© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

25. Hermann Vöchting: Ueber den Einfluss der strahlenden Wärme auf die Blüthenentfaltung der Magnolia.

(Mit Tafel VIII.)

Eingegangen am 20. April 1888.

Durch die Untersuchungen WORTMANN's [1]) wurde der Nachweis geliefert, dass die schon vor ihm von VAN TIEGHEM [2]) angenommene Empfindlichkeit wachsender Pflanzentheile gegen den Einfluss einer einseitig wirkenden Wärmequelle thatsächlich vorhanden ist, und dass man hier ein positives und negatives Verhalten der Organe zu unterscheiden hat, analog demjenigen, welches gegenüber der Wirkung anderer Agentien, wie Schwere, Licht u. s. w. beobachtet wird. Nicht ganz entschieden jedoch wurde bei den bis jetzt ausgeführten Untersuchungen die Frage, ob die als thermotropisch bezeichneten Bewegungen im einen Falle bloss durch den Einfluss der strahlenden Wärme, im andern lediglich durch Wärmeleitung hervorgerufen werden können, oder ob die beiden Kräftequellen die gleiche Wirkung zu erzielen vermögen.

Der fragliche Einfluss der Wärme ist im Freien nicht oder nur schwer zu beobachten; neben ihm machen sich andere Factoren in solchem Maasse geltend, dass er in den meisten Fällen nicht mit genügender Deutlichkeit zum Vorschein kommt. Es gelingt daher nur mit Hülfe besonderer, künstlich herbeigeführter Bedingungen, denselben sichtbar zu machen.

Im Nachfolgenden werde ich nun einen Fall vorführen, in welchem kräftige, durch einseitige Wärmewirkung hervorgerufene Bewegungen im Freien und fast alljährlich wahrzunehmen sind. Dieses Beispiel bieten uns die Blüthen der im Freien cultivirten *Magnolia*-Arten, *M. Yulan* und *M. conspicua Soulangeana hort.*, die sich einseitig einfallenden Wärmestrahlen gegenüber sehr empfindlich erweisen.

Indem ich bezüglich des Baues der Blüthen genannter Arten auf EICHLER [3]) verweise, seien hier nur wenige Punkte hervorgehoben.

1) WORTMANN, I., Ueber den Einfluss der strahlenden Wärme auf wachsende Pflanzentheile. Botanische Zeitung 1883, pag. 457 ff. — Ferner: Ueber den Thermotropismus der Wurzeln. Botan. Zeitung 1885, pag. 193 ff.

2) VAN TIEGHEM, P. Traité de Botanique. Paris, 1884, p. 116, 245 und 301.

3) EICHLER, A. W. Blüthendiagramme. II. Theil. Leipzig 1878, pag. 148.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Die Blüthen sind actinomorph, und werden vor der Entfaltung von einem Hochblatt völlig umschlossen, das ich mit EICHLER als Spatha bezeichnen will. Bei seitlichem Ursprung der Blüthe gehen der letzteren noch eine oder zwei weitere Spathen voraus, welche vor der Entfaltung ebenfalls geschlossen sind. Auf die Spatha folgt ein Kreis von drei corollinisch gestalteten und gefärbten Kelchblättern, an welche sich zwei oder drei dreigliedrige Kreise von Blumenblättern schliessen. Sämmtliche Kelchblätter sind vor der Entfaltung eingerollt, liegen dicht über einander und umhüllen den die Staub- und Fruchtblätter tragenden, stark verlängerten Theil der Blüthenaxe.

Von den Scheiden stellt, gleichviel ob zwei, drei oder nur eine vorhanden sind, die äussere das während des Winters und, wie wir sehen werden, auch während des Frühlings wichtigste Schutzorgan dar. Sie besitzt einen Durchmesser von 0,5—0,75 *mm*, und ist auf der Aussenseite dicht mit Haaren besetzt, die im Frühjahr eine schwarzbraune Farbe annehmen; ihrer ganzen Function nach lässt sie sich mit einem warmen Winterkleide, einem Pelz, vergleichen. Umschliesst diese äussere Spatha noch eine oder zwei weitere, so tragen auch diese noch den Charakter der Hüllorgane, jedoch in schwächerem Grade, als jene; ihr Durchmesser ist kleiner und ihre Behaarung minder dicht. — Bei der Entfaltung werden die Scheiden am Scheitel von den Kelch- und Blumenblättern durchbrochen, nach und nach auf einer oder auf zwei Seiten gespalten und endlich abgeworfen.

Die im Herbst angelegten Knospen nehmen zunächst keine bestimmte Richtung an; sie haben bald horizontale, bald aufwärts geneigte Lage. Im Frühjahr dagegen, kurz vor der Entfaltung, zeigen sie das Bestreben, durch Krümmung des Stieles ihre Längsaxe senkrecht empor zu richten, ein Bestreben, das bald mehr, bald weniger erreicht wird.

