

IX.

Längenwachsthum der Ober- und Unterseite sich krümmender Ranken.

Von

Dr. Hugo de Vries.

Nach den eingehenden Untersuchungen von SACHS über das Längenwachsthum, kann es keinem Zweifel unterliegen, dass das Umwinden von Stützen durch Ranken und die Einrollung freier Ranken Bewegungsercheinungen sind, welche durch ein verschiedenes Längenwachsthum der convexen und der concaven Seite verursacht werden. In der vorliegenden Arbeit gehe ich von dieser Ansicht aus; die mitzutheilenden Thatsachen und Zahlen bestätigen sie ausnahmslos. Ferner ist es klar, dass bei dergleichen Krümmungen das Wachsthum auf der convexen Seite stärker ist als auf der concaven; es ist aber noch die Frage zu beantworten, wie sich bei diesen Krümmungen das Wachsthum beider Seiten verhält zu dem Wachsthum derselben Gewebeschichten bei normalem geradem Wuchse. Diese Frage ist derjenigen vollkommen analog, welche sich SACHS in Bezug auf das Längenwachsthum der Ober- und Unterseite horizontal gelegter, sich aufwärtskrümmender Sprosse¹⁾ stellte. Wie aus dieser Analogie zu erwarten war, wird bei diesen Krümmungen das Wachsthum auf der convexen Seite absolut beschleunigt, dasjenige der concaven Seite absolut verlangsamt; ja bei geringem Totalwachsthum der Ranke wird die concave Seite verkürzt, ähnlich wie dieses von SACHS bei den sich geotropisch krümmenden Grasknoten beobachtet wurde.

Ehe ich zu der Mittheilung der Versuche übergehe, aus denen ich diesen Schluss ziehe, will ich einiges beiläufig Beobachtetes über die Wirkung des Reizes vorausschicken.

1) Im II. Hefte dieser Arbeiten, S. 492.

Die Reizbarkeit fängt mit wenigen Ausnahmen (*Cobaea*, *Passiflora punctata*) ungefähr zu gleicher Zeit mit der Nutation an, wie dieses von DARWIN in seiner vorzüglichen Abhandlung über die Bewegungen der Schlingpflanzen¹⁾ gezeigt wurde. Sie dauert nach demselben Forscher (mit Ausnahme von *Echinocystis*) bis zur Vollendung des Längenwachsthums der Ranke. Dann bleibt die Ranke, wenn sie keine Stütze gefasst hat, einige Zeit, oft einige Tage unbeweglich (DARWIN, S. 93) und rollt sich später in einer flachen Spirale (*Cardiospermum* und einige Andere) oder, was der gewöhnliche Fall ist, in einer Schraubenlinie zusammen; wobei, wie zuerst von MOHL²⁾ gezeigt wurde, immer die Oberseite zur convexen Seite wird. Dass bei dem freiwilligen Einrollen und bei dem Umwinden einer Stütze die Windungen nicht spiralig, sondern schraubig sind, rührt einfach davon her, dass die Durchmesser der einzelnen Windungen, welche von der Wachsthumdifferenz der Ober- und Unterseite abhängen, nicht hinreichend verschieden sind, um die eine Windung in der anderen Raum finden zu lassen. Sollte eine Windung auf der Aussenseite einer früheren, also mit dieser eine ebene Spirale bildend, entstehen, so wird sie sich bei nicht vollkommen symmetrischer Lage bei ihrem Zusammenziehen auf die Seite der früheren Windung stellen. Diese freiwillige Krümmung unterscheidet sich bei den meisten Rankenpflanzen von der durch Reiz veranlassten dadurch, dass sie an der Spitze anfängt und nach der Basis der Ranke hin fortschreitet, während bei den durch Berührung mit einer Stütze hervorgegerufenen Biegungen, die Krümmung an der berührten Stelle anfängt. Sie ist von jedem Reize ganz unabhängig und ist eins der extremsten Beispiele aus der Gruppe der epinastischen Krümmungen.

Die meisten Ranken sind nur auf der Unterseite, oder auf dieser und den beiden Kanten reizbar, die Ranken von *Cissus* und *Cobaea* dagegen sind nach DARWIN (S. 100) auf allen Seiten reizbar.

Der Einfluss dieser Reize ist ein mehrfacher. Erstens fördern sie das Längenwachsthum der freien Seite in Bezug zu dem der berührten Seite, wodurch die Krümmung an den Berührungspunkten entsteht. Dann aber veranlassen sie ein früheres spiraliges Zusammenziehen des nicht berührten Theils der Ranken, als ohne die Reizung eingetreten sein würde (DARWIN, S. 93); bei einigen Arten von Rankenpflanzen tritt dieses spiralige Einrollen nur dann ein, wenn die Ranke sich an eine Stütze befestigt hat (so z. B. *Ampelopsis hederacea*). Auch auf das Dickenwachsthum und die Lebensdauer der Ranke übt der Reiz einen Einfluss aus. Mehrere Bei-

1) DARWIN, On the movements and habits of climbing plants. 1865. S. 101. (Separatabdruck aus dem Journ. of the Linn. Soc. Vol. IX p. 4—118. Ein Auszug davon befindet sich in der Flora, 1866. S. 241.

2) MOHL, Ueber den Bau und das Winden der Ranken und Schlingpflanzen, 1827. S. 52. —

spiele hierzu findet man in der bereits erwähnten Abhandlung DARWIN'S; im Folgenden fasse ich nur den ersten dieser Fälle in's Auge.

Um die an der Berührungsstelle in Folge des Reizes entstehenden Krümmungen hervorzubringen genügt bei sehr reizbaren Ranken eine kurz dauernde oder wiederholte Berührung der reizbarsten Strecke, oder ein sehr leichtes aufgesetztes Reiterchen, bei weniger reizbaren Ranken ist eine dauernde Berührung und das damit verbundene Andrücken an die Stütze durch die Nutation zur Krümmung nöthig. Die Krümmungen werden in allen Fällen erst einige Zeit, bisweilen nur einige Minuten, nachdem der Reiz zu wirken angefangen hat, sichtbar. Ist der Reiz nur schwach, oder war seine Dauer nur kurz, so gleichen sich diese Krümmungen später wieder aus.

