendener ein vorwiegendes Längenwachsthum, dasselbe besteht darin, dass der Stengel allmählich ein Vielfaches seiner ursprünglichen Länge erreicht, während der Durchmesser des Zweiges wenig zunimmt, jedenfalls viel weniger, als seine Länge. Das Gegentheil hiervon haben wir nun offenbar bei den Sonnenblumen, oder allgemein bei scheibenförmig sich entwickelnder Achse, denn dann ist deren Zunahme in der Längsrichtung, d. h. das Wachsthum der Höhe der Scheibe, verschwindend gegenüber ihrem Breitenwachsthum. Doch hören wir Schumann selbst (pag. 266): „Die Zunahme der Höhe in einem Köpfchen ist im Verhältniss zur Wachsthumzunahme in der horizontalen Richtung so ausserordentlich gering, dass wir die erstere gleich 0 setzen können.“ Noch deutlicher geht seine Auffassung über Längen- und Breitenwachsthum an den Helianthusköpfen aus einer anderen Stelle hervor (pag. 265): „Ich habe gezeigt, dass ein plumper Vegetationskegel, dessen Durchmesser und Höhe gleich sind, die Form eines Uhrglases annimmt, dass später ein umwallter Krater entsteht, der sich allmählich wieder in einen uhrglasförmigen und endlich flachen Körper umbildet. Der innere Abfall des Walles ist mit Blüthen bedeckt; der Körper erfährt eine dauernde Zunahme in die Breite. Unter der Voraussetzung, dass das Schwendener'sche Calcül richtig ist, müssen nothgedrungen in dem Rahmen dieser Gestaltsveränderungen auch schon Verschiebungen einsetzen, denn die beiden oben genannten Voraussetzungen (sc. lückenloser Contact in den Organen und bevorzugtes Wachsthum in transversaler Richtung) sind erfüllt.“

Für Schumann liegt die Sache also mit anderen Worten so: Bei der Entwicklung der Helianthusköpfe ist das Längenwachsthum gleich 0, oder höchstens gleich der Zunahme der Scheibendicke (-Höhe) vom Ansatz des Stieles gerechnet bis zur Oberfläche, das Breitenwachsthum besteht in der Zunahme des Durchmessers der Scheibe. Damit ist natürlich für ihn bewiesen, dass während der ganzen Entwicklung des Kopfes ein sehr vorwiegendes Breitenwachsthum stattfindet; und für ein solches

behauptet Schwendener Dachstuhlverschiebungen mit Auftreten höherer Contactzeilen.

Die Sache liegt jedoch ganz anders. Das Wachsthum in der Längsrichtung wird bei scheibenförmiger Achse für die auf derselben inserirten Organe repräsentirt durch die Vergrößerung des Radius der Scheibe, das Breitenwachsthum durch Zunahme der Peripherie. Die Peripherie wächst nun aber bekanntlich in genau demselben Verhältniss wie der Radius, bei doppeltem Halbmesser haben wir auch einen doppelten Umfang. Von einem vorwiegenden Breitenwachsthum kann also keine Rede sein, solange die Organe in demselben Maasse an Durchmesser zunehmen, wie die Peripherie der Scheibe an Umfang. Ist dies während des ganzen Verlaufes der Entwicklung der Fall, so finden keine Verschiebungen statt, sondern die Scheibe wächst dann in derselben Weise, als ob sie mit der Lupe oder dem Mikroskop vergrößert würde. Wachsen dagegen die Organe langsamer im Durchmesser als die Peripherie, so haben wir ein vor dem Wachsthum der Blüten vorwiegendes Breitenwachsthum der Achse, d. h. der Scheibe, und dann und nur dann treten Verschiebungen ein. Das Wesentliche dabei ist also die Aenderung des Verhältnisses zwischen Organdurchmesser und Umfang der Scheibe.

Aus diesen theoretischen Betrachtungen, die auch zum Verständniss unserer eigenen nachfolgenden Untersuchungen nicht ohne Werth sein werden, geht nun ohne Weiteres hervor, dass der negative Befund Schumann's mittelst seiner Tuschestriche auch nicht die geringste Beweiskraft besitzt, zumal da die Zeit, während der er die Beobachtungen anstellte, nur einen verhältnissmässig kurzen Abschnitt in der Entwicklung des Blütenkopfes umfasste, nämlich nur die Zeit während der Zunahme des Durchmessers der Köpfe um 4 cm. In dieser Epoche kann das Wachsthum der Organe gerade zufällig ungefähr mit dem des Umfanges gleichen Schritt gehalten haben, was vielleicht früher oder später nicht der Fall war.

Aber auch diese Annahme ist gar nicht nöthig; es ist durchaus nicht ausgeschlossen, dass doch Verschiebungen während der Beobachtungsdauer eintraten, die nur in Folge der unvollkommenen Methode nicht bemerkt wurden. Wenige Worte werden dies erläutern: Eine „Verbiegung der geraden Tuschklinien“ bei seitlicher Verschiebung ist überhaupt gar nicht zu erwarten. Die Linie bleibt gerade und wird nur in ihrer Richtung abgelenkt. Auf eine solche Ablenkung in der Richtung hat aber Schumann, wie es scheint,

gar nicht geachtet. Auch wäre ihm wohl eine Constatirung einer solchen Verschiebung nicht ganz leicht geworden, da er die ursprüngliche Richtung seiner Linien sich kaum so genau merken konnte, wie dies zur Constatirung kleiner Ablenkungen nöthig ist, und da somit ein präciser Vergleich nicht möglich war. Wir werden auf diesen Punkt der seitlichen Verschiebung seiner Tuschelinien noch nach Darstellung unserer Untersuchungen kurz zurückkommen. Vorläufig begnügen wir uns, erkannt zu haben, dass der Versuch Schumann's direct Veränderungen an Helianthusköpfen nachzuweisen, aus mehreren Gründen als unvollkommen und nicht stichhaltig angesehen werden muss.

Der Einzige, der einen derartigen Versuch wenigstens andeutungsweise wiederholt hat, ist Schwendener. Dieser theilte in seiner Arbeit über „die Divergenzänderungen an Helianthusköpfen“ (1900) anhangsweise das Resultat einiger Messungen mit, die an denselben Köpfen zwei Mal nach einander mit einem Zwischenraum von etwa 14 Tagen vorgenommen wurden. Die Köpfe waren schon bei der ersten Messung fast ausgewachsen, ihr Durchmesser war aber doch in der Zwischenzeit noch um etwa 28 mm (im Durchschnitt) gewachsen. Aus den Zahlenangaben geht nun hervor, dass der Dachstuhlwinkel sich in der Zeit vom ersten zum zweiten Termin weiter geöffnet hatte, im Durchschnitt um ca. 7° . Diese Zahlen machen allerdings, wie Schwendener selbst zugibt, „keinen Anspruch auf Genauigkeit, da bei solchen Messungen kleinere Beobachtungsfehler kaum zu vermeiden sind“. Wir werden nachher sehen, dass diese Beobachtungsfehler doch nicht so klein sind, wie man zuerst anzunehmen geneigt ist, und wie auch der Verfasser damals annahm, als er als Assistent Schwendener's die erwähnten Messungen ausführte.

Doch ergab das Resultat dieser zweimaligen Messung für mich die Anregung, in diesem Jahre eine genauere und umfangreichere Wiederholung dieses Theiles der Untersuchung vorzunehmen und die Frage womöglich definitiv zu lösen, ob noch nach dem Erblühen der Köpfe von *Helianthus annuus* sich Verschiebungen der Blüthen resp. Früchte an einem und demselben Exemplar im Verlaufe der weiteren Entwicklung mit Sicherheit nachweisen lassen.

Beobachtungsmethoden.

Aus unserer obigen Kritik der Schumann'schen Versuchsanstellung ergibt sich mit Nothwendigkeit, dass es für die Durchführung der Untersuchung von grösstem Vortheil wäre, wenn man

Anfangs- und Endstadien neben einander hätte, so dass man beide in Ruhe und mit aller wünschenswerthen Genauigkeit mit einander vergleichen könnte. Das einfachste und beste Mittel aber, sich von dem Anfangszustand ein völlig naturgetreues Bild zu bewahren, ist die Photographie. Daher beschloss ich, von mehreren Sonnenblumen zu verschiedenen Zeiten der Entwicklung Aufnahmen zu machen, wozu mir ein vorzüglicher, dem Berliner botanischen Institut gehöriger photographischer Apparat zur Verfügung stand. Für die freundliche Ueberlassung desselben zu unumschränkter Benutzung und für die freigebige Bereitstellung der Mittel des Institutes bin ich Herrn Geh. Rath Prof. Dr. Schwendener zu aufrichtigem Danke verpflichtet. Eine langjährige Uebung im Photographieren kam mir bei der Ausführung der Aufnahmen recht zu statten.

Ich liess nun in meinem Wohnsitz Pankow in der Gärtnerei von O. Puttlitz Ende April ein kleines Stückchen Land mit Sonnenblumensamen beschicken. Von den aufgehenden Pflänzchen liess ich etwa 20 der kräftigsten stehen. Ihren Wuchs beförderte ich dadurch möglichst, dass ich ihnen im Laufe des Sommers noch einige Dünggüsse verabfolgen liess. Auch entfernte ich alle auftretenden Seitentriebe, damit die endständige Blume zu um so ansehnlicherer Grösse heranwüchse. So entwickelten sich denn auch unter dieser Fürsorge die Exemplare prächtig, so dass die grössten Scheiben den ganz beträchtlichen Durchmesser von etwa 30 cm erreichten. Gegen das Ausfressen der Samen von Seiten der Vögel wurden die Köpfe nach dem Verblühen mittels Gaze zugebunden.

Aussèr den Pankower Pflanzen benutzte ich noch drei Sonnenblumen im Universitätsgarten für die Untersuchung, die unten als Exemplar 19—21 aufgeführt sind.

Was nun den Zeitpunkt der ersten Aufnahmen anbetrifft, so sind in dieser Hinsicht gewisse Grenzen gezogen, die nicht leicht überschritten werden dürften. Darauf hat auch Schumann bereits hingewiesen (pag. 264).

Bis zu dem Zeitpunkt des Aufblühens neigen nämlich die Hüllblätter ganz dicht über der Scheibe zusammen und bilden einen sehr wirksamen Schutz für dieselbe. Sie verhindern natürlich einen Zutritt zur Oberfläche der Scheibe und müssen vor Herstellung einer photographischen Aufnahme beseitigt werden. Dies habe ich auch bei einigen Köpfen versucht. Ich schnitt sämtliche Hüllblätter mit einem scharfen Messer an der Basis ab; die zu dieser Zeit noch sehr kurzen Zungenblüthen liess ich unversehrt. Der jüngste Kopf, den

ich in dieser Weise behandelte, besass bei Ausführung der Operation einen Durchmesser von etwa 1,8 cm. Waren die der schützenden Hülle beraubten Köpfe in ihrer Entwicklung schon etwas vorgeschritten, so ertrugen sie den doch recht schweren Eingriff wider Erwarten gut. Waren sie dagegen noch sehr jung, geringer im Durchmesser als etwa 4 cm, so stellte sich sehr bald heraus, dass sie in ihrem Wachsthum zuerst ganz bedeutend beeinträchtigt wurden. Sie wuchsen nach der Operation zunächst überhaupt gar nicht weiter, sondern schrumpften merklich zusammen, wobei sich die Ränder der Scheibe unregelmässig verbogen. Später, nach Verlauf einiger Wochen, erholten sie sich allerdings dann wieder soweit, dass sie ihr scheinbar sistirtes Wachsthum wieder aufnahmen, zur Blüthe gelangten und Samen ansetzten, wenn auch die Köpfe merklich kleiner blieben als die der übrigen weniger stark verletzten Exemplare.

Wenn so einerseits eine zu frühe Entfernung der Hüllblätter mit ernstesten Gefahren für die weitere Entwicklung der Pflanze verknüpft war, so stellte es sich andererseits heraus, dass eine photographische Fixirung der Verhältnisse in diesem Stadium nur unvollkommen gelang. Zunächst nämlich erscheinen die einzelnen Blüthen und Parastichen auf der Platte selbst bei einer Aufnahme in natürlicher Grösse so klein, dass von einer genauen Winkelmessung kaum mehr die Rede sein kann; auch sind in der Regel die Parteen am Rande der Scheibe, auf die es hauptsächlich ankommt, vor Allem nicht scharf und deutlich genug präcisirt. Dazu kommt, dass die Aufnahmen im Freien, am lebenden Kopf vorgenommen werden müssen. Es ist aber selten so windstill, dass die Pflanzen sich nicht, selbst wenn man sie festbindet, im Winde ein wenig hin- und herbewegen. Und da eine Momentaufnahme in natürlicher Grösse infolge des grossen Bildabstandes vom Objectiv selbst bei Anwendung sehr lichtempfindlicher Platten ausgeschlossen erscheint, so ist es nicht leicht und eine Sache des Zufalls, genügend scharfe Bilder von solchen ganz frühen Anfangsstadien zu erhalten.

Dazu kommt dann noch ferner, dass in diesem Alter die Spreublättchen die Blüthen verdecken. Diese Spreublättchen stehen zwar natürlich in denselben Parastichen wie die Blüthen, und die Winkel, in denen ihre Parastichen zusammenstossen, sind ohne Frage dieselben, wie bei jenen, aber auf der Photographie ist die Verfolgung der Zeilen bei den Spreublättchen oft sehr erschwert und manchmal beinahe unmöglich.

Aus diesen Gründen fertigte ich bei den meisten Exemplaren die erste Photographie erst zu dem Zeitpunkt an, wo sich die Hüll-

blätter gerade öffneten oder ganz kurz vorher. Innere Hüllblätter und die jetzt sehr langen Zungenblüthen wurden vor der Aufnahme, wenn sie sich über die Scheibe herüberbeugten, am Grunde abgeschnitten, was jetzt ohne Gefahr für die weitere Entwicklung des Kopfes geschehen konnte.

Während der Blüthezeit werden die Schrägzeilen infolge des Wirrwarrs der dicht gedrängt stehenden Kronzipfel, Staubbeutel und Narben sehr undeutlich. Erst wenn die Blumenkronen sich mit Leichtigkeit von den unreifen Früchten abstreifen lassen, lohnt sich eine neue Aufnahme, da die Früchte die Parastichen natürlich ebenso deutlich zeigen, wie die Blüthen. Es wurden daher in diesem Stadium wenigstens von einigen Köpfen Aufnahmen gemacht und dann schliesslich nochmals je eine von den reifen abgeschnittenen Köpfen. Obgleich an diesen selbst die Winkel zwischen den Parastichen gemessen wurden, zeigte sich doch die Nothwendigkeit, Aufnahmen auch von diesem Endstadium zu besitzen, da die Köpfe bald beim Vertrocknen sich verkrümmen und für eine einwandfreie Vergleichung nicht mehr zu brauchen sind.

Der Apparat wurde natürlich immer so aufgestellt, dass die Platte möglichst parallel der Stelle des Kopfes stand, auf die es ankam, da sonst die Winkel auf dem photographischen Bilde unrichtig wiedergegeben worden wären. Bei einer nach aussen convexen Gestalt, wie sie bei älteren Köpfen mehrfach vorkam, musste die Aufnahme demgemäss schräg von aussen erfolgen, und auf solchen Photographieen sind nur die Winkel in einer engbegrenzten Partie richtig auf der Photographie wiedergegeben. Und dies genügt ja auch für einen Vergleich, wenn es nur gelingt, dieselbe, wenn auch engbegrenzte Stelle auf den Photographieen der verschiedenen Entwicklungsstufen immer wieder zu finden.

Und damit kommen wir zu der äusserst wichtigen Frage der Identificirung derselben Stellen des Kopfes in den verschiedenen Entwicklungsstadien. Zunächst handelt es sich darum, ob und wie weit denn überhaupt eine derartige genaue Identificirung nöthig ist. Auf den ersten Blick sollte man meinen, dass, wenn man in der Peripherie, der Randgegend einer Scheibe, die Winkel zwischen den Parastichen misst, dann am ganzen Umfang ungefähr, mit allerdings vielleicht kleinen Abweichungen, die gleichen Werthe erhalten werden müssten. Sobald man aber irgend einen beliebigen, scheinbar beim ersten Ansehen noch so regelmässigen Kopf daraufhin genauer betrachtet, erkennt man sofort, dass die Unter-

schiede in den Winkeln viel grösser sind, als man erwarten sollte. Bevor ich jedoch zur Mittheilung des Ergebnisses derartiger Betrachtungen übergehe, halte ich es für angebracht, einige Bemerkungen über die Art der Winkelmessung zu machen.

Der Winkel zwischen den Parastichen, der immer gemessen wurde, ist derjenige, welcher an dem Schnittpunkt der Parastichen nach der Peripherie des Kopfes zu sich öffnet, oder mit anderen Worten, der Winkel an der Spitze des Dreiecks, dessen Basis von der Peripherie des Kopfes, und dessen beide anderen Seiten von den Dachstuhlsparren, d. h. den Schrägzeilen, gebildet werden. Der Mittelpunkt einer Blüthe, resp. einer Frucht, wurde als Scheitel genommen und die Richtung der oft ungleichmässig gebogenen Parastichen in zweifelhaften Fällen dadurch bestimmt, dass die Verbindung zwischen den Mittelpunkten der beiden dem Scheitelorgan benachbarten Organe, d. h. etwa die Tangente an die gekrümmte Parastiche ausgezogen wurde. Auf den Photographien wurden diese Linien weiter verlängert und der eingeschlossene Winkel mit dem Transporteur gemessen. Einige der Photographien, die von Jugendstadien stammten und die Blüthen in besonders kleinen Dimensionen zeigten, wurden zwecks sicherer Winkelmessung vergrössert. Herrn Oberlehrer G. Günzel zu Berlin, der mir die Vergrösserungen in liebenswürdigster Weise anfertigte, möchte ich auch hier meinen Dank dafür aussprechen.