Die Entwickelungsprocesse im Frühjahr beginnen damit, dass die Knospe allseitig, vorzüglich aber in der Längsrichtung wächst. Ist etwa die in Fig. 7 und 4 Taf. VIII dargestellte Grösse erreicht, dann findet das Durchbrechen der Scheide und je nach der Gunst der äusseren Bedingungen mehr oder minder rasch die völlige Entfaltung der Blüthe statt.

Verläuft der ganze Entfaltungsvorgang im Schatten einer Mauer oder während der späteren Blüthezeit im Schatten des Laubes der eigenen Pflanze, dann bleibt die Längsaxe der Knospe gerade, Taf. VIII Fig. 2; es findet keinerlei Krümmung statt. Anders dagegen, wenn das intensive Sonnenlicht von einer Seite einfällt: dann tritt eine beträchtliche Krümmung der Knospe, und zwar nach der Schattenseite, ein. Die Beugung selbst beginnt, sobald die Knospe die Spatha durchbricht oder schon vorher, und wächst fortwährend bis kurz vor der völligen Entfaltung. (Vergleiche die Figuren 3, 1 und 6.) Auch an der entfalteten

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Blüthe lässt sich leicht noch aus der Gestalt der Blumen- und Kelchblätter erkennen, ob die Knospe gekrümmt war oder nicht.

Am Schönsten wird die Erscheinung dann wahrgenommen, wenn die Entwickelung der ersten Blüthen früh, im Monat März oder Anfangs April, zu einer Zeit erfolgt, in welcher die Nächte noch kühl sind, am Tage die Sonne aber trotz ihres noch nicht hohen Standes intensive Strahlen niedersendet. Wirken diese auf einen freistehenden Strauch ein, so bietet derselbe einen höchst überraschenden Anblick dar: es weisen seine sämmtlichen sich eben krümmenden Knospen genau nach Norden. Ein solcher dicht mit Knospen besetzter Strauch von *Magnolia conspicua* im botanischen Garten zu Basel machte mich zuerst auf die Erscheinung aufmerksam. Mit derselben vertraut, diente sie mir später an Orten, an denen ich bezüglich der Himmelsrichtung nicht genügend orientirt war, geradezu als Compass; und bei genauer Nachuntersuchung fand ich, dass sie mich niemals getäuscht hatte.

Nachdem die Form der Krümmung und ferner durch den Vergleich mit beschatteten Blüthen die Thatsache festgestellt war, dass das äussere Agens die Beugung bedingt, handelte es sich zunächst um die Beantwortung der Frage, welche Strahlen die activen seien, die leuchtenden oder die dunklen Wärmestrahlen. Meine sich gleich von vornherein für die letzteren entscheidende Vermuthung führte zunächst zu folgendem Versuch. Es wurden Hülsen aus schwarzem Papier angefertigt, welche die 4—5fache Länge und 7—8fache Breite der Knospen besassen. Diese Hülsen wurden über die noch geraden Knospen geschoben und in der Art befestigt, dass die letzteren frei in den Innenraum derselben ragten. Um die Entwickelung einer zu hohen Temperatur hinter den Hüllen zu vermeiden, blieben dieselben unten und oben so weit offen, dass beständig ein Luftstrom durchziehen konnte. Der Versuch wurde mit 10 Knospen ausgeführt, und es fand sich, dass eine derselben eine schwache, 6 eine stärkere Krümmung erfuhren, während drei gerade blieben.

Das eben beschriebene Ergebniss war meiner Erwartung günstig, der Versuch entsprach aber nicht völlig den Anforderungen, welche in solchem Falle zu stellen sind. Vor Allem war durch denselben nicht entschieden, ob die uns beschäftigende Krümmung durch Wärmestrahlung, Wärmeleitung oder durch beide hervorgerufen wurde. Hinter der schwarzen Hülle wirkten beide, Strahlung und Leitung, und es musste daher zur Erledigung dieser Frage dem Versuch eine andere Gestalt gegeben werden. Dies geschah im folgenden Frühling.

Wie TYNDALL[1]) gezeigt hat, besitzt eine Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff, wenn in genügender Concentration und ausreichend

1) TYNDALL, J. Philosophical Transactions for 1864. Vergl. auch: Heat, a Mode of Motion. 6. ed. London 1880, pag. 436 ff.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