Starke Erschütterungen verursachen in den Ranken ähnliche Krümmungen, wie in anderen, in die Länge wachsenden Pflanzentheilen, wobei immer die beim Stoss zuerst und am stärksten concav gekrümmte Seite concav bleibt ¹⁾; diese Krümmungen sind aber nicht scharf an einer Stelle, wie die Reizkrümmungen, sondern erstrecken sich gleichmässig über einen grossen Theil der Ranke. Eine merkwürdige Folge starker Erschütterungen bei den Ranken ist die folgende Erscheinung. Ich schlug mit einem dünnen Holzstab ziemlich stark auf die Unterseite, ungefähr in der Mitte ihrer Länge, kräftig wachsender noch grade gestreckter Ranken mehrerer Arten (*Cucurbita Pepo*, *Melothria scabra*, *Passiflora gracilis*, *Momordica Charantia*). Demzufolge machten sie nicht nur in ihrer ganzen Länge die erwähnte Erschütterungskrümmung, sondern fingen allmählig an sich von ihrer Spitze ab spiralig einzurollen, wobei die Oberseite zur convexen Seite wurde. In einer halben bis einer ganzen Stunde erreichten sie das Maximum dieser Krümmung (bei *Passiflora* und *Melothria* etwa zwei Windungen), behielten diese Windungen dann einige Zeit hindurch und streckten sich später wieder grade. Schlug ich auf dieselbe Weise auf die Mitte der Oberseite, so beobachtete ich die nämliche Erscheinung, nur in geringerem Grade. Auch hier wurde die Oberseite zur convexen Seite der Spirale.

In einigen Fällen beschränkt sich die Wirkung des Reizes auf die direct berührte Stelle; indem diese sich krümmt, wird ein angrenzender Querschnitt mit der Stütze in Berührung gebracht, und so windet sich die Ranke allmählig an der Stütze weiter, während die nicht berührten Theile der Ranke ganz grade bleiben. In den gewöhnlichen Fällen windet sich die Ranke auf diese Weise nur von dem Berührungspunkte bis zur Spitze, nicht aber nach der Basis hin, einfach weil diese und die Stütze befestigt sind. Ist die Stütze beweglich, so windet die Ranke sich auch von dem Berührungspunkte abwärts um die Stütze. Ich brachte Ranken von Kürbissen in Berührung mit Hohlcyllindern aus dünnem Papier gemacht, deren äusserer Durchmesser etwa 6 Mm. betrug. Die Papierrollen waren

1) Vergl. SACHS, Lehrbuch der Botanik 3. Aufl. S. 693.

über Glasstäbe geschoben, und nachdem die Ranken eine oder mehrere Windungen auf der Rolle gemacht hatten, wurde der Glasstab entfernt, wobei die Rolle an der Ranke hangen blieb. Vorher wurde mit Tusche die Stelle auf der Ranke bezeichnet, mit der sie mit dem Papier in Berührung kam. Jetzt krümmten sich die Ranken von diesem Berührungspunkte abwärts, nach ihrer Basis hin, und bildeten noch einige weitere Windungen auf der Papierrolle. Wenn letztere bei diesen Versuchen nicht zu schwer ist, besitzen später alle Windungen, auch die der Rolle nicht anschliessenden dieselbe Richtung; ist die Rolle aber schwerer, so tritt eine Aenderung der Richtung der Spirale aus demselben Grunde ein, aus welchem diese bei Ranken auftritt, welche eine Stütze umschlungen haben und sich nachher spiralg aufrollen. Wenn Ranken sich um einen, durch ein kleines Gewicht vertikalgespannten Faden schlingen, beobachtet man das nämliche: Erst bildet die Ranke von dem Punkte, wo sie den Faden berührt, aufwärts gegen ihre Spitze Windungen um den Faden herum, dann aber auch einige abwärts gegen ihre Basis, wodurch der Faden gegen die Pflanze hingezogen wird, und ihr oberer Theil also, anstatt der vertikalen eine schiefe Richtung einnimmt. Ich beobachtete diese schiefe Stellung des Fadens während der den Faden nicht berührende Theil der Ranke noch ganz grade war und die Vermehrung der Windungen nach der Basis hinzu sehr deutlich bei Kürbissen und bei *Passiflora gracilis*. Wenn der Theil der Ranke zwischen dem Faden und der Basis der Ranke sich spiralg einzurollen anfängt, wird der Faden selbstverständlich noch mehr auf die Seite gezogen. Diese einfachen Versuche, zeigen, dass die durch den Reiz entstehenden Krümmungen sich sowohl gegen die Basis der Ranke als gegen ihre Spitze fortpflanzen.

In vielen Fällen, zumal bei älteren Ranken, erstreckt sich die durch den Reiz hervorgerufene Krümmung nicht nur auf den berührten Querschnitt, sondern sogleich auf eine grössere oder geringere Strecke oberhalb und unterhalb dieser Stelle. Die Verschiedenheit des Längenwachsthums der Oberseite und der Unterseite wird also hier auf längeren, nicht berührten Strecken einfach dadurch ausgelöst, dass an einem einzelnen Punkte die Berührung erfolgt. Sehr deutlich beobachtet man dieses, wenn man um Kürbisranken innerhalb der reizbaren Stelle einen dünnen Faden bindet und dadurch einen geringen allseitigen Druck auf die Ranke ausübt. Die Ranke krümmt sich diesem Reize zufolge mit der Unterseite concav und zwar erstreckt sich die gebogene Stelle etwas nach beiden Seiten über den Faden hinaus. Nach einigen Stunden gleicht sich bei günstiger Temperatur diese Krümmung wieder aus. Einen weiteren Beweis für die Verbreitung der Wirkung des Reizes nach beiden Seiten gab mir folgender Versuch. Die Mitte der reizbaren Stelle einer noch geraden Kürbisranke klemmte ich zwischen zwei dünnen und schmalen, etwa 4 Cm. langen Korkplättchen ein, und zwar so, dass das eine Plättchen der Unterseite, das andere der Ober-