An den Köpfen wurde entweder in die Vertiefung zwischen zwei Samenreihen eine Stopfnadel in der Richtung der betreffenden Parastiche eingesteckt oder aber eine solche Nadel in der Richtung der oben beschriebenen Tangente über das betreffende Scheitelorgan gehalten, der Transporteur an die andere Parastiche angelegt und so an der Richtung der Stopfnadel der Winkel direkt abgelesen. Es ist zuzugeben, dass diese Methoden der Winkelmessung etwas unvollkommen sind und nicht absolut genaue Werthe liefern. Diese Ungenauigkeit, die in der Regel kaum den Betrag von etwa 1—2 Graden überschreiten dürfte, fällt aber wenig in's Gewicht gegenüber dem Umstand, dass oft die Richtung der Parastiche oder der Tangente an dieselbe in dem betreffenden Punkte sich nur angenähert bestimmen lässt. Meine Methode ist auf jeden Fall für unseren Zweck völlig ausreichend. Dass die Winkelmessung stets mit möglichster Objektivität ausgeführt wurde, braucht wohl kaum erst hervorgehoben zu werden.

Führt man nun in der beschriebenen Weise rings an der Peri-

pherie eines Kopfes sehr viele Messungen aus, so kommt man, wie schon oben bemerkt, zu dem Ergebniss, dass die erhaltenen Werthe sehr stark von einander differiren. Zum Beispiel vergleiche man die Werthe mit einander, die unten von Exemplar No. 1, dem reifen Kopf, aufgeführt sind. Man sieht, dass die Werthe schwanken zwischen 61° und 101° , und dass dazwischen alle nur möglichen Werthe vertreten sind; der Unterschied zwischen höchstem und niedrigstem Betrage ist hier $= 40^{\circ}$. Bei anderen Köpfen ist dieser Unterschied etwas geringer, z. B. bei Exemplar 7, wo er 29° und Exemplar 15 (unter 3), wo er 24° beträgt, doch wird er selbst bei sehr regelmässigen Köpfen den Betrag von 20° stets erreichen. Die Schwankungen in der Grösse des Winkels vertheilen sich natürlich in der Weise auf den Umfang, dass in gewissen Regionen niedrige Werthe erhalten werden, die nach den Seiten hin zunehmen, und umgekehrt. Nichtsdestoweniger kommen, wie die unten mitgetheilten Beobachtungsreihen auf Schritt und Tritt beweisen, häufig beträchtliche Sprünge in den Winkelwerthen bei benachbarten Parastichen vor. Dies liegt dann an Störungen und unregelmässigen Verbiegungen der Reihen, wie sie am Rande der Scheibe oft genug zu bemerken sind.

Aus diesem Sachverhalt geht nun ohne Weiteres hervor, dass wir, wenn wir einen Vergleich zwischen den Winkelmessungen am jungen und alten Kopf anstellen wollen, entweder auf Durchschnittsmessungen angewiesen sind oder aber ganz bestimmte Gegenden am Kopfe uns merken müssen.

Doch noch ein Umstand ist zu berücksichtigen, dessen Vernachlässigung ebenfalls leicht zu einer Fehlerquelle werden kann, die Thatsache nämlich, dass bei derselben Parastiche die Winkel sehr verschieden gross sind, je nachdem man ganz aussen an der Peripherie oder etwas mehr nach innen misst. Ein Blick auf unsere schematische Fig. 1 Taf. XIII/XIV, die die Verhältnisse in übertriebener Weise zur Darstellung bringt, wird die Sache deutlicher machen als alle weiteren Ausführungen. Man sieht ohne Zuhilfenahme eines Winkelmaasses mit blossem Auge, dass der Winkel bei a spitz, der bei b an derselben Parastiche dagegen stumpf ist. Daraus ergibt sich die Nothwendigkeit, die Messungen in genau gleicher Entfernung vom Rande der Scheibe vorzunehmen. Diese Forderung wurde erfüllt dadurch, dass immer z. B. das dritte Glied — in anderen Fällen das zweite oder vierte — der nach der einen Richtung gehenden Parastichen, sagen wir z. B. der 89er Zeilen, bei den Messungen ringsum am

Kopf sowohl an der Photographie als am reifen Exemplar als Centrum der Winkelmessung gewählt wurde. Dann sind wir sicher, auch in dieser Beziehung vergleichbare Werthe zu erhalten.

Doch — so wird hier vielleicht Mancher einwenden — wozu alle diese Betrachtungen und Erwägungen? Wenn man die Photographieen aufmerksam vergleicht, so wird es sicherlich ein Leichtes sein, dieselbe Gegend am Kopf herauszufinden, ja sogar jedes Organ genau zu bezeichnen! Auch ich hielt diese Aufgabe zunächst für nicht zu schwer. Ich dachte, mittelst der Stellung und Form der Hüllblätter würde es nicht schwierig sein, immer dieselben Gegenden herauszufinden. Bald jedoch sah ich, dass dem nicht so war. Im Verlaufe des Wachstums verändern die Hüllblätter ihr Aussehen manchmal völlig, so dass eine Orientierung nach ihnen nicht mehr möglich ist. Und die Blüthen resp. Früchte auf der Scheibe sahen einander meist so ähnlich, wie ein Ei dem anderen.

Ich suchte mir nun auf verschiedene Weise zu helfen, zunächst dadurch, dass ich bei der Entfernung der Hüllblätter behufs Sichtbarmachung der Scheibe einen Theil derselben stehen liess, so, wie dies auf den in Figg. 2 und 4 Taf. XIII/XIV wiedergegebenen Photographieen von Exemplar 6 und 15 zu sehen ist. Die unversehrt gebliebenen Hüllblätter gaben mir natürlich am reifen Kopf ziemlich genau die Stelle an, wo die zu vergleichenden Messungen auszuführen waren. Dann versuchte ich noch genauere Bezeichnungen bestimmter Stellen herbeizuführen durch Einstecken selbstverfertigter feinspitziger Glasnadeln. Dies gelang mir jedoch nicht, da die Nadeln in das doch ziemlich resistente Gewebe der Köpfe nicht ordentlich eindringen, sondern in der Regel abbrachen, auch sehr wenig sichtbar und auf der Photographie kaum wieder zu entdecken waren. Was mir mit den Glasnadeln nicht glücken wollte, gelang um so besser mit lackirten Insektennadeln, die ich an der Peripherie der Köpfe einsteckte. Durch die Lackierung war ein Rosten ausgeschlossen, der Kopf wurde durch den Stich kaum beeinträchtigt, und die Nadeln markirten sich auf den Platten sehr deutlich.

Das beste Mittel schliesslich, ganz bestimmte Stellen wieder zu erkennen, bot sich in den günstigsten Fällen in Unregelmässigkeiten in der Ausbildung der Blüthen, vor Allem in dem Aufhören bestimmter Reihen, wie das ja fast an jedem Kopf an mindestens einer Stelle vorkommt, oder in der Verwachsung zweier Organe mit einander. Darauf werden wir in der Besprechung der einzelnen Köpfe noch näher zurückkommen.

Aus alledem ergibt sich, dass bei den nun folgenden Messungen bei mangelnder genauer Identificirung Durchschnittszahlen mit einander verglichen werden mussten, dass aber in den günstigeren Fällen eine genauere Festlegung ganz bestimmter Organe erreicht werden konnte.

Bericht über die vergleichenden Messungen des Dachstuhlwinkels.

Die Sonnenblumen, die ich in den Bereich meiner Untersuchungen zog, d. h. photographirte, bezeichnete ich in der Reihenfolge, wie dies geschah, mit Nummern. Ich halte es daher für angebracht, die Exemplare in dieser Reihenfolge auch zu besprechen. Bei jedem Exemplar wird zuerst eine kurze Beschreibung der mit ihm vorgenommenen Manipulationen und der charakteristischen Eigenthümlichkeiten des betreffenden Kopfes gegeben, dann die Daten der Messungen aufgezählt und schliesslich das Facit aus diesen Messungen gezogen.

Ueber die Art der Winkelmessung ist schon oben berichtet worden; der Durchmesser der mit Blüten besetzten Scheibe wurde durch Anlegung eines Maassstabes bestimmt. Die Parastichenzahlen wurden durch Abzählen am reifen Kopfe erhalten; hat man so ein Mal erkannt, welcher Reihe diese Zahlen angehören, so ist es natürlich leicht, auch dann die Bezifferung der Zeilen an den Photographieen richtig vorzunehmen, wenn, wie z. B. auf Fig. 2 Taf. XIII/XIV nur ein Theil der Scheibe sichtbar, der übrige durch Hüllblätter verdeckt ist.

Exemplar 1.

Beschreibung: Am 11. 7. wurden sämmtliche Hüllblätter abgeschnitten, die noch ziemlich kleinen Randblüthen fast überall stehen gelassen. Sichtbar waren vor Allem die gelblichen Spreublätter, die Blüten schimmerten aber durch. Die Deckblätter wurden an einer Stelle schwarz angetuscht, damit die Reihen deutlicher hervorträten, und um ev. eine spätere Identificirung zu ermöglichen. Das Letztere wurde jedoch vereitelt dadurch, dass die Farbe sehr bald vom Regen heruntergespült wurde. Der Durchmesser der Scheibe, gemessen zwischen je zwei einander gegenüberliegenden äussersten Scheiben- oder Zungenblüthen, betrug 4,3 cm.

Am 19. 7. betrug der Durchmesser 6,5 cm. Der Kopf war inzwischen, wohl infolge des frühzeitigen Abschneidens der Hüllblätter, etwas concav, nach innen hohl geworden. Es wurde eine Aufnahme von der Stelle gemacht, wo die Parastichen am deutlichsten hervortraten; diese Stelle war eine andere, als diejenige, auf der am 11. 7. die Tuschepunkte aufgetragen worden waren. An der photo-

graphierten Gegend wurden die jetzt sehr langen Zungenblüthen abgeschnitten und am 1. 8. an den Grenzen dieses Bereiches zwei Nadeln eingesteckt.

Am 31. 8. wurde der Kopf abgeschnitten, sein Durchmesser betrug ca. 21—22 cm. Die photographirten Gegenden liessen sich ganz gut identificiren.

Messungen: Es liegen die Doppelwerthe der Hauptreihe vor, nämlich 110 Zeilen nach der einen und 68 nach der anderen Richtung. Die Reihenfolge der Messungen ist, wie auch bei den übrigen Köpfen mit mehreren Messungsreihen, immer dieselbe, bei unserem Exemplar am Kopf von rechts nach links fortschreitend.

1. Photographie vom 11. 7. Gemessen wurden an der Stelle mit den Tuschepunkten die Winkel, die sämtliche auf einander folgende 68er Zeilen mit den 110er Zeilen bildeten, soweit dies die Schärfe der Photographie zuliess, im Bereich von etwa 20—21 110er Zeilen.

63, 65, 59, 62, 68, 66, 71, —, 73, 72, 74, 79.

Durchschnitt der 11 Messungen: $68,4^{\circ}$.

2. Photographie vom 19. 7.

Gemessen sind sämtliche auf einander folgende 110er Zeilen.

82, 81, 84, 89, 86, 83, 86, 86, 92, 98, 99, 99, 100, 95, 95, 97, 89, 88, 89, 85.

Durchschnitt der 20 Messungen: $90,1^{\circ}$.

3. Reifer Kopf, abgeschnitten den 31. 8., gemessen sämtliche 110er Zeilen.

a) An der Stelle, die Photographie 1. entspricht:

69, 65, 65, 62, 61, 63, 62, 64, 68, 71, 70, 72, 70, 71, 69, 67, 69, 69, 69, 67, 66, 67, 69.

Durchschnitt der 24 Messungen $67,3^{\circ}$.

b) An der Stelle, die Photographie 2. entspricht:

76, 76, 74, 78, 81, 89, 86, 85, 89, 92, 94, 94, 95, 94, 94, 98, 98, 96, 94, 101, 101, 97, 95, 92, 88.

Durchschnitt der 25 Messungen: $90,3^{\circ}$.

Ergebniss: Der Winkel, welchen die 68er und 110er Zeilen mit einander einschliessen, hat sich in der Zeit vom 11. 7. bis zur Reife nicht verändert, er hat weder zu-, noch abgenommen.

Exemplar 2.

Beschreibung: Am 13. 7. wurde die erste Aufnahme gemacht. Der Durchmesser der Scheibe betrug 6,1 cm. Der Kopf war nicht

mehr sehr weit vom Aufblühen entfernt. Alle Hüllblätter wurden abgeschnitten und an drei mehr oder minder umfangreichen Stellen auch die Randblüthen. Von den Blüthen selbst war nichts zu sehen, da sie unter den schwärzlichen Deckschuppen verborgen waren. Die Scheibe war ziemlich eben.

Am 28. 7. betrug der Durchmesser 23 cm. Der Kopf hatte also durch die Entfernung der Hüllblätter keinen Schaden genommen, was der intensive Zuwachs von 17 cm binnen 15 Tagen beweist. In der Mitte befand sich noch eine etwa 5 cm im Durchmesser fassende Stelle, deren Blüthen sich noch nicht geöffnet hatten, am Rande der Scheibe waren dieselben bereits verblüht und liessen sich leicht abstreifen. Der Kopf hatte sich stark convex nach aussen gekrümmt, daher wurde parallel zu einer Stelle, an der die Blüthen abgestreift wurden, von schräg aussen eine Aufnahme gemacht. An dieser Stelle wurden nach der Aufnahme zwei Nadeln eingesteckt.

Am 1. 10. wurde der Kopf abgeschnitten. Sein Durchmesser betrug ca. 30 cm: Er war wieder fast völlig eben geworden.

Messungen: Die Messungen von allen drei Stadien beziehen sich sicher auf dieselbe Gegend des Kopfes. Es liegt die Hauptreihe vor und zwar mit den 89er und 144er Zeilen.

1. Photographie vom 13. 7.

Nur an einigen Stellen ist eine sichere Messung möglich. An einer derselben, dort wo auch die Zungenblüthen abgeschnitten sind, ergab die Messung, immer etwa am 4. bis 5. Glied von 10 auf einander folgenden 144er Zeilen ausgeführt:

74, 74, 79, 78, 76, 80, 78, 82, 82, 81.

Der Durchschnitt dieser 10 Messungen beträgt: **78,4°**.

Auch an anderen Gegenden des Kopfes scheint derselbe Winkel vorzuherrschen, man erhält Zahlen wie:

81, 75, 74, 73, 80.

2. Photographie vom 28. 7.

Die Stelle liegt in derselben Gegend des Kopfes, wie die auf Photographie 1. gemessene. Eine genauere Identificirung ist nicht möglich. Die Messung wurde ausgeführt an sämtlichen auf einander folgenden 144er Parastichen der von Blüthen entblösten Stelle, immer am zweiten Samen vom Rande aus.

57, 60, 64, 68, 68, 67, 66, 83, 74.

Durchschnitt dieser neun Messungen: **67,4°**.

3. Reifer Kopf, abgeschnitten den 1. 10.

a) Auch an diesem gelingt eine genaue Wiedererkennung der

Stelle der Messung 1 nicht völlig. Es wurden daher zum Vergleich mit dieser Photographie Nr. 1 die Winkel in der ganzen betreffenden Gegend des Kopfes, immer vom fünften Gliede der 144er Zeilen vom Rande aus gerechnet, gemessen. Die Messung ergab folgende Werthe:

96, 90, 92, 85, 85, 85, 89, 82, 82, 85, 79, 77, 77, 79, 78, 80, 81, 80, 80, 81, 79, 79, 73, 75, 78, 79, 82, 80, 80, 79, 78, 75, 74, 75, 73, 75, 80, 81.

Der Durchschnitt der 38 Messungen beträgt: $80,5^{\circ}$.

b) Viel besser gelingt die Identificirung der Photographie vom 28. 7., und zwar vor Allem mit Hilfe einer kleinen Verbiegung einiger Parastichen, der Art des Aufhörens der Zeilen an der Peripherie und der Stellung der Strahlblüthen. Mit allerhöchster Wahrscheinlichkeit sind die folgenden Messungen an genau denselben Stellen ausgeführt wie auf der Photographie. Die Winkel haben natürlich als Scheitel immer das zweite Glied der 144er Zeilen.

71, 76, 81, 86, 82, 79, 78, 94, 85.

Durchschnitt der neun Messungen: $81,3^{\circ}$.

Man achte auf den deutlichen Parallelismus im Steigen und Fallen der Zahlen in beiden Reihen.

Ergebniss: Der Dachstuhlwinkel zwischen 89er und 144er Zeilen hat vom 13. 7. bis zum 28. 7. bei einer Zunahme des Kopfdurchmessers um 17 cm abgenommen von etwa 78° bis auf 67° , d. h. um ungefähr 11° . Dann aber erfolgte bis zum 1. 10., während eines weiteren Wachstums des Durchmessers um 7 cm, eine Zunahme des Winkels bis etwa 81° , d. h. um ungefähr 14° . Die beiden Endstadien zeigen fast genau denselben Werth. Der Unterschied zwischen beiden besteht in einer Zunahme von etwa $2-3^{\circ}$.

Exemplar 3.

Beschreibung: Am 13. 7. wurde die erste Aufnahme gemacht. Der Durchmesser der Scheibe betrug erst 1,8—1,9 cm. Sämmtliche Hüllblätter wurden am Grunde abgeschnitten. Die Photographie war für eine nur einigermaassen exakte Winkelmessung nicht scharf genug.

Zunächst schrumpfte der Kopf ziemlich stark und zog sich dreieckig zusammen, so dass die Mitte vertieft war. Am 12. 8. hatte sich die Schrumpfung wieder ziemlich ausgeglichen. Der Kopf war allerdings etwas klein und unregelmässig geblieben, auch sah man auffallende Unregelmässigkeiten in den Reihen. An einigen wenigen

Stellen waren einzelne Früchte durch Vögel ausgefressen. Es wurde eine Aufnahme von einer Partie des Kopfes gemacht und zur Identifizierung zwei Nadeln eingesteckt.