dicker Schicht angewandt, die Eigenschaft, die leuchtenden Strahlen des Sonnenspectrums vollständig zu absorbiren, die dunklen Wärmestrahlen dagegen nahezu völlig durchzulassen. Um eine solche Lösung zu meinem Zweck verwerthen zu können, wurden mit derselben Flaschen aus möglichst durchsichtigem Glase gefüllt, welche einen elliptischen Querschnitt hatten; bei 10—11 *cm* Höhe betrug ihr grosser Durchmesser 7—8, der kleine 5—6 *cm*. Wie der Versuch lehrte, drangen vom Sonnenlicht, wenn es senkrecht zur grossen Fläche der Flasche einfiel, keine leuchtenden Strahlen durch, wohl aber fand sich, dass in geringer Entfernung hinter derselben die Temperatur derjenigen etwa gleich kam, welche vor der Flasche beobachtet wurde. Wiederholt vorgenommene Bestimmungen ergaben, dass in gleichen Abständen vor und hinter der Flasche bald gar kein, bald nur ein geringer Unterschied stattfand. Wurden z. B. vor der Flasche 24° C. gemessen, so fand ich in der Mitte hinter derselben 23—25°. Dass somit trotz der zweimaligen Reflexion an den Wänden der Flasche kein Temperaturverlust hinter derselben vorhanden war, beruhte offenbar auf dem Umstande, dass in dem Gefäss eine Brechung und damit eine Concentration der Strahlen hinter der Flasche stattfand. Zu bedenken ist ferner, dass die Lösung in der Flasche sich nach und nach erwärmt, und dann sowohl Strahlung als Leitung von Wärme verursacht, doch habe ich mich durch einige einfache Versuche, die hier nicht näher besprochen zu werden brauchen, überzeugt, dass dieser Umstand von keiner in Betracht kommenden Bedeutung für den Verlauf unseres Versuches ist. — Die Ausführung des letzteren geschah nun in der Art, dass die Flaschen mit der Lösung vermittelst geeigneter Halter so vor den noch geraden Knospen angebracht wurden, dass diese sich in 1—2 *cm* Entfernung hinter denselben befanden. Um stets die stärkste Wirkung der Wärme zu erzielen, veränderte ich im Laufe des Tages alle 1—2 Stunden die Stellung der Flaschen dem Stande der Sonne entsprechend. Die Knospen dagegen waren durch Anbinden ihrer Zweige so befestigt, dass selbst mässig starke Winde sie nicht aus ihrer Lage zu verschieben vermochten.

Das eben beschriebene Experiment wurde im Ganzen 12mal ausgeführt, und zwar bei dauernd hellem, sonnigem Wetter. Es ergab sich, dass in allen Fällen hinter den Flaschen die Krümmung eintrat, bald mehr, bald minder, in allen jedoch deutlich ausgebildet. Vergleiche Fig. 5 auf Taf. VIII. Es sind somit die dunklen Wärmestrahlen, welche die Beugung unserer Knospen hervorrufen, und wir dürfen daher annehmen, dass auch in unsern früheren Versuchen diese Strahlen es waren, welche hinter den schwarzen Hülsen hauptsächlich die Krümmung bedingten.

Die Frage jedoch wurde bisher nicht entschieden, ob lediglich die dunklen Wärmestrahlen das einseitig bevorzugte Wachsthum bewirken

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

können, oder ob auch Wärmeleitung den gleichen Effect zu erzielen vermag. Dieser Punkt ist noch durch weitere Untersuchung aufzuhellen.

Ausser dem eben besprochenen bemühte ich mich noch einen Parallel-Versuch auszuführen, in welchem die leuchtenden Strahlen des Spectrums zur Wirkung gelangten, die dunklen Wärmestrahlen dagegen absorbirt wurden. Bekanntlich ist eine abgekühlte concentrirte Alaunlösung in hohem Grade adiatherman, während sie die leuchtenden Strahlen fast vollständig durchlässt. Mit einer solchen Lösung wurde eine Cüvette gefüllt, deren Wände aus Spiegelglas bestanden, und dieselbe dann vor Knospen geeigneten Alters aufgestellt. Nachdem eine geringe Erwärmung der Lösung erfolgt war, wurde das Gefäss durch ein anderes ersetzt, das in einer Mischung von schmelzendem Eise und Kochsalz abgekühlt war, und nun das Gefäss mit der erwärmten Lösung der kalten Mischung ausgesetzt. Durch derartigen häufigen Wechsel wurde die Temperatur der Lösung stets niedrig gehalten. Die thermometrische Bestimmung ergab aber, dass trotz dieses Verfahrens die Alaunlösung dennoch Wärmestrahlen in merkbarer Menge durchliess, und ich brach daher den Versuch nach einiger Zeit ab. Die einwurfsfreie Ausführung eines solchen dürfte jedenfalls nur mit Hülfe besonderer, im Freien anzubringender Kühlvorrichtungen möglich sein. — Auf die Anstellung eines so gestalteten Experimentes konnte ich jedoch um so mehr verzichten, als durch den Versuch mit der Jodlösung die uns beschäftigende Frage durchaus entschieden war.

Nachdem wir mit Hülfe der diathermanen Jodlösung die Bedeutung der dunklen Wärmestrahlen für den Krümmungs-Process unserer Blüthen dargethan haben, entsteht die weitere Frage, in welcher Art jene Strahlen einwirken.

Bei der Beantwortung dieser Frage richtet sich der Blick zunächst auf die Spatha. Wie oben erwähnt, beginnt die Krümmung zu einer Zeit, in welcher die Knospe noch von der Scheide umschlossen ist oder diese eben durchbricht. Spielt hierbei die Spatha eine Rolle und, wenn dies der Fall, welche? Um hierüber Klarheit zu erlangen, wurden verschiedene Versuche ausgeführt.