seite der Ranke anlag. Mittelst eines Fadens drückte ich beide Plättchen an die Ranke an und hing sie an einem langen Faden auf um durch ihr Gewicht der Ranke nicht zu schaden, aber ohne dadurch die Beweglichkeit dieser wesentlich zu beeinträchtigen. Zwischen den Korkplatten konnte sich die Ranke selbstverständlich nicht krümmen, aber auf den beiden Seiten der gepressten Stelle entstand in einigen Stunden eine Krümmung, welche sich auf 5 resp. 4 Mm. erstreckte und deren Concavität den Kork nicht berührte. Die Krümmung bildete auf der Spitzenseite einen halben Kreisbogen, auf der anderen Seite etwas mehr als ein Viertel eines Kreises. Später verstärkten sich diese Krümmungen zumal auf der Seite der Spitze, wodurch sich die Ranke den Korkplatten anlegte und sich um diese weiter herumschlang. Eine allgemeine und leicht zu beobachtende Thatsache ist es weiter, dass Ranken, deren reizbare Stelle mit einer sehr dünnen Stütze in Berührung kommt, um diese herum eine oder mehrere Windungen machen, ohne sich ihr fest anzulegen, während diese Windungen erst später sich verengern und also der Stütze auf allen Seiten anschliessen. Auch sieht man in solchen Fällen den jüngeren Theil der Ranke von dem gereizten Punkte gegen die Spitze hin sich in einem weiten Bogen krümmen, während die Spitze selbst noch grade bleibt. Eine andere, hierher gehörige Erscheinung ist es, dass die Spitzen solcher Ranken, welche eine sehr dicke Stütze umschlungen haben, oft neben der Stütze einige engere Windungen machen. Auch diese Windungen schreiten von der gereizten Stelle gegen die Spitze hin, und sind also als eine Reizerscheinung zu betrachten, da bekanntlich die ohne Reiz, am Ende des Wachstums entstehenden Windungen immer an der Spitze selbst anfangen. Auch die Thatsache, dass kurze Zeit nachdem die Spitze einer Ranke eine Stütze umschlungen hat, das spiralige Einrollen in den älteren Theilen der Ranken, von dem gereizten Punkte abwärts erscheint, während er ohne die Reizung noch in längerer Zeit nicht würde stattgefunden haben, kann als Folge einer Verbreitung der Wirkung des Reizes betrachtet werden. Dass hierbei die Richtung der Spirale nicht auf der ganzen Länge der Ranke die nämliche ist, wie bei den sich freiwillig einrollenden Ranken, sondern an einer oder mehreren Stellen abwechselt, wurde schon von MOHL beobachtet und als eine geometrische Nothwendigkeit betrachtet (MOHL, l. c. S. 79), später aber von DARWIN (l. c. S. 96) der diese Stelle in MOHL's Abhandlung nicht gelesen zu haben scheint, ausführlicher erklärt und an Beispielen als mechanisch nothwendig erläutert.

DARWIN hat (l. c. S. 100) durch hübsche Versuche gezeigt, dass Ranken, welche durch eine unbedeutende und kurzdauernde Reizung eine Krümmung an der gereizten Stelle gemacht haben, später nachdem der Reiz zu wirken aufgehört hat, die Krümmung ausgleichen und sich wieder grade strecken. Ich wiederholte seine Versuche mit verschiedenen Arten von Rankenpflanzen und fand im Allgemeinen seine Angabe bestätigt. In

einzelnen Fällen aber erhielt ich ein abweichendes Resultat: Eine Ranke von *Cucurbita Pepo* wand sich in einer Windung um eine dünne Stütze, die die Stütze nicht berührenden Theile blieben grade. Als nun die Stütze vorsichtig entfernt wurde, wand sich die Ranke von der gekrümmten Stelle aus nach beiden Seiten hin, so dass nach zwei Stunden an dieser Stelle zwei ganze Windungen waren, während die übrigen Theile der Ranken noch immer grade geblieben waren. Nachher wurde die Krümmung wieder geringer und streckte sich die Ranke bis auf $\frac{1}{4}$ Windung wieder grade. An einer anderen Kürbisranke machte ich die nämliche Beobachtung. Eine Ranke von *Cucumis Dipsacus* hatte sich in Berührung mit einer Stütze scharf in $\frac{1}{4}$ Windung gekrümmt, so dass ihr oberer und ihr unterer Theil einen rechten Winkel mit einander bildeten. Als nun die Stütze entfernt wurde, krümmte sich die Ranke an der vorher gereizten Stelle in einer engen Windung, streckte sich aber später wieder grade. Diese Beobachtungen zeigen, dass die Wirkung des Reizes fort dauern kann, nachdem der reizende Körper selbst entfernt wurde. Hatte die Berührung länger gedauert, so beobachtete ich öfters, dass die Krümmung nachher sich von der gereizten Stelle aus fortsetzte, ohne sich später wieder auszugleichen. Ranken von *Passiflora gracilis* und *Cyclanthera edulis*, welche um eine dünne Stütze 1—3 Windungen gemacht hatten, wanden sich, nachdem die Stütze entfernt worden war, von der gekrümmten Stelle in einen unregelmässigen Knäuel zusammen (während die sich freiwillig einrollenden Ranken meist eine sehr regelmässige Schraubenlinie bilden).

Die Ranken können sich um Stützen sehr verschiedener Dicke winden. Die Ranken der meisten Pflanzen können sich um die dünnsten Fäden winden; für die dickeren Ranken, z. B. für die des Weins scheint es eine Grenze in der Dicke der Stützen zu geben, unterhalb welcher sie sich ihnen nicht mehr in einer ganzen Windung anschmiegen können¹⁾.