Am 3. 10. wurde der Kopf abgeschnitten, er hatte doch noch einen Durchmesser von 18,5 cm erreicht; er war wieder schön eben geworden.

Messung: Es liegen vor die 89er und 144er Zeilen. Vermöge der erwähnten starken Unregelmässigkeiten in der Ausbildung der Samen und Reihen liessen sich die einzelnen Organe des reifen Kopfes an der Photographie vom 12. 8. mit absoluter Sicherheit wieder erkennen. Da jedoch die Winkel auf der Photographie infolge der damals immer noch ziemlich starken Krümmung nur an einer ziemlich kleinen Stelle ganz zuverlässig richtig wiedergegeben sind, so konnten nur folgende wenige Messungen vorgenommen werden:

1. An der Photographie vom 12. 8.:

73, 75, 76, 85, 57.

2. Am reifen Kopf, vom 3. 10. Genau dieselben Winkel in der gleichen Reihenfolge:

85, 90, 98, 105, 69.

Ergebniss: Die Winkel sind in der Zeit vom 12. 8. bis zum 3. 10. bei einer Zunahme des Kopfdurchmessers um $3\frac{1}{2}$ cm gewachsen um 12° bis 22° .

Exemplar 4.

Beschreibung: Am 15. 7., dem Tage der ersten Aufnahme, betrug der Durchmesser der Scheibe ca. 8,5 cm. Der Kopf stand ganz kurz vor dem Aufblühen, daher wurden keine Hüllblätter, da diese bereits senkrecht zur Ebene der Scheibe standen, sondern nur an etwa einem Viertel des Umfanges die gelben Zungenblüthen abgeschnitten. Noch keine einzige Blüthe hatte sich geöffnet. Der Winkel zwischen den Parastichen war überaus deutlich, da die Blüthen nicht mehr durch die Spreublättchen verdeckt wurden, sondern selbst sichtbar waren. Später wurden an den Grenzen der der Zungenblüthen beraubten Stelle zwei Nadeln eingesteckt.

Am 19. 8. betrug der Durchmesser des reifen Kopfes 25—26 cm. Derselbe war nach aussen convex gekrümmt.

Messungen: Es liegt die Hauptreihe vor mit 55 und 89 Zeilen

1. Photographie vom 15. 7.

An der Stelle, wo die Zungenblüthen abgeschnitten sind, wurden sämtliche 89er Zeilen vorgenommen und der Winkel, den jede mit

den 55ern bildete, etwa am zweiten bis dritten Organ, vom Rande aus gerechnet, gemessen. Die Messung ergab folgende Werthe:

111, 112, 108, 112, 112, 108, 111, 114, 116, 111, 109, 107, 99, 102, 99, 96.

Durchschnitt der 16 Messungen: 108° .

2. Reifer Kopf, am 19. 8.:

Die Messungen sind ganz analog den vorigen ausgeführt und zwar sicher an derselben Stelle des Umfanges. Genaue Identificirung der einzelnen Blüthen, resp. Samen war nicht möglich.

94, 90, 94, 93, 103, 105, 109, 112, 112, 113, 111, 105, 105, 102, 98, 99.

Durchschnitt der 16 Messungen: 103° .

Am 25. 9., als der Kopf abgeschnitten wurde, war er bereits etwas geschrumpft, namentlich am Rande, so dass die nochmalige Messung der Winkel falsche Werthe gegeben hätte.

Ergebniss: Der Winkel zwischen den 55er und 89er Zeilen hat in der Zeit vom 15. 7. bis zum 19. 8., während welcher der Durchmesser des Kopfes um etwa 17 cm wuchs, um 5° abgenommen.

Exemplar 5.

Die erste Aufnahme gelang nicht recht, und da versäumt wurde, dieselbe rechtzeitig zu wiederholen, so wurde dieses Exemplar nicht weiter berücksichtigt.

Exemplar 6.

Beschreibung: Am 17. 7. wurde die erste Aufnahme gemacht. Der Kopf stand kurz vor dem Aufblühen. Sein Durchmesser betrug ca. $6\frac{1}{2}$ —7 cm. Es wurden zur Sichtbarmachung der Scheibe die meisten Hüllblätter, vor allem ringsum alle inneren, und an einem Viertel des Umfanges auch die Randblüthen abgeschnitten. Die Scheibe war sehr eben. Am Rande waren die Blüthen selbst sichtbar, mehr nach dem Centrum zu waren sie verdeckt durch die Spreuschuppen. Die Winkel treten auf der Photographie recht deutlich hervor. Diese ist auf Taf. XIII/XIV Fig. 2 reproducirt.

Am 28. 7. war der Durchmesser bereits auf 18—20 cm angewachsen. Der Kopf war ziemlich stark convex nach aussen gewölbt, so dass die Aufnahme schräg von aussen in einer Tangentialebene zu der Randgegend bewerkstelligt werden musste. Aufgenommen wurde dieselbe Stelle, die bei der ersten Aufnahme der Randblüthen beraubt worden war. Die Kronen waren in den peripherischen Theilen

bereits verblüht und wurden an der zu photographirenden Stelle abgestreift. Einen Ausschnitt aus dieser Photographie stellt unsere Fig. 3 Taf. XIV dar.

Abgeschnitten wurde der Kopf am 21. 8. Er besass an diesem Tage einen Durchmesser von 22—23 cm. Er war wie am 28. 7. noch immer stark convex gewölbt.

Messungen: Es liegt vor die Hauptreihe mit den 89er und 144er Zeilen.

1. Photographie vom 17. 7. (Fig. 2.) Es wurden an der von Zungenblüthen entblösten Stelle die Winkel an 20 auf einander folgenden 89er Zeilen gemessen, und zwar wurde diese Messung, da die Photographie etwas sehr kleine Dimensionen aufwies, an einer zu diesem Zweck hergestellten Vergrößerung ausgeführt. Als Scheitel wurde immer das dritte bis vierte Organ der 89er Zeilen gewählt. Die erhaltenen Zahlen waren folgende:

78, 78, 75, 75, 67, 63, 71, 76, 64, 72, 67, 73, 82, 82, 92, 95, 90, 92, 87, 84.

Durchschnitt: 78,1°.

2. Photographie vom 28. 7. (Fig. 3.)

Infolge der convexen Krümmung des Kopfes war nur die Messung weniger Parastichen möglich, wenn einwandfreie Zahlen erhalten werden sollten. Gemessen wurden acht auf einander folgende 89er Zeilen immer am dritten Organ als Scheitel. Die Messung ergab:

42, 43, 39, 44, 48, 46, 46, 45.

Durchschnitt: 44,1°.

3. Reifer Kopf, abgeschnitten den 21. 8.

Gemessen wurde so, dass immer das zweite bis vierte Glied der 89er Zeilen den Scheitel bildete.

Die Messung ergab folgende Werthe:

58, 61, 61, 51, 56, 58, 59, 52, 53, 53, 54, 51, 51, 51, 51, 56, 54, 58, 62, 60.

Durchschnitt der 20 Messungen: 55,5°.

Ergebniss: Der Dachstuhlwinkel hat zuerst vom 17. 7. bis zum 28. 7. bei einem Wachsthum des Scheibendurchmessers von etwa 7 auf etwa 19 cm abgenommen um 34°; während des weiteren Wachsthums des Scheibendurchmessers um etwa 3½ cm bis zur Reife nahm der Winkel wieder um über 11° zu. Zwischen Anfangs- und Endstadium ergibt sich als Unterschied eine Abnahme von 22½°.

Exemplar 7.

Beschreibung: Die erste Aufnahme von diesem Exemplar wurde am 18. 7. vorgenommen. Der Durchmesser der Scheibe betrug $7-7\frac{1}{2}$ cm. Der Kopf war gerade im Aufblühen begriffen, eine bis zwei Reihen von Scheibenblüthen rings an der Peripherie hatten sich schon erschlossen. Daher brauchten auch nur wenige überneigende Zungenblüthen behufs besserer Sichtbarmachung der Scheibe abgeschnitten zu werden.

Am 23. 7. erfolgte die zweite Aufnahme. Der Durchmesser betrug 14—14,5 cm. Am Rande wurden die Blüthen an der Stelle, wo am 18. 7. einige Zungenblüthen abgeschnitten waren, abgestreift und parallel zu dieser Stelle des nach aussen convex gewölbten Kopfes eine Aufnahme gemacht. In der Nähe der Mitte standen noch blühende Blüthen, im Centrum noch nicht erschlossene Knospen.

Abgeschnitten wurde der Kopf am 31. 8. Er hatte einen Durchmesser von 20 cm. Die Samen waren ihm zwar, da er nicht rechtzeitig mit Gaze zugebunden wurde, von den Vögeln fast sämmtlich ausgefressen worden, aber er war trotzdem nicht vertrocknet und auch nicht geschrumpft, so dass noch eine richtige Winkelmessung möglich war.

Messungen: Es liegen Parastichenzahlen aus der Nebenreihe 1, 3, 4, 7 ... vor, und zwar 76er und 123er Zeilen. Die Identificirung gelang nur sehr unvollkommen.

1. Photographie vom 18. 7.

Die Winkel wurden so weit aussen wie möglich, in der Regel wohl etwa am vierten Organ der 123er Zeilen gemessen. Genau liess sich dies nicht präcisiren, weil die aufgegangenen Blüthen eine Abzählung von der Peripherie aus erschwerten. Die ersten 22 Messungen stammen aus der Gegend, wo die Zungenblüthen abgeschnitten sind, die übrigen von verschiedenen Stellen des Kopfes, wo gerade eine Messung möglich war.

56, 67, 70, 58, 61, 65, 64, 56, 60, 69, 73, 73, 70, 77, 66, 66, 62, 61, 59, 65, 69, 71; 61, 57, 60, 61, 68, 74, 66, 63.

Durchschnitt dieser 30 Messungen: $64,9^{\circ}$.

2. Photographie vom 23. 7.

Die Messung wurde ausgeführt immer am etwa vierten Glied sämmtlicher auf einander folgender 123er Zeilen. Die Messung stammt, wie schon aus der Beschreibung der Aufnahme ersichtlich, von der der Zungenblüthen entkleideten Stelle:

55, 58, 61, 51, 56, 57, 52, 53, 50, 45, 52, 48.

Durchschnitt der 12 Messungen: $53,2^{\circ}$.

3. Am reifen Kopf vom 31. 8. wurden die Winkel an sämtlichen 76er Zeilen gemessen, als Scheitel wurde, zur Vergleichung mit der Photographie vom 18. 7., immer das fünfte Glied der 123er Zeilen genommen. Die nachfolgenden Messungen fangen wiederum an mit den Winkeln aus der Gegend ohne Zungenblüthen:

72, 73, 80, 78, 82, 83, 78, 75, 77, 85, 79, 82, 86, 91, 68, 68, 79, 80, 87, 88, 85, 85, 92, 86, 83, 81, 71, 75, 76, 73, 67, 63, 64, 64, 65, 67, 67, 66, 66, 71, 70, 72, 73, 70, 71, 75, 77, 77, 72, 73, 77, 79, 78, 81, 74, 75, 69, 72, 71, 71, 71, 71, 70, 68, 76, 73, 70, 75, 77, 73, 69, 72, 73, 71, 74, 70.

Durchschnitt der 76 Messungen: $74,9^{\circ}$.

Ergebniss: Der Dachstuhlwinkel zwischen den 76er und 123er Zeilen hat in der Zeit vom 18. 7. bis zum 23. 7. bei einer Zunahme des Kopfdurchmessers um 7 cm zunächst abgenommen und zwar um den Betrag von fast 12° ; beim weiteren Wachsthum des Durchmessers um etwa den gleichen Betrag von fast 7 cm hat dagegen der Winkel in der Zeit bis zur Reife eine Veränderung in umgekehrtem Sinne, nämlich eine Zunahme um $21\frac{1}{2}^{\circ}$ erfahren. Da diese Zunahme fast doppelt so gross ist, wie die vorangegangene Abnahme, so bleibt zwischen Anfangs- und Endstadium immer noch als Unterschied eine Zunahme von 10° . Die erhaltenen Werthe sind zwar nur Durchschnittszahlen, können aber Anspruch auf ziemlich grosse Zuverlässigkeit machen.

Exemplar 8.

Beschreibung: Der Kopf war noch sehr jung, er fasste erst ca. 3,8 cm im Durchmesser, als er zum ersten Male am 19. 7. photographirt wurde. Es mussten daher alle Hüllblätter weggeschnitten werden. Nur an einer kleinen Stelle des Umfanges wurde ein Theil derselben zur späteren Identificirung stehen gelassen. Von den Blüthen selbst war nichts zu sehen, nur die Deckblättchen waren sichtbar, die an der Basis hell und oben bräunlich bespitzt waren. Obgleich die einzelnen Blättchen auf der Photographie nur sehr klein herauskamen, war dieselbe doch so scharf, dass wenigstens an einigen Stellen der Winkel zwischen den Zeilen deutlich genug zur Messung hervortrat.

Der Kopf entwickelte sich trotz des sehr schweren Eingriffes sehr bald normal weiter, so dass er am 14. 8., dem Tage der zweiten Aufnahme, einen Durchmesser von 21—23,5 cm aufwies, nur war er, wie schon diese Zahlen beweisen, etwas verkrümmt und unregelmässig

geblieben. Eine Stelle der Peripherie wurde durch ein Stück Papier markirt und dann die Aufnahme vorgenommen. Nach derselben wurden an dieser Stelle zwei Nadeln eingesteckt.

Am 3. 10 wurde der Kopf abgeschnitten. Er besass einen Durchmesser von 24—27 cm.

Messungen: Es liegen die 89er und 144er vor.

1. Was zunächst den Vergleich zwischen der Photographie vom 19. 7. und dem reifen Kopfe anbetrifft, so liess sich dieser dank den stehen gelassenen Hüllblättern und einem auffallenden Knick einiger Parastichen, der auch am reifen Kopf scharf hervortrat, wenigstens einigermaassen durchführen. Drei Messungen an verschiedenen Stellen der Photographie ergaben:

68, 80, 72°.

Am Kopf waren die Winkel an ungefähr denselben Stellen:

65, 78, 70°.

Der Dachstuhlwinkel hatte also zur Zeit der ersten Photographie und bei der Reife offenbar annähernd denselben Werth, er hatte höchstens um wenige Grade abgenommen.

2. Ganz genau liess sich der Vergleich zwischen der zweiten Photographie vom 14. 8. und dem reifen Kopf durchführen, wenn auch zunächst mit einigen Schwierigkeiten, da einige Samen inzwischen von Vögeln ausgefressen oder angepickt und so zusammengedrückt waren, dass sie erst bei sorgfältiger Untersuchung zwischen den intacten Früchten in ihren Resten wiedergefunden wurden. Die Identificirung gelang absolut sicher zunächst vermittels der Nadeln, dann durch den Vergleich der Stellung der Zungenblüthen und des Aufhörens der Reihen am Rande, schliesslich auch durch Wiedererkennen eines Knickes in den Reihen. Daher sind die folgenden Zahlen recht zuverlässig:

a) An der Photographie ergab die Messung:

65, 70, 70, 75, 76, 72, 68, 73.

Der Durchschnitt der acht Messungen beträgt: 71,1°.

b) Am Kopfe an denselben Stellen in gleicher Reihenfolge:

79, 84, 86, 88, 90, 87, 76, 87.

Der Durchschnitt beträgt 84,6°, der Unterschied zwischen beiden Messungen also 13,5°.

Ergebniss: Der Winkel zwischen den 89er und 144er Zeilen hat in der Zeit vom 19. 7. bis zum 14. 8. bei einer Vergrösserung des Scheibendurchmessers um etwa 17 cm zunächst abgenommen, dann aber hat er bei einem weiteren Wachstum des Durch-

messers um ungefähr nur 3cm wieder um $13,5^{\circ}$ zugenommen, so dass er den zuerst gemessenen Werth wieder fast genau erreichte.

Exemplar 9.

Beschreibung: Am 21. 7. betrug der Durchmesser der ziemlich ebenen Scheibe fast 8cm. Der Kopf war im Aufblühen begriffen; da aber die Zungenblüthen stark über der Scheibe zusammenneigten, wurden sie auf etwa $\frac{1}{3}$ des Umfanges zur besseren Sichtbarmachung der Scheibe abgeschnitten. 1—2 Reihen von Scheibenblüthen hatten sich bereits geöffnet.

Am 31. 7. wurden von dem nunmehr 18—20,5cm breiten convex gekrümmten Kopf an der oben bezeichneten Stelle die Blüthen abgestreift und eine zu dieser Gegend parallele Aufnahme hergestellt.

Am 29. 8. wurde der reife Kopf abgeschnitten, er maass etwa $19\frac{1}{2}$ —22 cm.

Messungen: Es wurden 55 und 89 Zeilen constatirt.

1. Photographie vom 21. 7.

Die Stelle, an der die Zungenblüthen abgeschnitten waren, liess sich nicht scharf, sondern nur ungefähr umgrenzen. Daher wurden sämtliche sichtbaren 89er Zeilen an etwa ihrem vierten Glied von der Peripherie aus gerechnet gemessen. Eine genaue Abzählung ist infolge der Unklarheit der aufgegangenen Blüthen nicht möglich. Die Photographie ist etwas undeutlich und die Messung daher erschwert.

Sie ergab: 81, 81, 88, 87, 91, 90, 99, 96, 101, 104, 99, 91, 92, 94, 100, 98, 103, 105, 105, 106, 103, 99, 97, 95, 95, 90, 92, 86, 93, 92, 96, 99, 97.

Durchschnitt der 33 Messungen: $95,3^{\circ}$.