Zunächst löste ich die Scheiden von den Knospen ab und umhüllte damit die Kugeln von Thermometern: ausnahmslos wurde ein beträchtliches Steigen der letzteren beobachtet. Einige Beispiele mögen dies zeigen. An einem sonnigen Tage betrug die Temperatur in der Sonne 20,5° C. Sobald die Kugeln von den dunklen Hüllen umschlossen waren, stieg die Säule des einen Thermometers auf 25,5°, die des andern auf 26,5°. — An einem andern Tage zeigten die Thermometer in der Sonne 24,5° C., während sie mit umhüllten Kugeln auf 28,5° und 29° stiegen. — In einem dritten Falle endlich betrug die Temperatur in der Sonne 13° C., hinter den Scheiden dagegen 19° und 19,5°.

Als die gleichen Versuche mit der inneren minder behaarten, grünen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Scheide ausgeführt wurden, fand sich, dass ebenfalls eine Erhöhung der Temperatur erfolgte, dass dieselbe jedoch um 1—3° C. weniger betrug, als die hinter der äussern Spatha erzeugte. Nur ein Beispiel möge hier angeführt werden. Bei klarem Himmel und schwach bewegter Luft zeigte das Thermometer in der Sonne 15,5° C. Nach Umhüllung der Kugel mit der äussern Hülle stieg es auf 22°. Als statt der äussern die innere Hülle angewandt wurde, zeigte es dauernd 19°. Nun wurde vergleichsweise die Kugel mit zwei behaarten grünen Laubblättern von *Myosotis* umkleidet. Die Folge hiervon war, dass jetzt das Thermometer auf 17° fiel, und diese Stellung beibehielt. Als endlich statt der *Myosotis*-Blätter die äussern rothgefärbten Kelchblätter von *Magnolia* benutzt wurden, fiel das Thermometer auf 16°.

Aus den angeführten Thatsachen ergiebt sich, dass die äussere Spatha, welche im Winter für die Knospe ein warmes Kleid darstellt, in derselben im Frühjahr bei steigender Sonnenwärme eine beträchtliche Temperatur-Erhöhung hervorruft. Und ähnlich, wenn auch in geringerem Grade, wirkt die innere Scheide.

Nunmehr war festzustellen, wie sich die Temperatur-Verhältnisse in der Knospe selbst gestalten. Zu dem Ende wurde der obere geschlossene Theil der Knospe, nachdem sie eben die Hülle durchbrochen, entfernt, und nun das Thermometer rasch in die offene Kronenröhre eingeschoben. Das cylindrisch gestaltete Quecksilbergefäss des hierzu benutzten Thermometers hatte einen solchen Durchmesser, dass die Blumenblätter demselben ringsum dicht anlagen. Unter diesen Umständen fand, wie erwartet, stets ein erhebliches Steigen des Thermometers statt. Auch hier mögen wieder einige Beispiele den Sachverhalt erläutern. An einem hellen Tage mit sehr bewegter Luft zeigt das Thermometer in der Sonne 14°, im Schatten 11° C.; in einer Knospe dagegen steigt es auf 19°, in einer andern auf 19,5°, in einer dritten auf 20°. — An einem andern Tage beträgt die Temperatur in der Sonne 20,5°, in der eben geöffneten Knospe 26,5°. — In einem dritten Falle steigt das Thermometer in der Sonne auf 25,1°, in einer Knospe dagegen auf 28°, in einer andern auf 29°. — An einem vierten Tage endlich zeigt das Thermometer in der Sonne 24,5°, in der Knospe 28,5° C. Mehr als 29° wurden in keinem Falle in der Knospe wahrgenommen.

Aus diesen Angaben ersieht man, dass in der Knospe, wenn dieselbe den Sonnenstrahlen ausgesetzt ist, eine 4—6° höhere Temperatur herrscht, als in der umgebenden Luft. Hierbei entsteht jedoch die Frage, ob und in wieweit bei diesem Verhältniss eine Selbsterwärmung der Knospe im Spiel ist. Allein schon der Vergleich der vorhin gegebenen Zahlen, welche nebst einer Reihe weiterer stets um die Mittagsstunde gewonnen wurden, mit den früher bei der Umhüllung der Thermometer-Kugel mit der Spatha beobachteten, führt zu der Ueber-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

zeugung, dass die höhere Temperatur in der Knospe der Hauptsache nach durch die Bestrahlung hervorgerufen werde. Vor Allem springt in die Augen, dass die absolute Temperaturhöhe, welche in der Knospe erreicht wird, von der äusseren Wärmezufuhr abhängig ist, dass das Maximum der Knospen-Temperatur mit dem Maximum der Bestrahlung zusammenfällt. — Zu näherer Erläuterung und Bestätigung dieser Verhältnisse sollen aus meinen Beobachtungen noch einige weitere mitgetheilt werden.