An hinreichend dünne Stützen legen sich die Ranken in regelmässigen Schraubenwindungen an, welche meist dicht nebeneinander, oft sogar theilweise über einander liegen. Um dickere Stützen hingegen bildet die Ranke eine wellig an der Oberfläche hin- und hergebogene Schraubenlinie. Kurze Zeit, nachdem sich die Windungen um die Stütze gebildet haben, üben sie auf diese (vielleicht mit Ausnahme ganz dünner Fäden und Drähte) einen Druck aus, indem die Ranken sich stärker zu krümmen suchen; es erscheint dabei die Stütze als zu dick für die der eigentlichen Wachsthumsdifferenz der beiden Seiten entsprechenden Krümmungen. Die Existenz dieser den Druck verursachenden Neigung zu stärkerer Krümmung ist leicht darzuthun: Man bezeichnet mit Tusche auf eine Ranke kurze Zeit nachdem sie eine Stütze umschlungen hat, die Stelle, wo sie mit dieser in Berührung kommt und wo sie diese verlässt, und bestimmt die Zahl der

1) Vergl. hierüber Sachs, Lehrbuch der Botanik 3. Aufl. S. 773.

zwischen beiden Marken befindlichen, also der der Stütze anliegenden Windungen. Jetzt schiebt man die Ranke vorsichtig von der Stütze ab. In dem Augenblick, wo die Windungen frei werden, ziehen sie sich zusammen, indem ihr Durchmesser ein geringerer als der der Stütze wird und zugleich ihre Zahl zunimmt. Ich liess z. B. eine Ranke von Cucurbita sich um eine 5 Mm. dicke Stütze winden. In einigen Stunden hatte sie $2\frac{1}{2}$ eng anschliessende Windungen gemacht, welche sich bei dem Abschieben von der Stütze auf 4 Windungen zusammengezogen. Dass die Ranke einen Druck auf die Stütze ausübt, wurde schon von MOHL (l. c. S. 63) bemerkt, der beobachtete, dass Ranken Blätter, welche sie umschlingen zusammendrücken; eine Beobachtung, welche sich sowohl im Freien, als auch künstlich, z. B. an Cylindern aus dünnem Papier, an denen man auf einem Theil ihrer Länge einen Längsstreifen entfernt hat, leicht wiederholen lässt.

Um dickere Stützen bildet die Ranke, wie erwähnt wurde, eine wellig hin- und hergebogene Linie. Indem einzelne kurze Strecken der Ranke sich stärker zu krümmen suchen als dem Durchmesser der Stütze entspricht, heben sie sich von dieser ab, schmiegen sich ihr aber, während die stärkere Krümmung entsteht, seitlich wieder an, wodurch eine gebogene Linie an der Oberfläche der Stütze entsteht. Wird nun eine solche Ranke vorsichtig von ihrer Stütze abgeschoben, so zieht sie sich, wie die um dünnere Stützen gewundene, zu engeren und deshalb vermehrten Windungen zusammen, und die welligen Ausbiegungen bleiben als solche vorhanden und verstärken ihre Krümmung. Dabei sieht man aber nicht selten, dass nach dem Isoliren die Windungen der Spirale nicht alle gleich gerichtet sind, sondern dass ihre Richtung sich an einer oder mehreren Stellen ändert. Zumal beobachtet man dieses, wo die welligen Ausbiegungen sehr stark waren, und hat man diese vor dem Isoliren mit Tusche bezeichnet so liegen nachher diese Tuschestrüche an den Punkten der Ranke, wo die Richtung der Spirale sich ändert. Ein paar Beispiele mögen diese sehr leicht zu wiederholende Beobachtung erläutern: Eine Kürbisranke wand sich in $5\frac{1}{2}$ Windungen um eine 6,0 Mm. dicke Stütze; nach dem Isoliren bildete diese Strecke 8 engere Windungen mit 4 Wendepunkten. An einer Ranke von Momordica Charantia, welche eine Windung um eine 6 Mm. dicke Stütze gebildet hatte und in dieser zwei wellige Ausbiegungen zeigte, wurden die Mitten dieser beiden Stellen mit Tusche bezeichnet und dann die Ranke von der Stütze abgeschoben. Es bildete diese Strecke jetzt ungefähr zwei Windungen mit zwei Wendepunkten, in deren Mitte die Marken lagen.

Aus allem dem Vorhergehenden folgt:

1) Die Beeinflussung der Wachstumsdifferenz der Ober- und Unterseite der Ranken durch Reize ist nicht immer local, sondern kann sich von der gereizten Stelle aus über eine grössere oder geringere Strecke, in gewissen Fällen über die ganze Ranke verbreiten.

2) Die Beeinflussung der Wachsthumdifferenz der Ober- und Unterseite der Ranken durch den Reiz hört nicht immer sogleich mit der Berührung auf, sondern dauert unter bestimmten Umständen noch einige Zeit fort, nachdem der berührende Körper entfernt worden ist.

3) Die Grösse der durch den Reiz ausgelösten Wachsthumdifferenz hängt nicht von der Dicke der Stütze, sondern von inneren Ursachen ab; in den gewöhnlichen Fällen sucht die Ranke sich durch den Reiz stärker zu krümmen als der Dicke der Stütze entspricht und drückt sich ihr dadurch fest an.

Meine Untersuchungen über das absolute Längenwachsthum der Ober- und Unterseite der sich krümmenden Stellen in den Ranken in Vergleich mit dem Wachsthum bei gradem Wuchs beziehen sich direct nur auf die sich um Stützen krümmenden Stellen. Bei diesen schloss ich auf das Wachsthum bei gradem Wuchs aus dem Wachsthum der der gereizten Stelle beiderseits am nächsten liegenden, grade bleibenden Strecken der nämlichen Ranke. Bei der Veränderung der Länge der sich freiwillig einrollenden Ranken und der sich spiralig zusammenziehenden Theile derjenigen Ranken, welche eine Stütze gefasst haben, zwischen dieser Stütze und der Basis der Ranke selbst, wäre nur eine Vergleichung mit dem Wachsthum der nämlichen Theile kurze Zeit vor dem Einrollen möglich. Ich habe diese aber unterlassen, da die einfachen Messungen der Längenveränderung bei diesen Bewegungen im Allgemeinen schon hinreichend deutliche Zahlen liefern, um eine solche Vergleichung völlig überflüssig zu machen.

Für alle Fälle war die Methode der Messungen, der Hauptsache nach, die nämliche, und ich will daher zunächst diese beschreiben.