2. Photographie vom 31. 7.

Infolge der stark convexen Krümmung des Kopfes sind die Winkel auf der Photographie richtig nur in der Mitte der Lücke. Es konnten daher nur 14 Messungen vorgenommen werden:

93, 84, 81, 81, 80, 80, 82, 82, 77, 83, 84, 86, 85, 82.

Der Durchschnitt beträgt $82,9^{\circ}$.

3. Reifer Kopf am 29. 8.

Die Messungen sind an derselben Gegend vorgenommen, wie auf Photographie 1; eine genauere Identificirung war nicht möglich. Die erhaltenen Zahlen sind:

106, 105, 110, 117, 115, 114, 111, 109, 107, 105, 104, 105, 103, 94, 94, 92, 91, 90, 91, 90, 89, 90, 92, 92, 94, 94, 91, 94, 96, 98, 99, 97, 101.

Der Durchschnitt der 33 Messungen ist: $99,4^{\circ}$.

Inbetreff des Vergleiches dieser drei Beobachtungsreihen mag Folgendes noch bemerkt werden. Die Reihen 1 und 3 stimmen, was Auf- und Absteigen der Werthe anbetrifft, sehr schlecht überein, was jedenfalls in der Unschärfe der ersten Photographie seinen Grund hat. Daher sind auch die Durchschnittswerthe nicht zuverlässig. Die Zahlen der zweiten Reihe entsprechen mit hoher Wahrscheinlichkeit den Messungen 13—26 der dritten Beobachtungsreihe, was sich aus der Vergleichung der Photographie mit dem Kopf ergibt. Hier steigen und fallen die Zahlen auch ziemlich übereinstimmend. Der Durchschnitt dieser 14 Messungen am reifen Kopf beträgt $92,6^{\circ}$, die Zunahme des Dachstuhlwinkels in der Zeit zwischen der zweiten und dritten Messung beträgt demnach $9,7^{\circ}$.

Ergebniss: Zuerst scheint der Dachstuhlwinkel in der Zeit vom 21. 7. bis zum 31. 7. bei einem Wachsthum des Scheibendurchmessers um etwa 11 cm um mehrere Grade abgenommen zu haben, dann hat er bis zur Reife, während der Kopf noch um $1\frac{1}{2}$ cm wuchs, um etwa $9\frac{1}{2}^{\circ}$ zugenommen.

Exemplar 10.

Beschreibung: Bei der ersten Aufnahme am 21. 7. betrug der Durchmesser der Scheibe 9 cm. Der Kopf war eben aufgeblüht, es hatten sich auch bereits am Umfang ein bis zwei Reihen Scheibenblüthen erschlossen. Es wurden nur an einer Stelle wenige Zungenblüthen abgeschnitten. Dort wurden später zwei Nadeln eingesteckt.

Am 28. 7. war der Durchmesser der stark convex gewölbten Scheibe auf 18 cm angewachsen. Es wurde von der Gegend, die am 21. 7. durch Abschneiden der Zungenblüthen bezeichnet war, eine Aufnahme gefertigt.

Der reife, ca. 23,5 cm breite Kopf wurde abgeschnitten am 3. 9.

Messungen: Es liegt die Hauptreihe mit den 89er und 144er Zeilen vor.

Zu den folgenden Messungen werde vorausgeschickt, dass infolge nicht unbedeutender Unschärfe der Photographie und nicht sicheren Wiedererkennens der gezeichneten Stelle die Vergleichung der ersten Aufnahme mit dem reifen Kopfe nur unvollkommen gelang. Daher lässt sich auch im Steigen der Zahlen kein Parallelismus in beiden Reihen herausfinden, und die Durchschnittswerthe verdienen nicht völlig unbedingtes Vertrauen.

1. Photographie vom 21. 7.

Gemessen sind 32 auf einander folgende 89er Zeilen und fünf solche aus verschiedenen von einander entfernten Gegenden des Kopfes, immer etwa das vierte Glied von der Peripherie aus, wie auch bei den unter 2. und 3. aufgeführten Messungen.

64, 68, 68, 54, 68, 75, 79, 73, 63, 67, 61, 58, 58, 66, 58, 63, 61, 77, 78, 74, 70, 69, 67, 58, 57, 57, 60, 63, 67, 63, 65, 66; 61, 70, 63, 65, 62.

Durchschnitt: $65,3^{\circ}$.

2. Photographie vom 28. 7.

Nur wenige Messungen sind infolge der Convexität des Kopfes möglich:

58, 58, 55, 50, 48, 44, 42, 40, 40.

Durchschnitt der neun Messungen: $48,3^{\circ}$.

3. Reifer Kopf vom 3. 9.

Gemessen wurden 40 auf einander folgende 89er Zeilen, anfangend etwa bei derselben Stelle, wie die Messungen unter 1. Die erhaltenen Werthe sind:

77, 76, 70, 71, 67, 59, 61, 59, 58, 57, 57, 58, 63, 62, 60, 60, 62, 62, 63, 65, 65, 65, 67, 67, 66, 61, 61, 70, 71, 72, 74, 70, 69, 72, 76, 77, 75, 69, 64, 63.

Durchschnitt: $66,0^{\circ}$.

Die ersten neun Messungen entsprechen in der gleichen Reihenfolge denjenigen von der zweiten Photographie, was mit Hilfe der eingesteckten Nadeln sich ziemlich genau bestimmen lässt. Die Zahlen lassen eine sehr gute Uebereinstimmung in Bezug auf ihren Verlauf erkennen.

Der Durchschnitt dieser neun Messungen am Kopf beträgt: $66,4^{\circ}$.

Ergebniss: Der Dachstuhlwinkel hat bei einem Wachsthum des Scheibendurchmessers von 9 auf 18 cm vom 21. 7. bis zum 28. 7. eine Abnahme von etwa $17-18^{\circ}$ erfahren. Es erfolgte dann aber bis zum Eintritt der Reife während einer weiteren Zunahme des Durchmessers um $5\frac{1}{2}$ cm eine ganz gleich grosse Zunahme des Winkels, so dass das beobachtete Anfangs- und Endstadium denselben Werth zeigte.

Exemplar 11.

Beschreibung: Am 23. 7. wurde der 8 cm im Durchmesser fassende Kopf zum ersten Mal photographirt. Derselbe war sehr schön regelmässig ausgebildet und eben, und gerade im Aufblühen begriffen. Eine Reihe von Scheibenblüthen an der Peripherie war

schon geöffnet. Die Zungenblüthen wurden auf einem Viertel des Umfanges abgeschnitten, an dieser Stelle später zwei Nadeln eingesteckt.

Am 31. 7. erfolgte die zweite Aufnahme. Der Durchmesser betrug 20 cm. Der Kopf hatte sich convex gekrümmt, daher erfolgte die Aufnahme schräg von der Seite.

Am 23. 8. wurde der reife Kopf, dessen Durchmesser $24\frac{1}{2}$ bis 25 cm betrug, abgeschnitten.

Messungen: Es liegt die Nebenreihe 1, 3, 4, 7 . . . vor mit den Zahlen 76 und 123.

1. Da die erste Aufnahme infolge von Unterexponirung und starker Beschattung gerade die äusserste Randgegend der Scheibe höchst undeutlich zeigte, war die Abzählung der Glieder auf den einzelnen Reihen vom Rande aus grösstentheils ein Ding der Unmöglichkeit. Es wurde soweit aussen, wie möglich, gemessen, allem Anschein nach immer etwa am 3.—7. Glied der 123er Zeilen, und zwar wurden 123 Messungen an sämmtlichen so benannten Parastichen ausgeführt. Das gleiche Verfahren wurde am Kopf eingeschlagen, hier immer der Winkel am 4.—5. Glied der 123er Zeilen gemessen. Da sich jedoch in den erhaltenen Zahlenreihen kein deutlicher Parallelismus herausfinden lässt, so seien nur die Mittelwerthe der je 123 Messungen angeführt:

- a) An der Photographie vom 23. 7. erhielt ich im Durchschnitt $86,5^{\circ}$.
- b) Am reifen Kopf: 97° .

2. Auf der Photographie vom 31. 7. lassen sich im Gegensatz zu der eben besprochenen die einzelnen Stellen sehr schön mit dem reifen Kopfe vergleichen. Vermöge der Stellung der Nadeln und der Vertheilung der Strahlblüthen lässt sich Organ für Organ wiederfinden. Infolge der Krümmung der Scheibe konnten nur wenige Messungen an der Photographie vorgenommen werden. Dieselben ergaben:

91, 86, 85, 76, 66, 61, 58.

Am Kopf ergibt die Messung an denselben Stellen in der gleichen Reihenfolge:

110, 109, 106, 100, 94, 86, 85.

Der Abfall der Werthe erfolgt, wie auf den ersten Blick auffällt, in beiden Messungen gleich steil und in gleichem Sinne. Der Unterschied zwischen je zwei einander entsprechenden Messungen schwankt zwischen 19° und 28° und beträgt im Mittel: $23,9^{\circ}$.

Ergebniss: Der Winkel zwischen den 76er und 123er Zeilen hat zuerst während eines Wachsthums des Kopf-

durchmessers von 8cm auf 20cm in der Zeit vom 23. 7. bis zum 31. 7. eine Abnahme erfahren von ungefähr $12-13^{\circ}$, dann aber bis zur Reife bei einer weiteren Vergrößerung des Durchmessers um etwa 5cm eine Zunahme von ungefähr $23-24^{\circ}$. Zwischen Anfangs- und Endbeobachtung bleibt die Zunahme mit etwa 10° im Ueberschuss.

Exemplar 12.

Beschreibung: Am 24. 7. erfolgte die erste Aufnahme. Der Durchmesser der Scheibe betrug ca. 8,5cm. Der Kopf war im Aufblühen begriffen, etwa eine Reihe von Scheibenblüthen hatte sich schon geöffnet. Nur einige wenige Zungenblüthen wurden abgeschnitten; diese Stelle konnte aber an der Photographie nicht aufgefunden werden.

Am 1. 8. betrug der Durchmesser 18,5cm. An der Stelle, wo die Zungenblüthen fehlten, wurden zwei Nadeln eingesteckt, und von dieser Stelle des convex gekrümmten Kopfes eine Aufnahme gemacht.

Am 29. 8. wurde der reife Kopf, dessen Durchmesser bis auf 23cm angewachsen war, abgeschnitten.

Messungen: Es liegt die Hauptreihe mit 55er und 89er Zeilen vor.

1. Auf der Photographie vom 24. 7. konnten die Winkel auf der einen Seite der Scheibe sehr schön gemessen werden. Die Messung wurde an 46 auf einander folgenden 89er Zeilen, immer etwa am dritten Glied derselben, ausgeführt, die andere Seite der Scheibe war beschattet, einer Messung daher unzugänglich. Da selbst die betreffende Seite sich am reifen Kopfe auch nicht annähernd wieder finden liess, so wurden an diesem sämmtliche 89 Zeilen am dritten Organ gemessen. Da eine Anführung der erhaltenen Zahlen infolge des erwähnten Mangels einer Identificirung ohne Werth ist, gebe ich nur die Durchschnittszahlen an:

a) An der Photographie: $114,0^{\circ}$.

b) Am reifen Kopf: $108,1^{\circ}$.

2. Die Photographie vom 31. 7. liess wiederum mit Hilfe der Nadeln eine ziemlich genaue Vergleichung mit dem reifen Kopfe zu. Folgende je 12 Messungen sind mit grösster Wahrscheinlichkeit an denselben Stellen in gleicher Reihenfolge aufgenommen, es ist ein Irrthum höchstens um 1—2 Parastichen möglich.

a) Die Photographie ergab folgende Werthe: 89, 83, 83, 90, 89, 93, 95, 100, 100, 95, 92, 93.

Durchschnitt: **91,8°**.

b) Der reife Kopf ergab:

97, 94, 92, 95, 97, 100, 103, 106, 108, 105, 101, 106.

Durchschnitt: **100,3°**.

Der Parallelismus in den beiden Reihen ist sehr augenfällig.

Ergebniss: Der Winkel zwischen den 55er und 89er Zeilen hat sich zuerst vom 24. 7. bis zum 31. 7. verringert um circa $14\frac{1}{2}^{\circ}$, während der Kopf in derselben Zeit eine Zunahme von 8,5 cm auf 18,5 cm erfuhr. Bei der weiteren Zunahme des Kopfdurchmessers um $4\frac{1}{2}$ cm nahm der Dachstuhlwinkel wieder um $8\frac{1}{2}^{\circ}$ zu, blieb also hinter seiner ursprünglichen, zuerst gemessenen Grösse um 6° zurück.

Exemplar 13.

Beschreibung: Der Kopf war am Tage der ersten Aufnahme, dem 25. 7., in genau demselben Entwicklungsstadium, wie sein Vorgänger, Exemplar 12. Sein Durchmesser betrug 8,5 cm. Die Photographie misslang jedoch, daher wurde am folgenden Tage, den 26. 7., eine neue Aufnahme angestellt. Inzwischen hatte sich der Durchmesser auf 9,5 cm vergrössert. Leider waren inzwischen mehrere Reihen von Scheibenblüthen an der Peripherie aufgeblüht, so dass hier die Parastichen nicht mehr zu verfolgen waren. Eine Stelle wurde durch Abschneiden einiger Strahlblüthen bezeichnet.

Am 14. 9. wurde der reife Kopf, dessen Durchmesser 26 bis 29 cm betrug, abgeschnitten. Er wurde photographirt.

Messungen: Es liegen die 89er und 144er Zeilen vor. Die Identificirung gelang völlig dadurch, dass zwei Zeilen, die etwa auf der Mitte des Radius aufhörten, sich am Kopf und auf der Photographie genau wiedererkennen liessen. Die folgenden Messungen stammen daher sicher von denselben Stellen; sie wurden ausgeführt an 16 hinter einander folgenden 89er Zeilen, immer am 10. bis 12. Organ vom Rande aus gerechnet.

1. An der Photographie vom 25. 7. ergab die Messung:

60, $72\frac{1}{2}$, 75, 80, 65, 59, 56, 57, 58, 58, $57\frac{1}{2}$, 58, 58, 62, 61, $61\frac{1}{2}$.

Im Durchschnitt: **62,4°**.

2. An der Photographie des Kopfes ergab sich:

$55\frac{1}{2}$, 64, $66\frac{1}{2}$, 74, $58\frac{1}{2}$, 53, $55\frac{1}{2}$, 53, 55, 57, $61\frac{1}{2}$, $56\frac{1}{2}$, 53, 55, 50, 54.

Im Durchschnitt: **57,6°**.

Ergebniss: Diese Messungen, die mit der grössten Sorgfalt ausgeführt wurden, scheinen zu ergeben, dass am selben Kopf verschiedene Stellen sich noch ziemlich verschieden verhalten können, denn während in den ersten sechs Messungen der Unterschied zwischen beiden Zahlenreihen um 6° herum wenig schwankt, wird er bei den folgenden geringer und schlägt bei Messung 11 im entgegengesetzten Sinne aus, um darauf wieder in umgekehrter Richtung zuzunehmen.

Im Durchschnitt ist eine Abnahme um fast 6° erfolgt.

Exemplar 14.

Beschreibung: Am 28. 7. wurde die erste Aufnahme gemacht. Der Kopf hatte einen Durchmesser von 7 cm. 1—2 Reihen von Scheibenblüthen waren bereits geöffnet. Die Zungenblüthen wurden auf einer kleinen Stelle des Umfanges abgeschnitten. Die Blüthen waren, soweit sie sich noch im Knospenzustand befanden, von den Spreublättchen bedeckt.

Das Exemplar blieb ziemlich klein im ganzen Wuchs und erreichte nur einen Durchmesser von nahezu 18 cm. Es wurde abgeschnitten am 5. 9.

Messungen: Es liegen 55er und 89er Zeilen vor.

An 53 auf einander folgenden 89er Zeilen wurden die Winkel soweit aussen, wie möglich, bestimmt; da jedoch nicht genau festgestellt werden konnte, an welchem Gliede der Zeilen von aussen gezählt die Messung vorgenommen wurde, da ferner die Ausführung der Winkelmessung an einigen Stellen etwas unsicher war und die Reihe mit den Messungen vom Kopf wenig übereinstimmend verläuft, so seien nur die Durchschnittszahlen angeführt.

1. An der Photographie vom 28. 7. ergaben 53 Messungen im Durchschnitt: $85,8^{\circ}$.

2. Am reifen Kopf ergaben 60 Messungen im Durchschnitt: $90,1^{\circ}$.

Ergebniss: In der Zeit vom 28. 7. bis zum 5. 9. hat der Dachstuhlwinkel eine Vergrösserung um etwas mehr als 4° erfahren während eines Wachsthum des Scheibendurchmessers von 7 auf 18 cm.

Exemplar 15.

Beschreibung: Am 30. 7., dem Tage der ersten Aufnahme, besass die Blüthenscheibe einen Durchmesser von 5 cm. Sämmtliche Hüllblätter und die Zungenblüthen auf $\frac{2}{3}$ des Umfanges wurden weggeschnitten und an einer Stelle eine Nadel an der Peripherie des

Kopfes befestigt. Es waren nur die Deckblätter sichtbar, jedoch schimmerten die Blüthen durch. Der Kopf war bei der Ausführung der Operation noch einige Zeit vom Aufblühen entfernt. Die Scheibe war etwas nach innen concav.

Die Pflanze war sehr hoch und kräftig, daher entwickelte sie einen grossen und regelmässigen Kopf. Am 13. 8. besass derselbe einen Durchmesser von 16 cm. Er war ziemlich eben, nur wenig nach aussen gewölbt. Es wurde an diesem Tage eine zweite Aufnahme vorgenommen.

Die dritte Aufnahme erfolgte am 10. 9., einen Tag, nachdem der 29—30 cm breite Kopf abgeschnitten war. Der Kopf war völlig eben, so dass die Aufnahme überall richtige Winkel zeigt.