Am 13. April, einem hellen sonnigen Tage, an welchem bis Nachmittags 3 Uhr die Luft schwach bewegt, dann ruhig war, wurden in Zeitabschnitten von je zwei Stunden folgende Bestimmungen gemacht.

8 Uhr Morgens.
Im Schatten 7° C.
In der Knospe 7,5°

10 Uhr Morgens.
Im Schatten 11,5°
In der Sonne 15°
In der bestrahlten Knospe 22°

12 Uhr Mittags.
Im Schatten 13,5°
In der Sonne 18—18,5°
In der bestrahlten Knospe 23,6°

2 Uhr Nachmittags.
Im Schatten 14,8°
In der Sonne 18°
In der bestrahlten Knospe 23°

4 Uhr Nachmittags.
Im Schatten 15°
In der Sonne 19°
In der bestrahlten Knospe 25,2°

6 Uhr Nachmittags.
Im Schatten 10,5°
In der Knospe 14,8°

8 Uhr Abends.
Im Freien 8,5°
In der Knospe 9,8°

10 Uhr Nachts.
Im Freien 6,5°
In der Knospe 8,1°

An dem Tage, an welchem ich diese Bestimmungen ausführte, wurde eine Gruppe von Knospen vom frühen Morgen an durch ein Brett künstlich beschattet. Die vergleichende Bestimmung ergab, dass um 12 Uhr Mittags in der Luft hinter dem Brett eine Temperatur von 17,5° herrschte, während in der Knospe eine solche von 18,5° beob-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

achtet wurde. Als gleichzeitig die Temperatur in einer dem tiefen Schatten ausgesetzten Knospe eines anderen Strauches gemessen wurde, fanden sich 15,1°.

Um 4 Uhr wurde an den durch das Brett beschatteten Knospen eine weitere Bestimmung gemacht. Es ergab sich in der Knospe eine Temperatur von 18,5° während das Thermometer in der Luft daneben 17° aufwies.

Zu den sämmtlichen eben gegebenen Daten sei erstens bemerkt, dass die angewandten Thermometer (von GEISSLER) genau verglichen waren; zweitens, dass die Knospen-Temperatur jedesmal an zwei Objecten festgestellt wurde, und die angeführte Zahl das Mittel dieser Beobachtungen darstellt. Meistens lieferten die letzteren ein übereinstimmendes Resultat, doch kamen auch Unterschiede vor, die sich höchstens auf 0,5—1° C. beliefen.

Die eben gemachten Angaben dürften ausreichen, um das, was oben über das Verhältniss zwischen der in der Knospe und der im Freien herrschenden Temperatur gesagt wurde, zu bestätigen. Ob nun die auch aus unseren Beobachtungen hervorgehende, in der Knospe erzeugte geringe Eigenwärme ähnlich der bei den Kolben der Aroideen festgestellten eine tägliche Periodicität zeigt, wurde bisher nicht festgestellt. Wie dem jedoch auch sei, so viel ist sicher, dass die grossen von uns beobachteten Unterschiede in der Temperatur der Knospen durch die von aussen erfolgende Wärmezufuhr bedingt wurden. Und welch' bedeutungsvolle Rolle hierbei der erwärmten Spatha zukommt, erhellt aus unseren Angaben ebenfalls mit unzweifelhafter Gewissheit.

Nach Erledigung dieser Punkte entsteht die weitere Frage, wie die Temperatur-Verhältnisse innerhalb der verschiedenen Regionen der bestrahlten Knospe sich gestalten mögen, ob in der Richtung von der Licht- nach der Schattenseite Differenzen von einigem Belang vorhanden seien, und ob die einseitige Krümmung sich durch diese vielleicht erklären lasse. — Dass Unterschiede der fraglichen Art vorhanden sein dürften, ist a priori wahrscheinlich, und wird durch Messung der Temperatur an der Licht- und Schattenseite der Knospenoberfläche bestätigt. Legt man die Kugel des Thermometers nach einander an die beiden Seiten einer kräftig bestrahlten Knospe, so beobachtet man stets einen Unterschied von 2°—3,5° und selbst 4,5° C. zu Gunsten der Lichtseite. Auch diese Thatsache mag durch einige Beispiele näher erläutert werden. Während das Thermometer in der Sonne 24° zeigte, stieg es, an die Lichtseite einer mit der äusseren Scheide umgebenen Knospe gepresst, auf 28°, fiel aber an der Schattenseite wieder auf 24°. Als darauf die Knospe durchschnitten, und das Thermometer rasch in die Höhlung derselben geführt wurde, fanden sich dort 28,5° C. — In einem andern Falle stieg das Thermometer frei in der Sonne auf 20°, an die Lichtseite der Knospe gelegt auf 25°, indess es auf

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

der Schattenseite wieder auf 22,5° fiel. — Eine dritte Messung endlich ergab frei in der Sonne 21,5°, an der Knospe auf der Lichtseite 26°, auf der Schattenseite dagegen 22° C.