Ehe die Ranken anfangen sich zu krümmen, oder kurze Zeit bevor sie mit einer Stütze in Berührung gebracht wurden, wurden mit Tusche feine Querlinien auf ihre Oberseite aufgetragen, deren Distanz in der reizbaren Stelle genau 4 Mm., in den anderen Theilen aber genau 4 Cm. betrug. Dann wurde mit der Unterseite der reizbaren Stelle eine Stütze in Berührung gebracht und die Ranke daran mittelst eines sehr dünnen Fadens befestigt, damit sie sich nicht durch Nutation wieder von ihr entferne. Die Ranke wand sich jetzt in einer oder mehreren Windungen um die Stütze. Je nach ihrem Alter blieben dabei die unteren, von der Stütze nicht berührten Theile grade oder fingen auch sie an, sich spiralig einzurollen. Der Theil zwischen der Stütze und der Spitze der Ranke, blieb in vielen Versuchen auch bis zu Ende des Versuchs grade, oder bei längerer Dauer wand er sich von oben herab ganz um die Stütze oder er wand sich in freien Windungen neben der Stütze. Wo es möglich war, wurde der Versuch beendigt, nachdem die Ranke um die Stütze eine oder zwei,

eng an der Stütze anliegende Windungen gemacht hatte, und ehe die nicht berührten Theile noch angefangen hatten sich zu krümmen. In diesen Versuchen wurde die Länge der an den gewundenen Theil grenzenden, grade gebliebenen Strecken direct mit dem Maassstab am Ende des Versuchs bestimmt und so ihr Wachsthum während des Versuchs zum Vergleich mit demjenigen der gewundenen Strecke gefunden.

Für die Berechnung des Wachsthums der schraubig gewundenen Theile wurden ausschliesslich allseitig gleichmässige, der Stütze eng anliegende Windungen benutzt. War aus den vorhandenen Windungen eine solche ausgewählt, so wurde zunächst bestimmt, wie viele der Abtheilungen, welche von Anfang des Versuchs auf der Oberseite der Ranke mit Tusche bezeichnet waren, und welche damals je 4 Mm. Länge hatten, auf der Aussenseite in genau einer Windung lagen. Diese Zahl giebt die Länge der Windung vor Anfang der Krümmung in Millimetern. Um die Länge der Aussenseite und der Innenseite der Windung am Ende des Versuchs bestimmen zu können, wurde die Schraubenwindung als kreisförmig betrachtet, und mittelst einer Micrometerschraube¹⁾ der Diameter des äusseren und des inneren Kreises gemessen. Als Diameter des inneren Kreises ist die Dicke der Stütze zu betrachten, da die Innenseite der Rankenwindung dieser eng anlag. Der äussere Diameter ist der Summe der Stützendicke und der doppelten Dicke der Ranke gleich, und es wurde daher zur Controlle in den meisten Versuchen auch noch die Dicke der Ranke in der Versuchsstelle direct mit der Micrometerschraube gemessen. Bei den freien Windungen konnte der innere Durchmesser nur durch die Differenz des äusseren Durchmessers und der doppelten Rankendicke bestimmt werden. Aus dem Durchmesser wurde dann die Länge des Umkreises durch Multipliciren mit 3,14 bestimmt.

Um auch für die so erhaltenen Zahlen eine Controlle zu gewinnen, wurde eine directe Messung mittelst eines schmalen Papierstreifens vorgenommen, worauf eine Mm.-Eintheilung gedruckt war. Die Messung des äusseren Umkreises fand durch directes Anlegen dieses Streifens an die Windung statt; zur Messung des inneren Umkreises wurde eine feine Rolle aus dem Papierstreifen gemacht, mit der Eintheilung auf der Aussenseite, und die Windung vorsichtig von der Stütze auf diese hinübergeschoben. Lässt man die Rolle frei, so entrollt sie sich durch die Elasticität des Papiers und schliesst der Rankenwindung an; man kann dann auf

1) Die Micrometerschraube erlaubte eine leichte und genaue Ablesung von Hundertel-Mm.; da aber die Gleichmässigkeit der Windung und das Anschliessen der Ranke an die Schraube während der Messung diese Genauigkeit nicht erreicht, wurden nur halbe Zehntel-Mm. berücksichtigt und bei hinreichend gleichmässigen Windungen überschritt der Beobachtungsfehler nie 0,05 Mm., wodurch, wie die Einrichtung der Tabelle zeigt, in den meisten Fällen eine gleiche Genauigkeit in dem auf Mm. berechneten Zuwachs entsteht.

ihrer Aussenseite die Länge des gesuchten Umkreises ablesen. Die directe Messung des äusseren Umkreises liefert bei nicht zu kleinem Radius des Kreises eine hinreichende Genauigkeit. Diejenige des inneren Umkreises kann nur bei Versuchen mit ziemlich dicken Stützen mit Erfolg angewendet werden, unterliegt hier aber der Schwierigkeit, dass, wie oben erwähnt, die Windungen sich beim Isoliren von der Stütze zusammenziehen; die so erhaltenen Zahlen führe ich, obgleich sie in mehreren Fällen eine hinreichende Bestätigung der berechneten lieferten, in den Tabellen nicht auf. Die aus dem Durchmesser des äusseren Umkreises berechneten und die direct beobachteten Zahlen stimmen hinreichend gut mit einander überein; für die Berechnung der Zuwachse benutzte ich immer die erstere Zahl.

Wenn man nach dieser Methode die Länge der Windung vor Anfang des Versuchs, wo der betreffende Theil noch grade, also die Ober- und Unterseite gleich lang waren, die Länge der äusseren und diejenige des inneren Umkreises nach Beendigung des Versuchs gefunden hat, so braucht man selbstverständlich die erstere Zahl nur in die beiden letzteren zu dividiren, um die mittlere Länge einer anfänglichen Mm.-Abtheilung auf der Aussen- und Innenseite am Ende des Versuchs zu erhalten. Zieht man von diesen Zahlen die Anfangslänge = 1 Mm. ab, so erhält man die auf 1 Mm. berechneten, in Mm. ausgedrückten Zuwachse. Die so berechneten Zahlen geben die deutlichste Einsicht in die erhaltenen Resultate, und lassen eine directe Vergleichung mit dem Wachsthum der grade gebliebenen Theile zu.

Da die Unterschiede in den absoluten Längen der Aussen- und Innenseite einer Windung desto grösser sind, je dicker die Ranke ist, und sie sich bei dünnen Ranken einer genauen Messung entziehen, habe ich für diese Versuche ausschliesslich Arten mit dickeren Ranken benutzt.