Diese drei Aufnahmen sind auf den Taf. XIII und XIV in Figg. 4—6 wiedergegeben. Von der zweiten Aufnahme wurde nur ein kleiner Ausschnitt reproducirt, wie ersichtlich, die Stelle, an der die Nadel eingesteckt ist (siehe Figurenerklärung).

Messungen: Es liegt die Hauptreihe vor, rechtsschief verlaufen die 89er und linksschief die steileren 144er Zeilen.

1. Die Photographie vom 30. 7. (Fig. 4) ist leider ziemlich unscharf, so dass die Messung der Dachstuhlwinkel an einigen Stellen rechts von der Nadel auf Schwierigkeiten stösst, da die Richtung der Zeilen nicht scharf genug hervortritt. Dennoch ist an einer ganzen Anzahl Parastichen, namentlich sämmtlichen links¹⁾ von der Nadel, die Messung hinreichend zuverlässig. Es wurde überall, so gut es ging, das dritte Organ der 89er Zeilen als Mittelpunkt des Winkels gewählt. Folgende Messungen wurden ausgeführt:

a) Von der Nadel aus nach links, also in der Richtung des Pfeiles:

68, 65, 64, 60, 59, 60, 59, 61, 63, 61, 59, 60, 60, 55 [49, 50, 59, 58], 55, 56.

b) Von der Nadel aus nach rechts:

[76, 80, 80, 83, 79, 78, 77, 74, 72, 72, 66, 59, 60, 59, —, —, —, —, —, 55, 60, 73, —, 65, 68, 77, 73, 63, 69, 60, 67, 64], 67, 64, 64 [62, 60, 64, 66, 65, 69, 67, 67, 66, 68, 70, 70], 65, 63, 64, 66.

Die eingeklammerten Messungen sind mehr oder weniger unsicher. Der Durchschnitt der 65 Werthe beträgt: 65,2°.

2. Photographie vom 13. 8 (Fig. 5).

Immer am dritten Glied der 144er Zeilen wurden folgende Winkel gemessen:

1) „links“ und „rechts“ immer vom Centrum des Kopfes aus gesehen.

a) Von der Nadel aus nach links:

60, 60, 56, —, 50. Eine weitere Messung ist nicht möglich.

b) Von der Nadel aus nach rechts:

57, 53, 54, 57, 60, 59, 58, 57, 59, 59.

Die dann folgenden Winkel erscheinen infolge der Krümmung des Kopfes nicht einwandfrei, so dass auf eine weitere Messung verzichtet wurde.

Durchschnitt der 14 Messungen: $57,1^{\circ}$.

3. An der Photographie des reifen Kopfes (Fig. 6) wurden wiederum immer am dritten Organ der 144er Zeilen folgende Werthe erhalten:

a) Links von der Nadel aus:

82, 83, 77, 74, 72, 74, 69, 72, 76, 72, 79, 75, 75, 71, 73, 68, 63, 63, 69, 69.

b) Rechts von der Nadel aus:

83, 85, 81, 82, 76, 78, 74, 76, 87, 83, 77, 74, 70, 67, 67, 64, 61, 61, 65, 64, 66, 83, 80, 78, 80, 82, 81, 82, 79, 78, 78, 73, 71, 65, 65, 64, 61, 67, 66, 69, 65, 62, 69, 66, 69, 71, 70, 70, 69, 68, 71, 71.

Der Bereich dieser 72 Messungen liegt, wie leicht ersichtlich, innerhalb derselben Grenzen wie unter 1.

Der Durchschnitt beträgt: $72,5^{\circ}$.

Der Durchschnitt der 14 Messungen, die denen unter 2. entsprechen, beträgt: $79,9^{\circ}$.

In Betreff des Vergleiches der Messungen von der ersten und dritten Photographie muss Folgendes berücksichtigt werden: Die ersten 20 Messungen unter a) halten einen beträchtlich grösseren Abstand von einander, als die Durchschnittszahlen 65,2 und 72,5, etwa im Mittel 13 bis 14° . Im Gegensatz dazu zeigen die Messungen unter b) zum Theil, so z. B. von 3 bis 8 und von 34 bis zum Schluss, viel geringere Unterschiede, die zum Theil sogar in das Negative, d. h. in's Gegentheil, umschlagen. Der Grund für dieses verschiedene Verhalten dürfte einerseits vielleicht darin gesucht werden können, dass sich verschiedene Stellen desselben Kopfes etwas abweichend von einander verhalten können — ein Analogon hierfür haben wir bereits in Exemplar 13 gefunden —, anderseits aber kann die Concavität der Scheibe im Anfangsstadium, die bereits oben in der Beschreibung erwähnt wurde, zu einer kleinen Verzerrung der Winkel gerade in der Randpartie Veranlassung gegeben haben. Mir scheint in der That bei Betrachtung der Fig. 4 wahrschein-

lich, dass rechts von der Nadel der Rand mehr hohl nach oben gebogen ist, als auf der anderen Seite der Nadel. Und dass eine derartige Concavität auf der Photographie die Winkel grösser erscheinen lässt, als sie in der Wirklichkeit sind, bedarf wohl keines Beweises. Diese Betrachtung findet eine wesentliche Stütze in dem Vergleich der ersten Zahlenreihe mit der unter 2. gegebenen. Während die Winkelwerthe unter 1. rechts von der Nadel sofort erheblich steigen, bleiben sie unter 2. auf gleichem Niveau. Es scheint mir dies zu beweisen, dass die dort erhaltenen höheren Zahlen als Folge einer Verzerrung anzusehen sind, d. h. dass die Unterschiede in den Winkeln im Anfangs- und Endstadium viel beträchtlichere sind, als es nach den Durchschnittswerthen den Anschein hat.

Ein noch genauerer Vergleich der Figuren erfolgt später unter einem anderen Gesichtspunkt.

Ergebniss: Der Dachstuhlwinkel hat in der Zeit vom 30. 7. bis zum 13. 8., während der Scheibendurchmesser von 5 cm bis auf 16 cm heranwuchs, eine Abnahme von mehreren Graden erfahren, dann aber bis zur Reife bei einem weiteren Wachsthum des Durchmessers um 13 bis 14 cm eine Zunahme von ungefähr $22\frac{1}{2}^{\circ}$. Es bleibt mithin zwischen Anfangs- und Endstadium die Zunahme mit mehr als 10° im Ueberschuss.

Exemplar 16.

Beschreibung: Am 30. 7., dem Tage der ersten Aufnahme, war der Durchmesser der Scheibe gleich fast 7 cm. Der Kopf war noch nicht im Aufblühen begriffen. Es wurden auf ungefähr einem Drittel des Umfanges Hüllblätter und Zungenblüthen abgeschnitten und in der Mitte der so entstandenen Lücke eine Nadel eingestekt. Nur die Deckblätter waren sichtbar, die Blüthen schimmerten nicht durch.

Am 13. 8. betrug der Durchmesser 19 cm. Der Kopf hatte sich, wenn auch nicht sehr stark, convex gekrümmt. An der Stelle, an der die Nadel eingesteckt war, wurden die Blüthen abgestreift und von ihr eine Aufnahme gemacht.

Am 1. 10. wurde der Kopf abgeschnitten. Er hatte einen Durchmesser von 23— $23\frac{1}{2}$ cm. Er war ziemlich uneben entwickelt. Daher sind auf der von ihm angefertigten Photographie nur eine beschränkte Anzahl von Zeilen in der Nähe der Nadel richtig wiedergegeben. Diese und der entsprechende Ausschnitt aus der Photographie vom

13. 8. sind auf der Taf. XV in den Figg. 8 und 9 reproducirt. Auch die erste Aufnahme ist in Fig. 7 Taf. XV in einem Ausschnitt wiedergegeben.

Messungen: Es liegt die Hauptkette vor, und zwar zeigt die erste Photographie vom 30. 7. (Fig. 7) 144er linksschief und 233er rechtsschief als deutlichste Zeilen. Die 233er bilden aber jedenfalls nur einen sinnfälligen „Ueberschichtungscontact“ (s. Schumann) der Spreublätter, die Blüten stehen sicherlich auf den 89er und 144er Zeilen in Berührung. Dennoch wurde auf der Photographie und zum Vergleich auch am reifen Kopf der Winkel zwischen den 144ern und 233ern gemessen, obgleich die letzteren am reifen Kopf gar nicht hervortraten.

1. Vergleich der Photographie vom 30. 7. mit dem reifen Kopf.
Die Messung an der Photographie ergab:

a) Von der Nadel aus nach links:

63, 51, —, —, —, —, 51, 49, 47.

b) Von der Nadel aus nach rechts:

65, 51, 51, 58, —, —, 48, 53, 51, 53, 51, 58, 66, 57, 59.

Durchschnitt der 18 Messungen: $54,6^{\circ}$.

Die Messung am Kopf ergab:

a) Von der Nadel aus nach links:

60, 52, 48, 42, 42, 39, 44, 47, 53.

b) Von der Nadel aus nach rechts:

49, 51, 50, 57, 47, 47, 42, 44, 49, 46, 44, 42, 39, 47, 38.

Durchschnitt der 24 Messungen: $46,6^{\circ}$.

Der Verlauf der Messungen stimmt im Allgemeinen leidlich überein. Soweit dies nicht der Fall ist, sind die Gründe dafür jedenfalls dieselben wie bei Exemplar 15. Auch bei unserem Kopf war bei der ersten Aufnahme die Scheibe ein wenig concav nach innen eingebogen.

2. Vergleich der Photographie vom 13. 8. (Fig. 8) mit derjenigen des reifen Kopfes (Fig. 9). Gemessen wurde diesmal der Winkel zwischen 89er und 144er Zeilen. Es wurde beide Mal angefangen bei derselben, auf beiden Figuren durch einen Pfeil bezeichneten 144er Zeile, und von dort aus wurden alle folgenden 144er Linien nach rechts zu immer am zweiten Organ gemessen. So wurden folgende Zahlen erhalten:

a) An der Photographie vom 13. 8.:

57, 57, 55, 57, 63, 73, 96, 84, 77.

Im Durchschnitt: $68,8^{\circ}$.

b) An der Photographie des reifen Kopfes:

80, 77, 73, 83, 85, 91, 112, 108, 104.

Im Durchschnitt: $90,3^{\circ}$.

Die auffallende Zunahme der Zahlen in beiden Reihen von der 5.—7. Messung erklärt sich durch den beträchtlichen Knick in den 89er Zeilen an der Messungsstelle.

Ergebniss: Der Winkel zwischen 144er und 233er Zeilen hat zunächst vom 30. 7. bis zum 13. 8. bei einem Wachstum des Scheibendurchmessers von 7 auf 19 cm abgenommen um etwa 8° . Dann hat der Winkel, dies Mal gemessen an den 89er und 144er Zeilen, bis zur Reife wieder zugenommen um $21\frac{1}{2}^{\circ}$ bei einer fernerer Vergrößerung des Scheibendurchmessers um $4-4\frac{1}{2}$ cm.

Exemplar 17.

Beschreibung: Dieses Exemplar wurde zum ersten Mal am 12. 8. photographiert, als sein Kopf bereits verblüht war und schon den ansehnlichen Durchmesser von 25 cm erreicht hatte. Es wurde nur ein kleiner Theil des ganzen Kopfes auf die Platte gebracht. An einer Stelle, dort nämlich, wo zwei Samen zweier benachbarter Reihen zu einer sehr auffallenden Zwillingsbildung verwachsen waren, wurde eine Nadel eingesteckt.

Am 26. 9. wurde der reife Kopf, dessen Durchmesser sich noch bis auf 30 cm vergrößert hatte, abgeschnitten und von der schon ein Mal photographierten Stelle eine neue Aufnahme gemacht.

Die beiden Photographien sind dargestellt in den Figg. 10 und 11 auf Taf. XV.

Messungen: Rechtsschief verlaufen die 89er, linksschief die 144er.

Die Orientirung gelingt hier überaus bequem mit Hilfe der schon erwähnten Zwillingsfrucht.

Die folgenden Messungen sind ausgeführt immer am zweiten Organ der 144er Zeilen und fangen an bei der mit einem Pfeil bezeichneten 144er Zeile, von dort nach links fortschreitend.

1. Die Messung an der Photographie vom 12. 8. (Taf. XV Fig. 10) ergab:

54, 54, 56, 58, 57, 57, 57, 56, 54, 53, 53*, 53*, 50, 53, 57.

Im Durchschnitt: $54,8^{\circ}$.

2. Die Messung an der Photographie des reifen Kopfes (Taf. XV Fig. 11) ergab:

72, 70, 71, 70, 66, 68, 71, 68, 67, 66, 62*, 65*, 64, 65, 71.

Im Durchschnitt: $67,7^{\circ}$.

Die mit den Sternchen bezeichneten Parastichen enthalten das verwachsene Organ.

Ergebniss: Der Dachstuhlwinkel hat in der Zeit vom 12. 8. bis zur Reife bei einem Wachsthum des Scheibendurchmessers von 25 auf 30 cm um fast 13° zugenommen.

Exemplar 18.

Beschreibung: Dieser Kopf wurde, wie der vorige, erst in einem späten Entwicklungsstadium, am 14. 8., aufgenommen, als sein Durchmesser schon 23,5 cm betrug und er schon völlig verblüht war. Auch hier wurde eine Stelle durch Anheften eines Stückes Papier und nachheriges Einstecken zweier Nadeln genau fixirt. Der Kopf war, wie der von Exemplar 17, äusserst regelmässig entwickelt.

Am 25. 9. wurde er abgeschnitten. Er besass einen Durchmesser von 29 cm. Er wurde wiederum photographirt.

Ausschnitte aus beiden Aufnahmen sind in den Figg. 12 und 13 auf Taf. XIII und XIV reproducirt.

Messungen: Linksschief verlaufen die 89er, rechtsschief die 144er Zeilen.

Immer das zweite Glied (vom Rand aus gerechnet) der 144er Zeilen wurde als Scheitel des zu messenden Winkels genommen, und zwar angefangen bei der Parastiche, die durch einen Pfeil bezeichnet ist, von dort nach rechts. Die Identificirung gelang auch hier vollständig.

Die Messungen ergaben folgende Werthe:

1. An der Photographie vom 14. 8. (Fig. 12):

49, 49, 51, 54, 55, 55, 58, 57, 52, 52, 52, 55, 55, 59, 61, 66, 59, 58, 66, 68, 67, 67, 60, 64.

Der Durchschnitt der 24 Messungen beträgt $57,9^{\circ}$.

2. An der Photographie des abgeschnittenen Kopfes (Fig. 13):

67, 64, 68, 74, 76, 78, 75, 80, 73, 63, 61, 67, 72, 77, 80, 85, 87, 76, 77, 78, 76, 80, 73, 72.

Der Durchschnitt beträgt $74,1^{\circ}$.

Ergebniss: Der Dachstuhlwinkel hat in der Zeit vom 14. 8. bis zur völligen Reife am 25. 9. bei einer Vergrösserung des Scheibendurchmessers von $23\frac{1}{2}$ auf 29 cm zugenommen um etwa 16° .

Exemplar 19.

Beschreibung: Der Kopf war am 14. 8., dem Tage der ersten Aufnahme, eben im Aufblühen begriffen und besass einen

Durchmesser von ca. 5 cm. Rings am Umfang hatte sich fast überall bereits eine Reihe von Blüten geöffnet.

Am 13. 9. wurde der reife Kopf abgeschnitten. Er hatte einen Durchmesser von nur $10\frac{1}{2}$ —11 cm erreicht.

Messungen: Es lag die Hauptreihe vor und zwar, der Schwächlichkeit der ganzen Pflanze entsprechend, mit den 34er und 55er Zeilen.

Es wurden die Winkel an sämtlichen 55er Zeilen immer an deren zweit- bis drittausserstem Organ gemessen. Da die Kopfgegenden sich nicht mit Sicherheit identificiren liessen, führe ich nur die Durchschnittszahlen der je 55 Messungen an. Dieselben sind:

1. An der Photographie vom 14. 8.: $83,4^{\circ}$.

2. Am reifen Kopf: $82,1^{\circ}$.

Ergebniss: Der Dachstuhlwinkel hat zwischen Anfangs- und Endstadium der Beobachtung bei einer Zunahme des Durchmessers von 5 auf ca. 11 cm keine erhebliche Veränderung erfahren.

Exemplar 20.

Beschreibung: Am 14. 8. wurde die erste Aufnahme des ganz kurz vor dem Aufblühen stehenden 5 cm breiten Kopfes gemacht. Da die Zungenblüthen noch über der Scheibe zusammenneigten, wurden sie auf etwa dem halben Umfang beseitigt.

Am 26. 9. wurde der Kopf abgeschnitten. Er hatte sich etwas unregelmässig entwickelt. Sein Durchmesser betrug $10\frac{1}{2}$ — $12\frac{1}{2}$ cm. Er ist in Fig. 14 Taf. XV dargestellt.

Messungen: Es liegt die Hauptreihe mit den 55er und 89er Zeilen vor.

An der Photographie und am Kopf wurden an ungefähr derselben Gegend des Umfanges — eine genauere Identificirung gelang nicht — je 35 Messungen gemacht immer am zweiten Glied der 89er Zeilen.

1. An der Photographie wurden folgende Werthe gefunden:

64, 67, 74, 75, 90, 83, 87, 67, 61, 77, 76, 70, 72, 70, 71, 70, 70, 85, 72, 69, 70, 76, 86, 80, 78, 85, 81, 80, 83, 81, 78, 84, 75, 65, 64.

Durchschnitt der 35 Messungen: $75,3^{\circ}$.

2. Am reifen Kopf wurden folgende Werthe gefunden:

64, 62, 49, 56, 59, 60, 58, 49, 55, 47, 47, 51, 47, 50, 51, 51, 59, 55, 57, 56, 49, 59, 64, 66, 59, 48, 59, 58, 55, 58, 67, 62, 62, 61, 72:

Durchschnitt: $56,6^{\circ}$.