Nach Feststellung dieser Thatsachen suchte ich nun die Temperaturen in der Knospe selbst zu bestimmen. Dies geschah, indem nach Entfernung des oberen Knospentheiles das schmale Quecksilbergefäss des Thermometers rasch zwischen diejenigen Theile der Knospe geschoben wurde, deren Temperatur gemessen werden sollte. Nach einem Zeitraum von 5 Minuten wurde die Ablesung gemacht, und nun das Thermometer an einem zweiten Ort eingeschoben, dessen Temperatur ebenfalls nach 5 Minuten bestimmt wurde.

Es leuchtet ein, dass die so gewonnenen Bestimmungen keinen Anspruch auf absolute Genauigkeit machen können, doch sind die beobachteten Unterschiede so gross, dass daneben die vorhandenen Fehlerquellen nicht in Betracht kommen. Die alsbald mitzutheilenden, wie die vorhin angeführten Beobachtungen wurden, was kaum noch besonders hervorgehoben zu werden braucht, bei ganz ruhigem Wetter ausgeführt.

Zunächst wurde das Thermometer zwischen die innere Hülle und die äusseren Kelchblätter eingeführt. Von den zu verschiedenen Zeiten untersuchten Fällen seien hier nur drei besprochen.

1. Fall: Das Thermometer zeigt:
   auf der Sonnenseite 26,3°
   auf der Schattenseite 23,1°
2. Fall:
   auf der Sonnenseite 26,5°
   auf der Schattenseite 22,6°
3. Fall:
   auf der Sonnenseite 20,8°
   auf der Schattenseite 17,6°

Nun wurde das Thermometer so eingeschoben, dass es nach aussen von je zwei Kelchblättern bedeckt war.

1. Fall:
   auf der Sonnenseite 24,4°
   auf der Schattenseite 22,7°
2. Fall:
   auf der Sonnenseite 26°
   auf der Schattenseite 23,8°
3. Fall:
   auf der Sonnenseite 24,3°
   auf der Schattenseite 23,3°
4. Fall:
   auf der Sonnenseite 25,8°
   auf der Schattenseite 23,6°

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

5. Fall:
   auf der Sonnenseite 26,4°
   auf der Schattenseite 24,8°
6. Fall:
   auf der Sonnenseite 25,6°
   auf der Schattenseite 24,9°

Aus diesen Angaben erhellt, dass in den einseitig bestrahlten Knospen die Temperatur, wie vorausgesetzt, von der Licht- nach der Schattenseite abnimmt, dass unter der äusseren Kelchblattlage ein Unterschied von selbst mehr als 2° nachgewiesen werden konnte.

Fasst man die sämmtlichen vorgeführten Thatsachen ins Auge, so werden folgende Vorstellungen über die Wirkung der Wärme auf unsere Knospen nahe gelegt. Die Wärmestrahlen, welche auf die noch gänzlich oder theilweise von Scheiden umhüllten Knospen fallen, entwickeln in diesen eine Temperatur, welche, soweit beobachtet, im Maximum auf 29° C. steigt. Bei der Hervorbringung dieser Temperatur spielt die behaarte dunkle Spatha eine wichtige Rolle, und es nimmt innerhalb derselben in der Knospe die Temperatur von der bestrahlten Seite nach der gegenüber liegenden ab. Die Verhältnisse gestalten sich demnach so, dass die auf der ersteren gelegenen Knospen-Organe einer dem Optimum näher liegenden Temperatur ausgesetzt sind, als die, welche die entgegengesetzte Seite einnehmen; daher also das stärkere Wachsthum der bestrahlten Knospenhälfte, daher die Krümmung der Knospe von Süd nach Nord.

Dass die oben mitgetheilten Temperatur-Unterschiede im Innern einer bestrahlten Knospe völlig genügen dürften, um die Wachsthums-Differenzen zwischen den Knospen-Organen der Licht- und Schattenseite und damit die Knospenkrümmung zu erklären, kann wohl nicht bezweifelt werden. Man werfe nur einen Blick auf die von KÖPPEN [1]) gegebene Tabelle und sehe, welchen beträchtlichen Einfluss geringe Unterschiede in der Temperatur auf das Längenwachsthum der hypocotylen Axe von Keimpflanzen haben.

Mit der vorhin entwickelten Auffassung steht die Eingangs erwähnte wichtige Thatsache im Einklang, dass die Krümmung der Knospe dann den höchsten Grad erreicht, wenn im Beginn des Frühlings die Nächte noch kühl sind, die Tage aber in Folge starker Strahlung warm werden; dass dagegen, wenn später die Nächte eine höhere Temperatur erhalten, die Beugung der Knospe auch dann geringer wird, wenn am Tage selbst eine sehr intensive Strahlung erfolgt. Vom Standpunkte der oben entwickelten Vorstellung sind diese Thatsachen ohne Weiteres verständlich. Während der ersten Periode findet Nachts kein oder nur geringes, am Tage dagegen alles oder doch das meiste Wachsthum

1) W. KÖPPEN, W., Wärme und Pflanzenwachsthum. Moskau 1870. S. 40.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

statt; die nun einfallenden Strahlen wirken hinter der behaarten dunklen Hülle auf einseitige Entwickelung hin. Wächst später aber die Knospe auch Nachts stärker, dann streckt sich auch die am Tage beeinträchtigte Seite rascher; und nun tritt eine geringere Krümmung ein, als unter den früheren Bedingungen.