Ueber die Methode im Allgemeinen habe ich noch hinzuzufügen, dass meist nur eine Windung für die Messungen benutzt wurde; selten waren zwei aufeinander folgende Windungen einander, zumal in der Dicke der Ranke, so ähnlich, dass es erlaubt erschien, Mittelwerthe zu benutzen. Bei den freien Windungen in dem älteren Theil der Ranke ist die Dicke gleichmässiger; hier wurde die Zahl der Windungen bestimmt, die sich auf 1 oder 2 Cm. der ursprünglichen Länge gebildet hatten und daraus die Länge einer Windung vor Anfang des Versuchs berechnet.

Ich will jetzt einen Versuch ausführlich beschreiben, um eine Einsicht in die Einzelheiten der Methode zu gestatten.

Cucurbita Pepo.

28—29. Juli, Dauer 15 Stunden, Temp. 25—30° C.

Eine junge 12 Cm. lange Ranke an einer im Topfe hinter einem Süd-fenster in einem feuchten Raum wachsenden jungen Pflanze, wurde mittelst feiner Querlinien von Tusche auf der Oberseite genau in Cm. eingetheilt. Die

4te und 5te der so erhaltenen Abtheilungen (von der Spitze aus gezählt) wurden in der nämlichen Weise in Mm. eingetheilt. Ein Eisendraht diente als Stütze und wurde der Unterseite der in Mm. eingetheilten Strecke sanft angedrückt und diese daran nicht weiter befestigt. Nach einigen Stunden war eine deutliche Krümmung an der Berührungsstelle eingetreten; am Ende des Versuchs etwa $1\frac{1}{2}$ Windung, genau an die Stütze anschliessend, gebildet; die übrigen Theile der Ranke aber grade geblieben. Die 3te Cm.-Abtheilung von der Spitze ab gezählt, war jetzt 1,2 Cm. lang, die 6te und ebenso die älteren je 1,1 Cm. lang. Von den $1\frac{1}{2}$ Windungen wurden die beiden Enden so abgeschnitten, dass genau eine Windung übrig blieb, deren Länge 4,6 der vor Anfang des Versuchs auf der Oberseite bezeichneten Mm.-Abtheilungen betrug. Die directe Messung ergab ferner für die Dicke der Stütze 1,55 Mm., für die Dicke der Ranke 0,65 Mm., für den Durchmesser des äusseren Umkreises 2,8 Mm. und für die Länge dieses äusseren Umkreises 9,0 Mm.

Die Dicke der Stütze ergibt für die Länge des inneren Umkreises $1,55 \times 3,14 = 4,87$ Mm.

Der Durchmesser des äusseren Umkreises ergibt für die Länge dieses $2,80 \times 3,14 = 8,79$ Mm.

Die Länge einer Mm.-Abtheilung am Ende des Versuchs ist also:

auf der Innenseite $\frac{4,87}{4,6} = 1,05$ Mm.; Zuwachs auf 1 Mm. = 0,05 Mm.
 auf der Aussenseite $\frac{8,79}{4,6} = 1,9$ Mm.; Zuwachs auf 1 Mm. = 0,9 Mm.

Nimmt man für das Wachstum dieser Strecke, wenn sie grade geblieben wäre, das Mittel des Wachstums der Ranke oberhalb und unterhalb dieser Strecke an, so bekommt man 0,15 Cm. auf 1 Cm., oder 0,15 Mm. auf 1 Mm. Es ergibt sich also, dass bei dem Winden die Innenseite absolut langsamer, die Aussenseite aber absolut und zwar bedeutend stärker gewachsen ist, als dieses ohne Krümmung der Fall gewesen sein würde.

Wenn nun auch das Wachstum bei normalem gradem Wuchs nicht genau als das Mittel der beiden dazu benutzten Zahlen angenommen werden darf, so kann dieses doch niemals geringer angenommen werden als 0,1 Mm. auf jeden Mm., andererseits auch das Wachstum der höheren Theile nicht so stark übersteigen, dass es den gezogenen Schluss beeinträchtigen könnte.

Die folgende Tabelle enthält die in dieser Weise für eine grössere Anzahl von Ranken von Cucurbita Pepo gewonnenen Zahlen, die zweite die Resultate derselben Versuche mit anderen Arten. Aus dem Vorhergehenden

wird die Bedeutung der einzelnen Columnen leicht verständlich sein. Die Ranken waren meist solche in Töpfen gezogener Pflanzen; theilweise aber benutzte ich Ranken an abgeschnittenen Sprossgipfeln von im Freien gewachsenen Pflanzen. Beim Abschneiden dieser Sprossgipfel wurde die aus meiner vorhergehenden Arbeit sich ergebende Regel befolgt: ich stellte neben der Pflanze ein Gefäß mit Wasser, tauchte die Schnittfläche sogleich nach dem Abschneiden unter und schnitt dann unter Wasser eine etwa 5 Cm. lange Strecke ab. Die Dauer der Versuche betrug $\frac{1}{2}$ bis 2 Tage; die Temperatur war zwischen 25° und 30° C. Die Versuche wurden grossentheils in Doppelfenster angestellt, wo die Luft sehr feucht gehalten wurde. Als Stütze dienten Glasröhren oder Eisendrähte.

Tabelle I.

Längenwachstum der Ranken von Cucurbita Pepo bei den durch Reiz hervorgerufenen Krümmungen.