Ergebniss: Der Dachstuhlwinkel hat bei einem Wachsthum des Scheibendurchmessers von 5 auf etwa $11\frac{1}{2}$ cm vom 14. 8 bis zur Reife am 26. 9. abgenommen um fast 19° .

Exemplar 21.

Beschreibung: Der Kopf stand ganz kurz vor dem Aufblühen, als er am 23. 8. photographirt wurde. Sein Durchmesser betrug 6,2 cm. Es wurden sämmtliche Zungenblüthen und ein Theil der inneren Hüllblätter abgeschnitten und an zwei Stellen Nadeln eingesteckt. Der Kopf war etwas concav nach innen vertieft.

Am 2. 10. wurde der Kopf abgeschnitten. Sein Durchmesser betrug 25 cm. Er war sehr eben geworden.

Messungen: Es liegen 89er und 144er Zeilen vor. Bei der Messung wurden nur die Parastichen zwischen den beiden Nadeln berücksichtigt und als Scheitel immer das dritte Glied der 144er Zeilen benutzt.

Die Messung ergab:

1. An der Photographie vom 23. 8.:

62, 56, 54, 55, 53, 57, 68, 75, 71, 68, 68, 68, 70, 67, 70, 66, 58, 58, 60, 66, 68, 68, 66, 62.

Der Durchschnitt der 24 Messungen beträgt: **63,9°**.

2. Am reifen Kopf:

51, 51, 49, 54, 56, 57, 57, 60, 59, 61, 63, 60, 60, 53, 58, 51, 52, 50, 54, 55, 56, 56, 56, 54.

Durchschnitt: **55,5°**.

Ergebniss: Der Dachstuhlwinkel hat in der Zeit vom 23. 8. bis zur Reife, den 2. 10., abgenommen um etwa 8° bei einem Wachsthum des Scheibendurchmessers von etwa 6 auf 25 cm.

Zusammenfassung und Discussion der Ergebnisse.

Als erstes und hauptsächliches Ergebniss unserer mitgetheilten Untersuchungen kann der Satz bezeichnet werden, dass sich noch nach dem Aufblühen der Helianthusköpfe der Winkel zwischen den Parastichen, d. h. der Dachstuhlwinkel, verändert.

Was den Sinn dieser Veränderung anbetrifft, so ist derselbe nicht, wie zunächst zu erwarten war, und wie auch von Schwendener stets angenommen worden ist, immer auf eine Zunahme des Winkels gerichtet, es kommt im Gegentheil auch zeitweilig eine Abnahme vor.

Bei sämtlichen Exemplaren, bei denen nicht nur beim Aufblühen und bei der Reife, sondern auch in einem Mittelstadium Aufnahmen gemacht wurden, nämlich den Köpfen No. 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15 und 16, stellte es sich heraus, dass zuerst eine Abnahme des Winkels eingetreten war, dass aber am Ende der Entwicklung bis zur Reife stets der Dachstuhlwinkel wieder eine Vergrösserung erfahren hatte. Es ist sehr wahrscheinlich, dass dieser Gang der Winkeländerung bei den Sonnenblumen immer derselbe ist.

Verschieden verhalten sich dagegen die Exemplare in Betreff des Verhältnisses dieser anfänglichen Abnahme zu der nachfolgenden Zunahme. Bei den einen, so bei Exemplar No. 6, 12, 20 und 21, ergibt der Vergleich des Winkels beim Aufblühen des Kopfes oder kurz vor dem Aufblühen mit dem Winkel am reifen Kopf als schliessliches Resultat eine Abnahme, im Maximum unter den beobachteten Fällen von $22\frac{1}{2}^{\circ}$ (Exemplar 6). Bei anderen im selben Anfangs- und Endstadium gemessenen Köpfen, so bei No. 7, 11, 13, 15 und 16, ergibt sich als Unterschied zwischen beiden Grenzbeobachtungen eine definitive Zunahme, im Maximum von etwa $13-14^{\circ}$ (Exemplar 15). Und bei den übrigen Exemplaren besteht zwischen den Winkeln zur Zeit des Aufblühens und denen bei der Reife gar kein Unterschied; bei diesen ist die zuerst erfolgende Abnahme des Dachstuhlwinkels durch die nachfolgende Zunahme mehr oder minder genau wieder ausgeglichen.

Die höchsten Winkeländerungen in einem Sinne, die überhaupt beobachtet wurden, kamen vor bei Exemplar 6, 11 und 15 und betrugen beim ersten 31° Abnahme und bei den beiden anderen zwischen 22 und 24° Zunahme.

An die Constatirung dieser Winkeländerungen knüpft sich nun sofort die Frage, wie solche denn überhaupt auf einer ebenen kreisförmigen Fläche möglich und räumlich vorzustellen seien. Es ist klar, dass z. B. bei abnehmendem Dachstuhlwinkel in dem von der Peripherie des Kopfes und von den beiden Dachstuhlsparren gebildeten Dreieck die Basis, d. h. das Stück des Umfanges zwischen den Fusspunkten der Dachstuhlsparren immer von demselben Bogenstück der Peripherie eingenommen wird, und dass infolge dessen, wenn der Winkel an der Spitze abnimmt, diese Spitze sich dem Centrum des Kreises nähern muss. Nun ist aber in dem beobachteten Anfangsstadium unserer sämtlichen Köpfe die ganze Fläche bis in das Centrum hinein mit Blüten voll besetzt.

Wie ist es daher denkbar, dass die Organe noch nach dem Centrum zu vorgeschoben werden, wie dies bei einer Abnahme des Dachstuhlwinkels nothwendig der Fall sein muss? — Bei zunehmendem Winkel an der Spitze tritt natürlich der entgegengesetzte Fall ein, nämlich eine Entfernung der Glieder vom Centrum. Auch diese scheint auf den ersten Blick undenkbar.

Zunächst wollen wir sehen, ob eine solche Annäherung oder Entfernung der Organe vom Centrum sich bei unseren Köpfen wirklich constatiren lässt.

Als Beispiel für abnehmenden Dachstuhlwinkel wähle ich Exemplar 6. Zählt man auf der scharfen Photographie des Anfangsstadiums (Taf. XIII/XIV Fig. 2) vom 17. 7., als der Kopf 7 cm im Durchmesser hatte und der Dachstuhlwinkel zwischen 89er und 144er Zeilen in der Gegend der Peripherie $78,3^\circ$ betrug, auf einer beliebigen 89er Zeile vom Rande der Scheibe anfangend bis zum 20. Gliede, was namentlich auf der Vergrößerung der Photographie leicht und sicher möglich war, so gelangt man zu einem Punkte, welcher auf der Vergrößerung vom Mittelpunkt der Scheibe, der sich ziemlich gut bestimmen lässt, ungefähr 55 mm und von der Peripherie in der Richtung des Radius 46 mm entfernt ist, also letzterer etwas näher steht, als dem Mittelpunkt. Am reifen Kopf dagegen, wo der Dachstuhlwinkel um $21\frac{1}{2}^\circ$ kleiner ist, als auf der Photographie, steht das 20. Organ einer 89er Zeile aus derselben Gegend des Umfanges von dem Mittelpunkt in einer Entfernung von 4 cm, während sein Abstand von der Peripherie $7\frac{1}{2}$ cm beträgt; seine Entfernung von der letzteren ist also fast doppelt so gross geworden, wie die vom Centrum.

Für den entgegengesetzten Fall des zunehmenden Dachstuhlwinkels bietet sich ein gutes Beispiel in Exemplar 15, wo die Gesamtzunahme des Dachstuhlwinkels zwischen Anfangs- und Endstadium, Figg. 4 und 6 auf Taf. XIII/XIV, etwa $13-14^\circ$ beträgt. Zählt man auf Fig. 4 auf der fünften 144er Zeile links von der Nadel vom Rande aus bis zum 10. Glied, welches in der Figur mit einem kleinen Kreuz versehen ist, so liegt die obere Grenze desselben genau auf der Mitte des Radius oder auf einem Viertel des Durchmessers, was sehr leicht zu bestimmen ist. Bestimmt man das analoge Organ auf der Fig. 6 — auch hier ist es an seiner oberen Grenze mit einem Kreuz versehen —, so finden wir als seine Entfernung vom Mittelpunkt 31 mm (ungefähr), von der Peripherie dagegen nur 23 mm. Man kann sich auch leicht durch Ab-

tecken mit dem Zirkel davon überzeugen, dass die Entfernung des betreffenden Organs vom Rande im Durchmesser fast fünf Mal aufgeht. Es ist also in der That ein Abrücken des Organs vom Centrum stattgefunden.

Was nun die räumliche Möglichkeit zunächst der Verschiebung der Organe nach dem Centrum zu bei abnehmendem Dachstuhlwinkel anbetrifft, so erfordert diese, wie wir sahen, eine Zunahme des Radius bei gleichem Bogen. Eine solche Zunahme ist in der Ebene nicht möglich. Das einzige Mittel aber, bei einer kreisförmigen Scheibe die Entfernung der Punkte der Peripherie vom Centrum zu vergrössern, ist die Herausverlegung, die Erhebung des Centrums aus der Ebene der Peripherie, d. h. die Ausstülpung, die Hervorwölbung nach einer Seite hin. Dieses Mittel zur Vergrösserung des Radius ist nun in der That bei unseren Sonnenblumen realisirt. So erklärt sich die nach aussen convexe Gestalt, welche die Blüthenscheiben stets zur Zeit des Aufblühens annehmen, während sie im Knospenstadium, wenn die Hüllblätter noch über der Scheibe zusammenneigen, mehr oder weniger völlig eben oder höchstens ein wenig nach innen concav eingebogen sind. Der Kopf des Exemplars 6, dessen definitive Abnahme des Dachstuhlwinkels $21\frac{1}{2}^{\circ}$ betrug, war auch in der Reife sehr stark nach aussen convex gekrümmt.

Ein zweites Mittel, um das Vorrücken der Organe nach dem Centrum zu ermöglichen, bestände darin, dass die Organe in der Gegend des Centrums im Wachsthum zurückbleiben und so einen relativ kleineren Raum beanspruchen, als im Anfangsstadium. Und auch dieses Mittel wird zur Raumbeschaffung bei den Sonnenblumen verwandt. Beim Exemplar 6 findet sich in der Mitte ein Raum von mehreren Centimetern Durchmesser, dessen Samen völlig verkümmert geblieben sind. Einen noch beträchtlicheren Umfang erreicht diese centrale Gegend mit verkümmerten Samen, wie unsere Fig. 14 Taf. XV zeigt, bei dem Exemplar 20, bei dem die Abnahme des Dachstuhlwinkels 19° beträgt. Hier nimmt der Durchmesser dieser Gegend beinahe zwei Fünftel des Gesamtdurchmessers ein. Allerdings fällt dafür die Convexität fort, der Kopf ist fast eben. Ob die verkümmerten Organe überhaupt nicht befruchtet worden sind und deshalb sich nicht weiter entwickelten, oder ob sie durch den Druck der äusseren, nach innen sich verschiebenden Individuen an der Weiterentwicklung verhindert wurden, wage ich nicht zu entscheiden, doch bin ich geneigt, die letztere Auffassung als die wahrscheinlichere zu bezeichnen.

Die Bedingungen für eine Annäherung der Organe an die Peripherie bei Zunahme des Dachstuhlwinkels sind nach dem Gesagten leicht zu finden, sie bestehen einfach im Gegentheil des soeben Dargestellten. Daher finden wir fast immer, dass die Convexität des Kopfes am Ende der Entwicklung, wo der Dachstuhlwinkel wieder zunimmt, allmählich geringer wird, um manchmal ganz zu verschwinden. Das beste Beispiel hierfür bietet Exemplar 2, dessen Scheibe zuerst, wie aus der Beschreibung hervorgeht, eben war, dann sich während der Blüthezeit ziemlich stark convex nach aussen krümmte, um schliesslich am reifen Kopf wieder völlig eben zu werden. Als Muster einer ganz ebenen Scheibe werde auch das abgebildete Exemplar 15 (Taf. XIII/XIV Fig. 6) angeführt, wenngleich dieses sich vorher nicht so stark convex gekrümmt hatte. Bei ihm sehen wir aber dafür ausserdem auch den anderen Punkt, der oben zur Erklärung herangezogen wurde, und der dort in der Verkümmernng der Organe im Centrum bestand, in seinem direkten Gegentheil verwirklicht, da hier die Samen bis in die Mitte hinein gross und normal ausgebildet sind.

Mit der Aenderung im Dachstuhlwinkel parallel gehende Erscheinungen.

1. Die Aenderung der Divergenz.

Dass sich der Dachstuhlwinkel im Verlaufe der Entwicklung der Sonnenblumen verändert, dürfte jetzt kaum mehr zu bezweifeln sein. Die Gegner der mechanischen Theorie der Blattstellungen werden sich mit diesem Beweise aber nicht zufrieden geben. Sie werden behaupten, dass mit dem Nachweis der Winkeländerung zwischen den Dachstuhlsparrn noch gar nichts in Betreff einer Veränderung der Divergenz bewiesen sei, die beobachtete Winkeländerung könne durch einfaches Auseinanderziehen resp. Stauchen des gegebenen Systems zu Stande kommen, so wie man ein Fernrohr auseinanderziehe oder ineinanderschiebe, ohne dass auch nur die geringste seitliche Verschiebung damit verbunden zu sein brauche.

Solche Betrachtungen sind von C. de Candolle, Schumann und Jost angestellt worden, und die ersten beiden haben sogar Apparate construirt, die dies Auseinanderrücken der Organe in parallelen senkrechten Linien demonstrieren.

Demgegenüber kann zunächst Folgendes eingewandt werden:

Nimmt man mit C. de Candolle und Schumann an, dass ein System von Organen in der von ihnen gewollten Weise sich

verändere, indem die einzelnen Organe sich nur in senkrechten Linien verschieben, so muss entweder, falls die Organe ihre Gestalt bewahren, der Contact unter denselben sofort gelöst werden, oder, falls der Contact gewahrt werden soll, so müssen die Organe ihre Gestalt ändern, sie müssen bei einem Auseinanderrücken in der Längsrichtung sich ebenfalls vorwiegend in longitudinaler Richtung verlängern, bei einem Stauchen sich verkürzen.

Dass nun ein lückenloser Contact bei den von uns beobachteten Köpfen vom Anfang bis zum Ende der Beobachtung bestand, dürfte nicht erst zu beweisen sein, es ist dies für ältere Stadien von *Helianthus* nie bestritten worden, und ein Blick auf unsere Photographien dürfte jeden Zweifel in dieser Beziehung beseitigen. Es müsste also nothwendiger Weise bei einer beobachteten Verminderung des Dachstuhlwinkels, d. h. einer Verlängerung des gegebenen Systems, auch eine dementsprechende radiale Verlängerung der Organe und bei einer Vergrösserung des Dachstuhlwinkels, d. h. einer Stauchung des Systems, eine Verbreiterung der Organe zu Stande kommen. Eine Betrachtung unserer Photographien zeigt indes, dass die schliessliche Gestalt der Samen immer annähernd dieselbe ist. Mag eine Winkelabnahme stattgefunden haben, wie in Fig. 3 Taf. XIII/XIV, oder eine Zunahme, wie in Fig. 6 Taf. XIII/XIV und Fig. 9 Taf. XV, die Samen besitzen immer mehr oder minder die Form eines eiförmigen oder ovalen rhombischen Gebildes, dessen grössere Achse dem Centrum zugekehrt ist.

Ergibt sich aus diesen Ueberlegungen schon ohne Schwierigkeit, dass ein einfaches Auseinanderrücken oder Zusammenschieben der Organe in senkrechten, hier radialen Linien nicht möglich ist, sondern dass die von Schwendener berechneten seitlichen Verschiebungen hinzutreten müssen, so ist doch auch eine praktische Bestätigung der Divergenzänderungen wohl nicht unerwünscht und überflüssig.

Der Ausführung der Divergenzbestimmung steht in den meisten Fällen ein Hinderniss entgegen insofern, als die genaue Bestimmung des Mittelpunktes oft auf Schwierigkeiten stösst, namentlich bei den Photographien, die bei convexen Köpfen schräg von aussen gemacht werden mussten. Die genaue Bestimmung des Mittelpunktes ist aber zur Ermittlung des senkrecht über 0 stehenden Organs nothwendig. Es genügt ja aber auch, nur wenige Beispiele anzuführen; was für sie bewiesen wird, gilt natürlich in vollem Umfang auch für die übrigen Exemplare.

Divergenzbestimmungen.

1. Exemplar 6.

Auf der Photographie vom 17. 7. steht Organ 377 über 0. Die Divergenz ist mithin $\frac{144}{377} = 137^{\circ} 30' 24''$.

Auf der Photographie vom 28. 7. lässt sich der Mittelpunkt nicht bestimmen.

Am reifen Kopf ist die Bestimmung wegen der stark convexen Krümmung schwer und unsicher; an vielen Stellen scheint Organ 521 ungefähr über 0 zu stehen. Die Divergenz beträgt also $\frac{199}{521} = 137^{\circ} 30' 18''$.

An anderen Stellen steht Organ 144 über 0, die Divergenz ist dort: $\frac{55}{144} = 137^{\circ} 30' 0''$. Die mittlere Divergenz liegt wohl zwischen beiden Werthen, es hat also eine Entfernung vom Grenzwert 137°, 30', 28" stattgefunden, eine Abnahme der Divergenz um etwa 18", entsprechend der Abnahme des Dachstuhlwinkels.

2. Exemplar 15.

Auf der Photographie vom 13. 8. steht, wenn wir das äusserste Organ der ersten 144er Zeile rechts von der Nadel¹⁾ als 0 bezeichnen, Organ 665 über 0, wie die Richtung des auf unserer Fig. 5 Taf. XIII/XIV eingezeichneten Radius beweist. Die Divergenz ist also: $\frac{254}{665} = 137^{\circ} 30' 14''$.