Die oben dargelegte Anschauung über die Wirkung der Wärme entspricht im Wesentlichen derjenigen, welche VAN TIEGHEM [1]) bezüglich seines Thermotropismus vom theoretischen Standpunkte aus entwickelt hat. WORTMANN [2]) dagegen gelangt auf Grund seiner experimentellen Untersuchungen zu dem Schluss, dass es sich bei der thermotropischen Wirkung nicht um die Wärmemenge, sondern um die Richtung handle, in welcher die Wärmestrahlen einfallen; dass hier somit ein Verhältniss bestehe, wie wir es bei der Schwerewirkung beobachten, und wie es nach SACHS auch bei den durch das Licht bedingten heliotropischen Erscheinungen eintreten soll. — Unsern obigen Ausführungen nach könnte es scheinen, als spräche das Verhalten der *Magnolia*-Knospen für die Anschauung VAN TIEGHEM's, allein es ist zu bedenken, dass die fraglichen Knospen Körper von so eigenthümlicher Beschaffenheit darstellen, dass die an ihnen beobachteten Verhältnisse keine verallgemeinernden Schlüsse zulassen. Man vergleiche den complicirten Bau der haarbedeckten *Magnolia*-Knospe mit einem *Phycomyces*-Faden oder einem *Lepidium*-Stengel, und denke ferner an die Jahreszeit, an die besonderen äusseren Bedingungen, unter denen die Entfaltung jener stattfindet. Uebrigens ist nicht zu vergessen, dass auch, wie schon früher angedeutet, die Untersuchungen WORTMANN's kein völlig abschliessendes Urtheil gestatten, und zwar darum nicht, weil die Methode seiner Untersuchung der Stengel [3]) auf Thermotropismus nicht ausschliesslich strahlende, sondern auch Leitungswärme zur Wirkung gelangen liess, während den Wurzeln gegenüber [4]) nur Leitungswärme in Anwendung kam. Im Ganzen erhält man den Eindruck, dass es für den Erfolg dasselbe sei, ob die Wärme durch Leitung oder Strahlung einwirkt, doch ist die Frage nicht entschieden und bedarf weiterer Untersuchung. Erst nach Ausführung der letzteren wird sich der mit dem Ausdruck „Thermotropismus" zu verbindende Begriff näher bestimmen lassen. Stets ist im Auge zu behalten, dass auch die ultrarothen Strahlen heliotropische Krümmungen hervorrufen [5]).

Hier sei übrigens noch daran erinnert, dass die Knospen unserer

1) VAN TIEGHEM, P. l. c. pag. 116.

2) WORTMANN, J. Bot. Zeit. 1883, pag. 474 u. 479.

3) Vergl. Bot. Zeitung 1883, pag. 460.

4) Botan. Zeitung 1885, pag. 197.

5) WIESNER, J., Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche. I. Theil. Denkschriften der mathem. naturw. Klasse der K. Ak. d. Wissensch. Wien 1878. pag. 50 d. Sep. Abdr.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Magnolia-Arten auch hinter den Hüllen von schwarzem Papier theilweise Krümmungen erfuhren. Auch bei dieser Versuchsform entsteht die Frage nach der Bedeutung der einseitigen Wärmezufuhr durch Leitung. Vermag Leitungswärme die strahlende Wärme gänzlich oder doch zum Theil zu ersetzen? Eine Antwort auf diese Frage hoffe ich bei anderem Anlass geben zu können.

Nachdem für die *Magnolia*-Knospen der Einfluss der strahlenden Wärme festgestellt war, wurde eine Umschau nach weiteren ähnlichen Objecten gehalten, bisher jedoch ohne besonderen Erfolg. Aller Wahrscheinlichkeit nach beruht die auf der Lichtseite häufig stattfindende raschere Entfaltung der Blüthenknospen von *Forsythia suspensa* und verwandten Arten auf einseitiger Bestrahlung. Ferner dürfte es kaum einem Zweifel unterliegen, dass das von FRANK[1]) zuerst beobachtete einseitige Aufblühen der Weidenkätzchen nicht, wie er meint, durch die leuchtenden, sondern durch die minder brechbaren dunklen Wärmestrahlen bewirkt wird. — Das Auffinden weiterer Beispiele muss der zu rechter Zeit angestellten ferneren Beobachtung überlassen bleiben.