Ranken.	Länge der Ranke in Cm.	In Mm. ausgedrückte:						Zahl der Mm.-Abtheil. auf 1. Windung.	Berechnete Zuwachse in Mm.; auf 1 Mm. der		Beob. Zuwachse in Cm.; auf 1 Cm. der	
		Durchmess.		Beobachtete Dichte der Ranke.	Berechnete Länge des		Beob. Länge des Auss. Umkreises.		Innens.	Aussens.	oberh.	unterh.
		der Stütze.	des Auss. Umkreises.		inn.	auss.						
Nr. I ¹⁾	12	1.55	2.8	0.65	4.87	8.79	9.0	4.6	0.05	0.9	0.2	0.4
» II	—	1.2	2.6	—	3.77	8.16	—	3.4	0.1	1.4	0.25	0.15
» III	14	3.7	5.2	—	11.62	16.38	—	10.5	0.1	0.55	0.3	0.15
» IV	13	2.35	3.7	0.65	7.38	11.62	11.5	7.0	0.05	0.65	0.25	0.05
» V	—	3.3	—	0.9	10.36	16.04	—	9.0	0.15	0.8	—	—
» VI	10	1.55	2.65	0.55	4.87	8.32	8.6	4.2	0.15	1.0	—	—
» VII	11	3.3	4.65	0.65	10.36	14.60	14.5	9.4	0.1	0.55	—	0.2
» VIII	13	2.35	3.65	0.65	7.38	11.46	12.0	7.1	0.05	0.6	0.4	—
» IX	12	3.10	4.7	—	9.72	14.76	14.3	9.5	0.0	0.55	0.4	0.05
» X	14	0.9	2.2	—	2.83	6.91	7.0	2.8	0.0	1.45	0.2	—
» XI	10	1.2	2.3	0.55	3.77	7.22	—	3.8	0.0	0.9	—	0.15
» XII	—	3.9	5.7	—	12.25	17.90	—	12.0	0.0	0.5	—	—
» XIII	17	1.2	2.4	0.6	3.77	7.54	—	3.9	—0.05	0.95	0.1	0.05
» XIV	14	1.2	2.3	—	3.77	7.22	7.2	3.9	—0.05	0.85	0.1	0.05
» XV	—	3.3	—	1.0	10.36	16.64	—	11.0	—0.05	1.5	—	—
» XVI	10	1.55	2.9	0.7	4.87	9.11	9.0	5.0	—0.05	0.8	—	—
» XVII	—	4.8	—	1.0	15.07	21.35	—	17.0	—0.1	0.25	—	—
» XVIII	—	3.5	5.0	—	10.99	15.70	—	12.0	—0.1	0.3	—	—
» XIX	—	3.7	6.0	—	11.62	18.84	—	12.0	—0.1	0.45	—	—
» XX	—	3.7	5.3	—	11.62	16.64	—	14.0	—0.15	0.2	—	—
» XXI	—	0.9	2.2	—	2.83	6.91	—	3.6	—0.2	0.9	—	0.05
» XXII	—	1.2	2.8	—	3.77	8.79	—	5.0	—0.25	0.75	0.1	0.1
» XXIII	18	1.2	2.3	—	3.77	7.22	7.0	5.0	—0.25	0.45	—	—

1) Die Zahlen des oben ausführlicher mitgetheilten Versuches.

Tabelle II.

Längenwachstum der Ranken bei den durch den Reiz hervorgerufenen Krümmungen.

Arten.	Länge der Ranke in Cm.	In Mm. ausgedrückte :							Berechnete Zuwachse in Mm.; auf 1 Mm. der		Beob. Zuwachse in Cm.; auf 1 Cm. der	
		Durchmess.		Beobachtete Dichte der Ranke.	Berechnete Länge des		Beob. Länge des äuss. Umkreises.	Zahl der Mm.-Abtheil. auf 1. Windung.	Innens.	Aussens.	oberh.	unterh.
		der Stütze.	des äuss. Umkreises.		inn.	auss.						
Sicyos Boderoa	18	0.95	4.95	0.5	2.98	6.12	—	3.4	—0.4	0.8	0.15	0.05
Nr. II	—	0.9	4.8	—	2.88	5.65	—	3.4	—0.15	0.7	0.4	0.05
» III	12	0.95	1.9	0.5	2.98	5.97	—	3.4	—0.4	0.75	0.0	0.0
» IV	12	0.95	2.0	0.55	2.98	6.28	—	3.3	—0.1	0.9	0.05	0.05
Bryonia alba	16	0.95	2.1	0.6	2.98	6.59	—	3.6	—0.15	0.85	0.15	0.05
Microsechium ruder.	10	0.9	1.75	0.45	2.83	5.50	—	3.4	—0.1	0.75	0.05	0.4
Nr. II	17	0.95	2.0	0.55	2.98	6.28	—	3.8	—0.2	0.65	0.05	—
» III	20	0.95	1.8	0.45	2.98	5.65	—	4.0	—0.25	0.4	0.0	0.0
Cyclanthera edulis	11	0.9	1.9	—	2.83	5.97	—	2.9	0.0	1.05	0.5	0.4
Nr. II	24	1.2	2.2	0.5	3.77	6.91	7.0	3.1	0.2	4.1	—	—
» III	14	1.55	2.4	0.45	4.87	7.54	7.5	4.5	0.1	0.65	0.3	0.4
» IV	14	1.55	2.4	0.4	4.87	7.54	8.0	5.0	—0.05	0.5	0.2	0.4
» V	—	1.2	2.4	—	3.77	7.54	—	5.0	—0.25	0.5	0.4	0.4
Passiflora alata	21	1.65	2.95	0.65	5.18	9.26	—	5.4	0.0	0.8	0.2	0.2
Passifl. cinnabarina	18	0.95	2.3	0.65	2.98	7.22	—	2.6	0.15	1.8	0.3	0.2
Nr. II	16	—	2.45	0.6	3.93	7.69	—	3.9	0.0	0.95	—	—
» III	18	—	2.3	0.65	3.14	7.22	—	3.6	—0.15	1.0	—	—
Disemma Mülleriana	16	0.95	2.2	0.6	2.98	6.91	—	3.3	0.0	1.3	—	—
Nr. II	22	1.25	2.55	0.65	3.93	8.04	—	4.4	—0.1	0.8	—	—

Aus diesen beiden Tafeln geht hervor :

1) Bei den durch Berührung mit einer Stütze an der Berührungsstelle hervorgerufenen Krümmungen der Ranken wächst die Oberseite immer stärker und zwar meist bedeutend stärker als die Oberseite der der gekrümmten Stelle zunächst liegenden grade bleibenden Theile.

2) Bei diesen Krümmungen wächst die Unterseite entweder weniger als die Unterseite der der gekrümmten Stelle zunächst liegenden grade bleibenden Theile, oder sie wächst während der Krümmung gar nicht, oder sie wird sogar kürzer.

Welche von diesen drei Möglichkeiten in jedem einzelnen Falle auftritt, hängt von der Frage ab, ob das Wachstum bei normalcm gradem Wuchs stärker oder schwächer gewesen sein würde, wie sich leicht aus der ersten Tabelle ergibt.