Auf der Photographie des reifen Kopfes steht über demselben Organ 0, der Richtung des wiederum auf unserer Figur (6) eingetragenen Radius entsprechend, ziemlich genau Organ 377. Folglich ist die Divergenz $= \frac{144}{377} = 137^{\circ} 30' 24''$.

Es hat also, verbunden mit der Zunahme des Dachstuhlwinkels, eine Annäherung der Divergenz an den Grenzwert um 10" stattgefunden.

Die Verbindungslinie zwischen 0 und 665, die auf der Photographie vom 13. 8. radial gerichtet ist, wurde, um die Verschiebung deutlicher hervortreten zu lassen, ebenfalls auf der Fig. 6 vom reifen Kopf eingetragen. Dass sie in der Figur bedeutend nach links vom Centrum abweicht, fällt sofort in die Augen.

1) Vgl. Figurenerklärung. Durch ein Versehen wurde bei der Herstellung der Tafeln Fig. 5 leider um 180° gedreht, was sich dann nicht mehr rückgängig machen liess; dadurch ist der Vergleich mit Fig. 6 etwas erschwert.

3. Exemplar 18.

Auf der Photographie vom 14. 8. lässt sich der Mittelpunkt bei der grossen Regelmässigkeit des Kopfes durch Errichtung von Loten auf an mehreren Stellen angelegten Tangenten einigermaassen bestimmen. Auf unserer Fig. 12 Taf. XIII/XIV ist an einer Stelle ein Radius eingezeichnet. Dort steht Organ 521 über 0, die Divergenz beträgt also $\frac{199}{521} = 137^\circ, 30', 18''$.

Am reifen Kopf liess sich mit absoluter Sicherheit bestimmen, dass über demselben Organ am genauesten senkrecht darüber Organ 610 stand. Auf unserer Fig. 13 Taf. XIII/XIV ist die radiale Verbindungslinie 0—610 gezogen. Das Organ 610 ist auch auf der Fig. 12 mit einem Kreuz bezeichnet, um die seitliche Verschiebung der ganzen Organe zu zeigen. Die Divergenz betrug also am reifen Kopf: $\frac{233}{610} = 137^\circ, 30', 29''$.

Es hat also eine Vergrösserung der Divergenz um etwa $11''$ stattgefunden, entsprechend der Zunahme des Dachstuhlwinkels.

4. Exemplar 20.

An der Photographie vom 14. 8. ist die Divergenzbestimmung infolge der Unregelmässigkeit der Reihen nicht ganz leicht. Immerhin lässt sich mit genügender Sicherheit bestimmen, dass bei etwa der siebenten 89er Zeile rechts von der Grenze der Lücke in den Zungenblüthen Organ 322 über 0 steht. Die Divergenz beträgt hier also $137^\circ, 30', 58''$. Ungefähr an derselben Stelle steht am reifen Kopf die 89er Zeile genau radial, also 89 über 0, die Divergenz ist hier mithin $= \frac{34}{89} = 137^\circ, 31', 41''$.

An einer anderen Stelle der Photographie, etwa acht Zeilen weiter nach rechts, steht Organ 377 über 0, die Divergenz ist an dieser Stelle also: $\frac{144}{377} = 137^\circ, 30', 23,8''$.

Am Kopf steht an ungefähr der gleichen Stelle Organ 233 über 0. Die Divergenz ist also: $\frac{89}{233} = 137^\circ, 30', 40''$.

Es hat also entsprechend der Abnahme des Dachstuhlwinkels eine Entfernung der Divergenz vom Grenzwert stattgefunden, und zwar hat die Divergenz zugenommen um einen Betrag, der zwischen $17''$ und $42''$ liegt.

Die aufgeführten Beispiele, namentlich unzweifelhaft das von Exemplar 15, zeigen, dass ganz sicher eine, wenn auch nur geringe Divergenzänderung mit der Zu- oder Abnahme des Dachstuhlwinkels verknüpft ist. Dass dieselbe nur 10" oder nur wenig mehr beträgt, ändert nichts an ihrem realen Bestand, und ist selbstverständlich, da die Annäherung an den Grenzwert bei unseren Helianthusköpfen schon vor Eintritt dieser Verschiebungen eine sehr beträchtliche ist.

Aus diesem geringen Betrage der Divergenzänderungen erklärt sich auch theilweise der negative Befund Schumann's bei seinen in unserer Einleitung beschriebenen Versuchen mit den Tuschelinien. Die auf unserer Fig. 5 radiale Linie erscheint auf Fig. 6 nach links, nach dem Kreuz zu, verschoben. Ein derartiger, auf den Photographien ja sehr deutlicher Ausschlag konnte von Schumann, der nicht beide Stadien zugleich vor sich hatte, leicht übersehen werden.

Aus den angeführten Divergenzbestimmungen scheint mir ferner hervorzugehen, dass die Organe sich nicht einfach asymptotisch mit nur geringer Undulation dem Grenzwert nähern, sondern dass sie, wenn auch vielleicht infolge des Vorhandenseins von drei Sparren nur wenig, um diesen Grenzwert zickzackförmig schwanken, so wie bei zweisparrigem Dachstuhl. Ich schliesse dies daraus, dass bei Exemplar 6 bei der Entfernung der Divergenz vom Grenzwert diese abnimmt, während sie bei Exemplar 20 in einem ganz analog liegenden Falle wächst.

2. Aenderung des Verhältnisses von Organdurchmesser: Umfang.

Wenn, wie wir soeben nachgewiesen haben, eine Aenderung der Divergenz überhaupt eintritt, so kann dies nach Schwendener's Auffassung, wie wir bereits in der Einleitung ausführlicher darlegten, nur eine Folge davon sein, dass die Unterlage, die Achse rascher resp. langsamer in die Breite wächst, als die Organe, die von ihr getragen werden, dass mit anderen Worten sich das Verhältniss von Organdurchmesser zu Umfang ändert. Divergenzänderungen müssen immer mit Aenderungen in diesem Verhältniss parallel gehen. Wir können also die Bestimmung dieses Verhältnisses gewissermaassen als Prüfstein für die Richtigkeit unserer Dachstuhlwinkel- und Divergenzbestimmungen benutzen. In den Fällen, wo wir sahen, dass der Dachstuhlwinkel sich verkleinerte und die Divergenz vom Grenzwert sich entfernte, müssen die Organe stärker gewachsen sein, als der Umfang

der Scheibe, das Verhältniss Organdurchmesser : Umfang muss also zugenommen haben; bei wachsendem Dachstuhlwinkel muss das Gegentheil zutreffen. Sehen wir zu, ob dem in der That so ist.

1. Exemplar 6.

Der Organdurchmesser wurde, wie auch bei den sämtlichen folgenden Messungen, immer dadurch bestimmt, dass mit dem Zirkel die Entfernung des Mittelpunktes einer Blüthe resp. eines Samens von dem Mittelpunkt des dritten Organes gemessen wurde, welches mit ihm in derselben deutlichsten Contactzeile stand. Natürlich wurde stets ganz an der Peripherie gemessen. Das Mittel aus mehreren Beobachtungen, durch 3 dividirt, ergab den Durchmesser eines Organes. Es dürften so einigermaassen sichere Verhältnisszahlen erhalten worden sein, die höchstens um wenige Procent sich von der Wirklichkeit entfernen werden.

a) Photographie vom 17. 7.:

Organdurchmesser = 0,83 mm,¹⁾

Umfang = 144,6 mm.

Organdurchmesser : Umfang = 1 : 174,2.

b) Reifer Kopf:

Organdurchmesser = 5,6 mm,

Umfang = 707 mm.

Organdurchmesser : Umfang = 1 : 126,2.

Das Verhältniss hat sich also entsprechend der Abnahme des Dachstuhlwinkels vergrößert.

2. Exemplar 15.

a) Photographie vom 30. 7.:

Organdurchmesser = 1,6 mm,

Umfang = 236 mm.

Organdurchmesser : Umfang = 1 : 147,5.

b) Photographie vom 13. 8.:

Organdurchmesser = 2,8 mm,

Umfang = 377 mm.

Organdurchmesser : Umfang = 1 : 134,6.

c) Reifer Kopf, Photographie desselben:

Organdurchmesser = 2,0 mm,

Umfang = 330 mm.

Organdurchmesser : Umfang = 1 : 156,5.

1) Die Zahlenangaben beziehen sich auf die Originalphotographien, nicht auf die etwas verkleinerten Reproductionen.

Das Verhältniss von Organ zu Umfang hat sich folglich entsprechend der Abnahme des Dachstuhlwinkels zuerst vermehrt, um bei der dann erfolgenden Zunahme des Winkels zu sinken. Da der Winkel am reifen Kopf grösser ist, als auf der ersten Photographie, so ist dementsprechend auch das Verhältniss von Organdurchmesser zu Umfang der Scheibe am reifen Kopf kleiner, als am Anfangsstadium der Beobachtung. Also vollkommener Parallelismus!

3. Exemplar 18.

a) Photographie vom 14. 8.:

Organdurchmesser = 4,6 mm,

Umfang = 580 mm.

Organdurchmesser : Umfang = 1 : 126,1.

b) Reifer Kopf:

Organdurchmesser = 6,2 mm,

Umfang = 911,4 mm.

Organdurchmesser : Umfang = 1 : 147,0.

Die Abnahme des Verhältnisses stimmt überein mit der Zunahme des Dachstuhlwinkels.

4. Exemplar 20.

a) Photographie vom 14. 8.:

Organdurchmesser = 1,33 mm,

Umfang = 157 mm.

Organdurchmesser : Umfang = 1 : 118.

b) Reifer Kopf:

Organdurchmesser = 4,5 mm,

Umfang = 361 mm.

Organdurchmesser : Umfang = 1 : 80,2.

Wir haben bei diesem Exemplar also eine Zunahme des Verhältnisses zwischen Organ und Umfang, die wiederum parallel geht mit der Abnahme des Dachstuhlwinkels und der Entfernung der Divergenz vom Grenzwert.

Die angeführten Messungen zeigen auf's Deutlichste, dass mit der Aenderung des Dachstuhlwinkels und der Divergenz stets eine Zu- oder Abnahme des Verhältnisses zwischen Organdurchmesser und Kopfumfang Hand in Hand geht. Unsere Winkel- und Divergenzbestimmungen erfahren dadurch volle Bestätigung.

3. Contactwechsel.

Nachdem wir gesehen haben, wie mit den ausführlich untersuchten und dargestellten Aenderungen im Dachstuhlwinkel auch solche in der Divergenz und im Verhältniss des Organdurchmessers zum Umfang aufs innigste zusammenhängen, wollen wir nun zum Schluss noch auf einen Punkt zu sprechen kommen, der vielleicht schon bei der Darstellung der Dachstuhlwinkeländerungen hätte berücksichtigt werden können, dessen Besprechung ich aber bis jetzt aufgespart habe, weil die von mir bewiesenen Verschiebungen in ihm am schönsten und augenfälligsten zur Erscheinung kommen. Wir wollen nämlich zusehen, ob wir die Verschiebungen nicht direct auf den Photographieen constataren können daran, dass die einzelnen Organe ihre Lage zu einander merklich verändert haben, indem die einen sich einander näherten, andere auseinander gedrängt wurden, ja ob sich nicht in besonders günstigen Fällen Contactwechsel feststellen lässt.

Es ist von vornherein klar, dass derartige augenfällige Veränderungen nur in den Fällen erwartet werden dürfen, in denen wir eine besonders grosse Veränderung des Dachstuhlwinkels constataren konnten.

Am bedeutendsten war dieselbe bei dem Exemplar Nr. 6, der Dachstuhlwinkel zwischen den 89er und 144er Zeilen hatte zwischen der ersten und zweiten Aufnahme, wie wir sahen, von $78,1^{\circ}$ auf $44,1^{\circ}$ abgenommen. Schon aus diesen Zahlen geht hervor, dass wahrscheinlich ein Contactwechsel eingetreten sein wird, denn die deutlichen Contactzeilen stossen stets in Winkeln von mindestens etwa 60° zusammen. Ein Blick auf unsere beiden Figg. 2 und 3 Tafel XIII/XIV zeigt uns denn auch, dass ein solcher Contactwechsel in der That sehr augenfällig vor sich gegangen ist. Auf der Fig. 2, die den Kopf im Jugendstadium darstellt, treten an der Peripherie die rechtsschiefen 89er und die linksschiefen 144er sicherlich am deutlichsten hervor, während die 55er Zeilen zwar auch noch bemerkt werden, aber nicht mehr den eigentlichen äusseren Sparren bilden. Auf der anderen Photographie dagegen, die unsere Fig. 3 wiedergibt, sind zwar die deutlichsten Schrägzeilen wiederum die rechtsschiefen 89er, aber in linksschiefer Richtung treten ohne Frage am deutlichsten die ziemlich schrägen 55er Zeilen hervor, auf ihnen herrscht zwischen den Gliedern ein sehr breiter Contact, während auf den steilen 144er Zeilen sich die Organe nur noch mit ganz kleinen Flächen, an manchen Stellen sogar überhaupt gar nicht mehr berühren. Es hat also in der That bei dem Exemplar 6 ein Contactwechsel zwischen 144er und 55er Zeilen stattgefunden.

Noch auffallender treten die Verschiebungen der einzelnen Organe gegen einander zu Tage dort, wo es gelingt, Glied für Glied in den verschiedenen Stadien genau zu identificiren. Als Beispiel ziehen wir die Photographieen von Exemplar 15 heran. In der Zeit zwischen der zweiten Aufnahme vom 13. 8. (Fig. 5) und der des reifen Kopfes (Fig. 6) hat der Dachstuhlwinkel zwischen linksschiefen 144ern und rechtsschiefen 89ern zugenommen um $22\frac{1}{2}^{\circ}$. Der Deutlichkeit halber ist die nächste Umgebung der Nadel in den Umrissen in genau gleicher Grösse in zwei besonderen kleinen Zeichnungen wiedergegeben. Fig. 15 Taf. XV entspricht der Photographie Fig. 5 Taf. XIII/XIV, Fig. 16 Taf. XV der Photographie Fig. 6 Taf. XIII/XIV. Die mit den Kreuzen versehenen Organe sind auf beiden Figuren (15 und 16) identisch. Man sieht, dass diese beiden Organe, die auf Fig. 15 weit von einander abstehen, die beiden zwischen ihnen stehenden Früchte, die auf den sehr schrägen 55er Zeilen mit einander in deutlichster Berührung stehen, aus einander gedrängt haben und sich nun auf Fig. 16, wenn auch mit nicht sehr breiter Fläche berühren. Das Gleiche gilt natürlich nicht bloss von diesen, sondern auch von sämtlichen übrigen Organen der beiden Photographieen.

Der leichteren Identificirung halber seien auch die Photographieen des Exemplars 17 noch kurz besprochen. Hier gibt das schon oben erwähnte verwachsene Organ einen sicheren Anhaltspunkt für die Orientirung. Mit seiner Hilfe gelingt es jedem leicht, sich davon zu überzeugen, dass die mit den Kreuzen markirten Samen auf beiden Photographieen dieselben sind. Auch hier ist ein Aneinanderrücken dieser Organe recht evident. Auf Fig. 10 Taf. XV stehen sie noch relativ weit von einander ab, auf Fig. 11 Taf. XV berühren sie sich dagegen bereits beinahe mit den Spitzen.

Aehnliche augenfällige Verschiebungen der Organe gegen einander habe ich noch in mehreren anderen Fällen constatiren können, solche lassen sich auch auf einigen unserer übrigen Figuren leicht finden; doch genügen die angeführten Beispiele dazu, zu zeigen, dass sehr merkliche Verschiebungen der Organe gegen einander, ja sogar in besonders günstigen Fällen Contactwechsel auf den Blüthenscheiben von *Helianthus* noch nach dem Zeitpunkt des Aufblühens vorkommt.

Schluss.

Die wichtigsten Ergebnisse unserer Untersuchungen lassen sich kurz in folgenden Sätzen zusammenfassen:

Die von C. de Candolle, Schumann und Jost geleugneten Dachstuhlverschiebungen bestehen bei den Blüthenscheiben von *Helianthus annuus* zu Recht.

Die von Schumann versuchte Beweisführung ist einerseits auf Grund schwerwiegender theoretischer Fehler überhaupt nicht beweiskräftig, andererseits entbehren seine Methoden der nöthigen Genauigkeit.

Mit Hilfe der Photographie konnten wir an einem und demselben Exemplar feststellen, dass zwischen der Zeit des Aufblühens oder kurz vorher und der Reife Aenderungen in dem Dachstuhlwinkel eintreten, die bis 34° betragen können. Der Winkel nimmt zuerst ab, indem die Organe nach innen, dem Centrum zu vorgeschoben werden, was den Kopf zu einer convexen Krümmung im Beginne der Blüthezeit zwingt, oder zu einer Verkümmern der mittleren Samen führt; dann wächst der Winkel wieder, wobei der Kopf allmählich seine flache Gestalt meist wiedergewinnt.

Diese Schwankungen des Dachstuhlwinkels sind begleitet von deutlichen, wenn auch nicht sehr beträchtlichen Divergenzänderungen, die bei zunehmendem Winkel in einer Annäherung an den bekannten Grenzwert ihren Ausdruck finden, und bedingt durch Schwankungen des Verhältnisses von Organdurchmesser zu Umfang der Blüthenscheibe. Das Wachsthum der Organe hält also mit dem des Kopfes nicht beständig gleichen Schritt. Während des Aufblühens überwiegt das Wachsthum der Blüthen, beim Reifen der Samen das des Blütenbodens.

Die Aenderungen im Dachstuhlwinkel können eine so beträchtliche Grösse erreichen, dass Contactwechsel eintritt.