1) FRANK, A. B., Ueber die einseitige Beschleunigung des Aufblühens einiger kätzchenartigen Inflorescenzen durch die Einwirkung des Lichtes. In: COHN, Beiträge zur Biologie, I. Heft. 3, pag. 51. Breslau 1875.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Eine Blüthe im vorgeschrittenen Entfaltungs-Stadium, durch den Einfluss der Wärmestrahlen gekrümmt.
Fig. 2. Eine ähnliche Knospe, im Schatten sich entfaltend.
Fig. 3. Gekrümmte Knospe, kurz vor dem Abwerfen der Scheide.
Fig. 4. Sich krümmende Knospe, beim Durchbrechen der Scheide.
Fig. 5. Knospe, welche sich hinter der Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff gekrümmt hat.
Fig. 6. Längsdurchschnitt einer gekrümmten Knospe.
Fig. 7. Knospe, kurz vor dem Durchbrechen der Scheide, in diesem Alter gewöhnlich senkrecht nach oben gerichtet.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

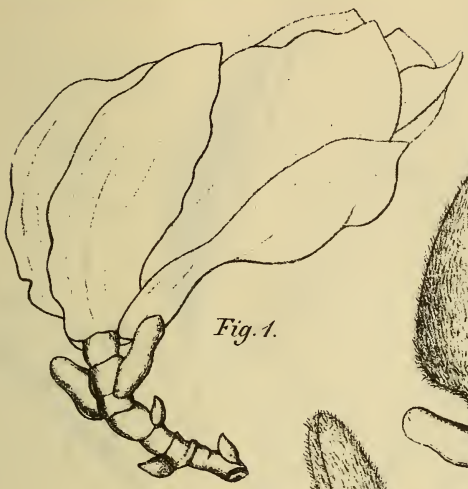

Fig. 1.

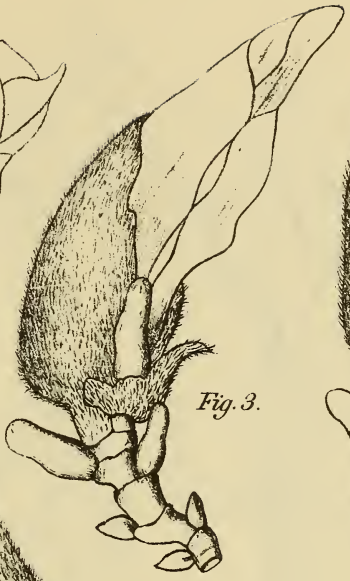

Fig. 3.

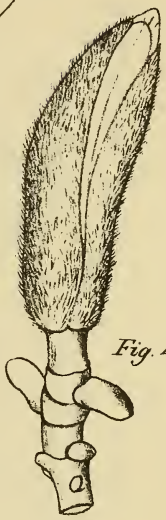

Fig. 4.

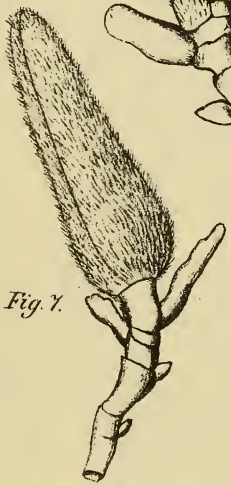

Fig. 7.

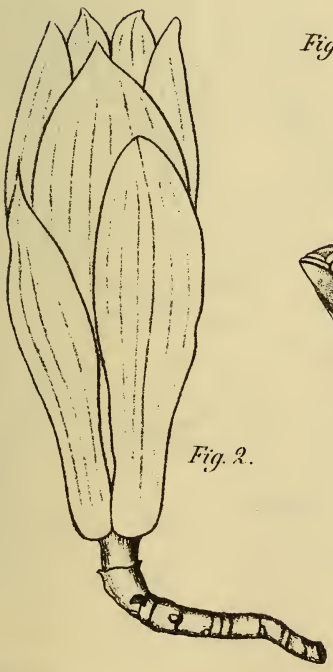

Fig. 2.

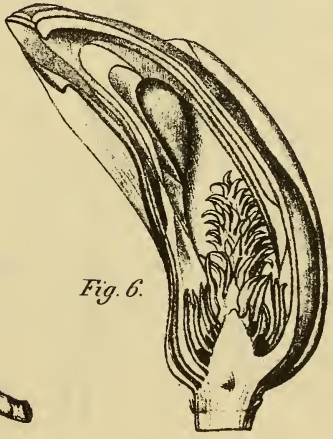

Fig. 6.

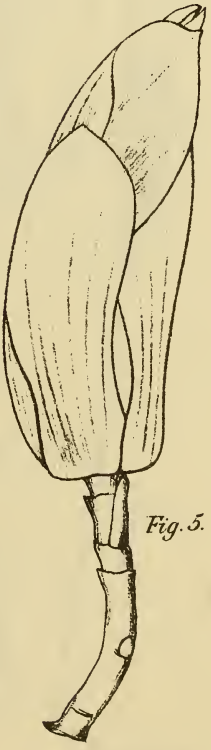

Fig. 5.

H. Vöchting gez. C. Laue lith.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1888

Band/Volume: 6

Autor(en)/Author(s): Vöchting Hermann

Artikel/Article: Ueber den Einfluss der strahlenden Wärme auf die Blüthenentfaltung der Magnolia 167-178