Das Wachstum der Ranken hört in den um eine Stütze gekrümmten Stellen nicht sogleich nach der Vollendung der Krümmung auf, wenigstens nicht in allen Fällen. Man überzeugt sich hiervon sehr leicht durch folgenden Versuch. Kurz nachdem eine Ranke einige eng anschliessende Windungen um die Stütze gemacht hat, zieht man mit Tusche eine feine, der Achse der Stütze parallele Linie über diese Windungen. Nach einiger Zeit beobachtet man, dass die auf den einzelnen Windungen befindlichen Theile dieser Linie gegen einander verschoben sind, und zwar in einer Richtung, welche einer Verlängerung der einzelnen Windungstheile entspricht. Bei

einem solchen Versuch zeigte mir eine um eine 6 Mm. dicke Stütze in zwei Windungen gewundene Ranke von Cucurbita Pepo, innerhalb 6 Stunden einen Zuwachs von 1 Mm. in jeder Windung; eine Ranke von Momerica Charantia in einer, um eine gleich dicke Stütze gemachte Windung einen Zuwachs von 2 Mm. innerhalb 24 Stunden.

Bei denjenigen Schraubenwindungen, welche nicht an der berührten Stelle um die Stütze herum gebildet werden, sondern entweder zwischen der Stütze und der Basis der Ranke, oder, wenn die Ranke keine Stütze gefasst hat, von der Spitze abwärts über ihre ganze Länge oder einen grossen Theil ihrer Länge entstehen, ist eine Vergleichung des Wachstums der Innen- und Aussenseite mit dem normalen graden Wuchs, wie oben auseinandergesetzt wurde, nicht möglich. Die Angaben des Wachstums von grade bleibenden Theilen fehlt daher in der folgenden Tabelle; auch ist der Durchmesser des inneren Umkreises nicht direct gemessen worden, sondern aus demjenigen des äusseren Umkreises und der Dicke der Ranke bestimmt. Wie schon erwähnt, ist die Länge einer Windung vor dem Versuch berechnet aus der Zahl der Windungen auf einer Cm.-Abtheilung. Im Uebrigen ist die Tabelle in gleicher Weise wie die beiden Vorhergehenden eingerichtet. Auch die Bedingungen der Versuche waren die nämlichen wie in der vorigen Versuchsreihe. Die Versuchsdauer war meist 1—2 Tage.

Tabelle III.

Längenwachstum der Ober- und Unterseite von Ranken und Rankentheilen, welche sich ohne Berührung mit einer Stütze krümmen.

Arten.	Länge der Ranke in Cm.	In Mm. ausgedrückte:										
		Dicke der Ranke.		Durchmess. des inn. Umkreises.		Berechnete Länge des inn. Umkreises.		Beob. Länge des äuss. Umkreises.	Anzahl gleichmässiger Wind. auf 1 Cm.	Daraus berechnete Länge einer Wind. vor Anfang des Versuchs.	Berechnete Zuwächse in Mm.; auf 1 Mm. der	
		ber.	beob.	inn.	äuss.	inn.	äuss.				Innena.	Aussena.
I. Freie Windungen des unteren Theils, nachdem die Spitze sich um eine Stütze geschlungen hat.												
Cucurbita Pepo	—	0.7	3.6	5.0	11.30	15.70	—	1.13	8.8	—	0.3	0.8
Nr. II	41	0.5	4.5	2.5	4.74	7.85	8.0	4.8	5.6	—	-0.15	0.4
» III	10	0.7	4.85	3.25	5.84	10.34	—	4.5	6.7	—	-0.15	0.5
» IV	44	0.8	4.8	3.4	5.65	10.68	—	4.5	6.7	—	-0.15	0.6
» V	43	0.7	4.4	2.8	4.40	8.79	—	4.75	5.7	—	-0.25	0.55
» VI	—	0.8	4.4	3.0	4.40	9.42	—	4.7	6.0	—	-0.25	0.55
Microsech. ruderalis	20	0.4	4.4	2.2	4.40	6.94	—	2.13	4.7	—	-0.05	0.5
Nr. II	17	0.55	4.0	2.4	3.44	6.59	—	2.25	4.4	—	-0.35	0.5
Passifl. cinnabarina	18	0.6	4.4	2.3	3.45	7.22	—	2.8	3.6	—	-0.05	1.0
Nr. II	16	0.55	4.25	2.25	3.98	7.88	8.0	2.8	4.3	—	-0.4	0.7
Cyclanthera edulis	18	0.7	4.8	3.2	5.65	10.05	—	2.2	4.5	—	0.25	1.25
Disemma Mülleriana	16	0.55	4.35	2.45	4.24	7.69	—	2.2	4.5	—	-0.05	0.7
II. Freie Windungen von Ranken, welche keine Stütze umfasst haben.												
Cucurbita Pepo	—	0.6	2.4	3.6	7.54	11.30	—	1.13	8.8	—	-0.15	0.3
Cylanthera edulis	24	0.45	4.3	2.2	4.08	6.94	—	—	3.9 ¹⁾	—	0.05	0.8
Passiflora Imperatrix	14	0.95	4.6	3.5	5.02	10.99	11.6	—	0.65 ¹⁾	—	-0.25	0.7

1) Direct beobachtet mittelst vorher gemachter Mm.-Eintheilung.

Diese Zahlen zeigen :

1) Dass das Längenwachstum der Oberseite bei den sich schraubenartig einrollenden Ranken bedeutend stärker ist, als das Wachstum der nämlichen grade bleibenden Strecken in gleicher Zeit, kurz vor oder am Ende des Längenwachstums der Ranken (vor dem Rückwärtseinrollen) auch unter den günstigsten Umständen sein kann.

2) Dass bei diesen Krümmungen in weitaus den meisten Fällen eine Verkürzung der concaven Seite eintritt.

Die Vergleichung mit den Resultaten der beiden vorigen Tafeln führt zu dem Anfangs ausgesprochenen allgemeinen Satze:

Bei den Krümmungen der Ranken wird das Wachstum auf der convexen Seite beschleunigt, dasjenige der concaven Seite aber vermindert, oder auf 0 reducirt. Bei geringem Totalwachstum der Ranke tritt sogar eine Verkürzung der concaven Seite ein.