Diese Resultate dürften einen kaum widerlegbaren Beweis für die Richtigkeit der Schwendener'schen Theorie der Verschiebungen darstellen, kaum widerlegbar deshalb, weil es zum ersten Mal geglückt ist, an einer und derselben Pflanze die von Schwendener behaupteten Verschiebungen mittels der völlig objectiven Methode der Photographie nachzuweisen. Es steht daher zu hoffen, dass der Widerstand gegen diesen Theil der mechanischen Theorie der Blattstellungen endgültig aufhört, und dass die Behauptung, nachträgliche Verschiebungen in einem gegebenen Organsystem nach dem Schwendener'schen Dachstuhlprincip kämen überhaupt nirgends in der Natur vor, in der botanischen Litteratur nicht wiederkehrt.

Botanisches Institut in Berlin.

Im December 1901.

Nachtrag.

Nachdem die vorliegende Arbeit im Manuskript fertig gestellt und bereits in Druck gegeben war, erschien im Februarheft der Bot. Zeitung eine Arbeit von L. Jost: „Die Theorie der Verschiebung seitlicher Organe durch ihren gegenseitigen Druck. Zweite Abhandlung.“ Der Verf. hat in dieser Mittheilung auch die Verschiebungen an Compositenköpfchen einer erneuten eingehenden Prüfung unterzogen. Zu den Resultaten dieser Untersuchung an *Helianthus* möchte ich hier wenigstens noch kurz Stellung nehmen.

Die Methode, welche Jost zu seinen Untersuchungen angewendet hat, ist im Princip dieselbe, deren sich Schwendener bei seinen *Helianthus*-Untersuchungen im Jahre 1900 bediente, d. h. er hat eine grössere Menge von möglichst vergleichbaren Köpfen theils zur Zeit der ersten Anlage der Blüten, theils nach dem Aufblühen oder zur Zeit der Reife untersucht und die Durchschnittszahlen mit einander verglichen. Er findet nun dabei, dass der Parastichenwinkel während der Entwicklung der Sonnenblumen eine geringe Erweiterung erfährt, betont aber, dass ein Contactwechsel nie zu beobachten wäre. Auch durch die Schwendener'schen Messungen, die er einer eingehenden Kritik und Umdeutung unterwirft, soll der Beweis eines Contactwechsels durchaus nicht einwandfrei erbracht sein. Die von ihm beobachtete Vergrösserung des Dachstuhlwinkels kann aber nach seiner Meinung auch ohne seitliche Dachstuhlverschiebung vor sich gegangen sein: „Eine geringe Verbreiterung des Blütenbodens, der die ihm angewachsenen Blüten unter leichter Veränderung ihres Umrisses folgen, genügt vollkommen zur Erklärung der Thatsachen.“ Infolge dessen leugnet er auch consequenterweise, dass das Verhältniss von Organdurchmesser : Scheibenumfang sich ändere, und sein Resultat lautet: „Es gibt auch heute noch keine Thatsachen aus dem Gebiete der Botanik, die zur Annahme einer nachträglichen Verschiebung angelegter Organe im Sinne Schwendener's nöthigten.“

Dem gegenüber möchte ich hier nun nochmals kurz hervorheben, dass durch meine Photographieen nicht nur eine Vergrösserung des Dachstuhlwinkels, sondern auch, wenigstens für einige Fälle, ein Contactwechsel, verbunden mit entsprechender Aenderung des Verhältnisses von Organdurchmesser : Systemumfang und mit seitlicher Verschiebung nach meinem Dafürhalten unwiderleglich bewiesen ist.

Wenn nun aber fernerhin Jost verlangt, es solle von den Vertretern der mechanischen Theorie nun auch der Process, wie die Verschiebung entwicklungsgeschichtlich vor sich gehe, erklärt werden, da eine solche Verschiebung sich durch Torsion der Axe allein nicht erklären lasse, so geht diese Frage über den Rahmen meiner Untersuchungen hinaus; denn auch für mich handelte es sich, ebenso wie für Jost, zunächst einzig und allein um die Entscheidung der Frage: Kommen Verschiebungen in der That bei *Helianthus* vor oder nicht? Erst nach Entscheidung dieses Hauptproblems tritt die Frage nach den Vorgängen beim Verschiebungsprocess in den Vordergrund, und die vollständige Lösung dieses neuen Problems wird nur durch eine besondere eingehende und sorgfältige Untersuchung der Entwicklungsgeschichte zu erzielen sein.

Berlin, Anfang März 1902.

B. Leisering.

Litteraturverzeichnis.

- C. de Candolle I. *Considérations sur l'étude de la phyllotaxie* in *Archives des Sciences phys. et nat.* 1881 oder als Buch bei H. Georg, Genf, Basel, Lyon 1881.
- K. Goebel I. *Organographie der Pflanzen* I. Jena 1898.
- L. Jost I. Die Theorie der Verschiebungen seitlicher Organe durch ihren gegenseitigen Druck. *Bot. Zeitung* 1899 pag. 193.
- K. Schumann I. *Morphologische Studien*, Heft I. Leipzig 1892.
- — II. *Morphologische Studien*, Heft II. Leipzig 1899.
- S. Schwendener I. Ueber die Verschiebungen seitlicher Organe durch ihren gegenseitigen Druck. *Verhandl. d. naturforsch. Gesellschaft in Basel*. VI. 2.
- — II. *Mechanische Theorie der Blattstellungen*. Leipzig 1878.
- — III. *Zur Theorie der Blattstellungen*. *Sitzungsber. d. Berliner Akad. der Wissensch.* 1883 pag. 741; abgedruckt in: *Gesammelte botanische Mittheil.* I pag. 105.
- — IV. *Zur Kenntniss der Blattstellungen in gewundenen Zeilen*. *Sitzungsber. d. Akad.* 1894 pag. 963, *Ges. bot. Mitth.* I. pag. 163.
- — V. *Jüngste Entwicklungsstadien seitlicher Organe*. *Sitzungsber. der Akad.* 1895 pag. 645. *Ges. bot. Mitth.* pag. 184.
- — VI. *Die Schumann'schen Einwände gegen meine Theorie der Blattstellungen*. *Sitzungsber.* 1899 pag. 895.
- — VI. *Die Divergenzänderungen an den Blütenköpfen der Sonnenblumen im Verlaufe ihrer Entwicklung*. *Sitzungsber. der Akad.* 1900 pag. 1042.
- — VII. *Gesammelte botanische Mittheilungen*, Band I. 1898. Berlin. Gebr. Bornträger.

Figurenerklärung.

In Betreff der näheren Erläuterungen zu den Figuren muss auf die Abhandlung verwiesen werden; im Folgenden sind zu jeder Figur die Stellen des Textes citirt, welche für sie namentlich in Betracht kommen.

„Rechts“ und „links“ vom Centrum des Kopfes aus gesehen.

Die Reproduktionen sind grösstentheils Verkleinerungen der Originalaufnahmen; bei einigen wurde die Angabe dieser Verkleinerung versehentlich auf der Tafel vermerkt.

Fig. 1: Schematische Figur. Vgl. Text pag. 390.

Fig. 2: Exemplar No. 6, Aufnahme vom 17. 7. Vgl. pag. 397, 427.

Fig. 3: Exemplar No. 6, Aufn. vom 28. 7. Vgl. pag. 397, 427.

Fig. 4: Exemplar No. 15, Aufn. vom 30. 7. In der rechten oberen Ecke ist eine eingesteckte Nadel etwas undeutlich sichtbar. Vgl. pag. 408 ff. In Betreff der Bedeutung des Pfeiles vgl. pag. 409, in Betreff des kleinen Kreuzes pag. 418.

Fig. 5: Exemplar No. 15, ein Ausschnitt aus der Aufnahme vom 13. 8. Er zeigt die nächste Umgebung der Nadel und das Centrum des Kopfes. Ein Radius ist eingezeichnet. Unten das weisse Viereck stellt ein angeheftetes Stück Papier dar, etwa in der Mitte desselben ist die Nadel als schwacher Strich sichtbar. Die Nadel, sowie der Mittelpunkt des Kopfes sind auf der Originalplatte bedeutend deutlicher. Vgl. pag. 408 ff., 422, 428.

Fig. 6: Exemplar No. 15, Aufn. vom 10. 9. Vgl. pag. 408 ff., 428; die Bedeutung der beiden Linien erklärt pag. 422, die des kleinen Kreuzes pag. 418.

Fig. 7: Exemplar No. 16, Aufn. vom 30. 7. Vgl. pag. 411 ff.

Fig. 8: Exemplar No. 16, Aufn. vom 13. 8. Vgl. pag. 411 ff.

Fig. 9: Exemplar No. 16, Aufn. vom 1. 10. Vgl. pag. 411 ff. Die in Fig. 7 gut hervortretende Nadel ist in Fig. 8 und 9 undeutlicher, sie befindet sich an der siebenten Parastiche rechts von derjenigen, auf welche der Pfeil hinzeigt.

Fig. 10: Exemplar No. 17, Aufn. vom 12. 8. Vgl. pag. 413, 428.

Fig. 11: Exemplar No. 17, Aufn. vom 26. 9. Vgl. pag. 413, 428. Die beiden mit Kreuzen bezeichneten Organe sind in Fig. 10 und 11 identisch.

Fig. 12: Exemplar No. 18, Aufn. vom 14. 8. Vgl. pag. 414, 423.

Fig. 13: Exemplar No. 18, Aufn. vom 25. 9. Vgl. pag. 414, 423. Das Organ 0 ist in Fig. 12 und 13 identisch, der von ihm ausgehende Radius ist in beiden Figuren eingezeichnet. Das Organ mit dem Kreuz in Fig. 13 ist identisch mit demjenigen in Fig. 12, welches genau über 0 steht und durch einen Querstrich bezeichnet ist.

Fig. 14: Exemplar No. 20, Aufn. vom 26. 9. Vgl. pag. 415, 419.

Fig. 15: Ausschnitt aus Fig. 5, die nächste Umgebung der Nadel. Vgl. pag. 428.

Fig. 16: Ausschnitt aus Fig. 6, die nächste Umgebung der Nadel. Vgl. pag. 428. Die beiden durch Kreuze bezeichneten Organe sind in Fig. 15 und 16 identisch.

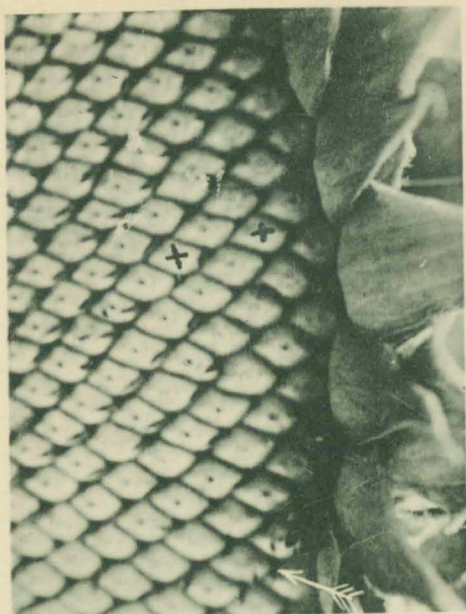


Fig. 9. (3/4)

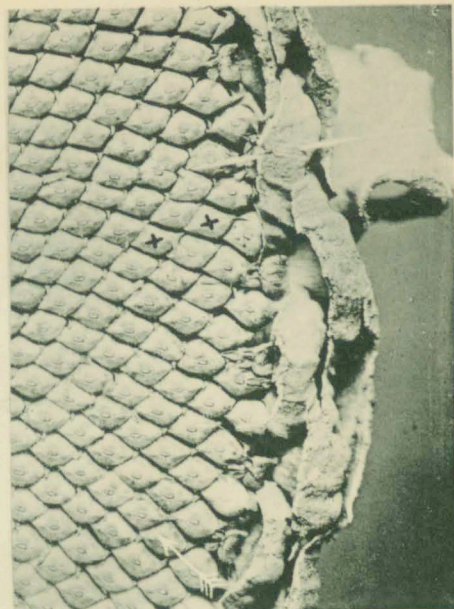


Fig. 8. (3/4)

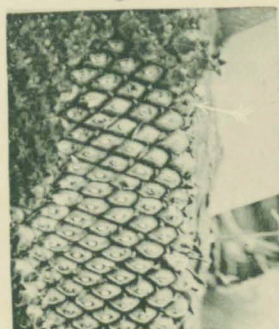
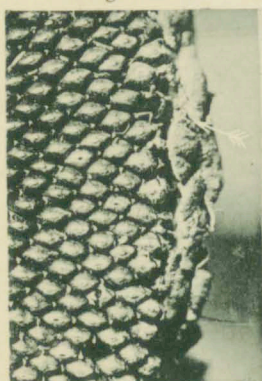


Fig. 14. (1/2)

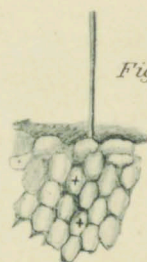


Fig. 15

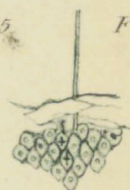


Fig. 16

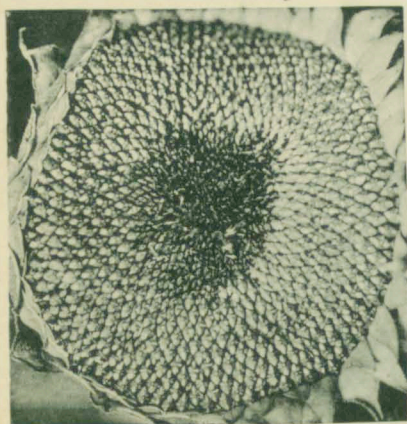


Fig. 7



B. Leisering phot. et del.

L. J. Thomas, Lith. Inst. Berlin. S. 53

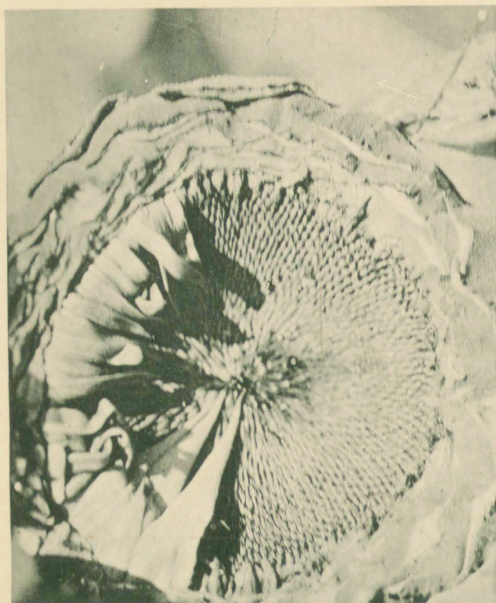


Fig. 13 (34)

Fig. 5

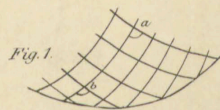
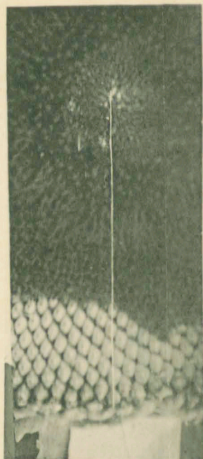
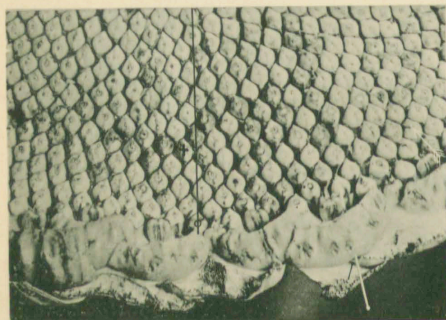
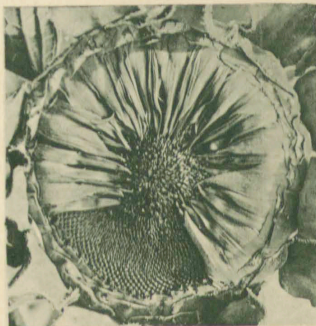


Fig. 1

Fig. 2



B. Lüscherer phot. et del.

Fig. 6

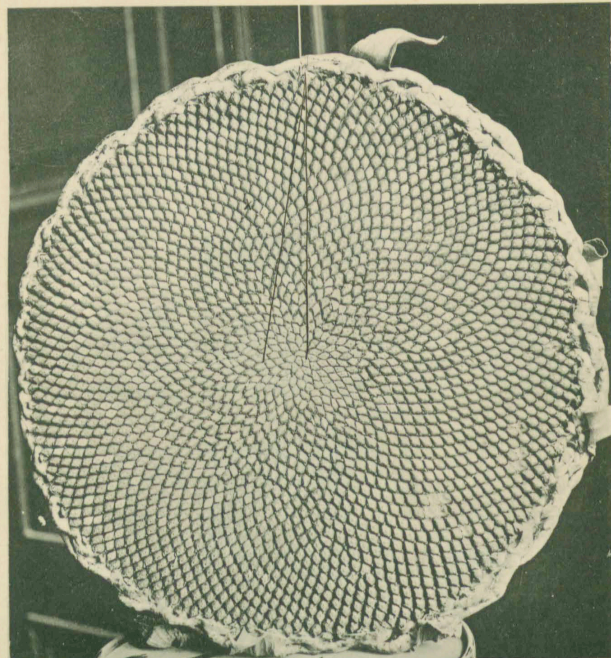


Fig. 3

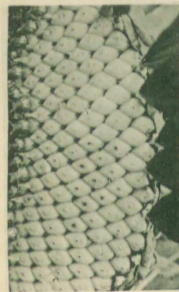
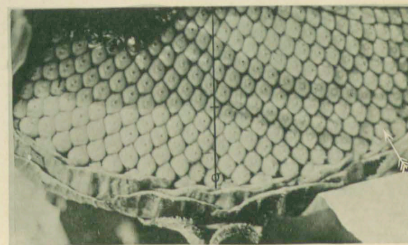


Fig. 12 (34)



L. J. Thomas, Lith. Inst. Berlin, S. 88