©Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

doch sind einzelne derselben, wenn auch mitunter zu voreilig, angefochten worden.

Hoffen wir, dass Vukotinović's Thätigkeit noch lange anhalten wird.

Wien, 1. December 1878.

Josef Armin Knapp.

Beiträge zur näheren Kenntniss der Nutation.

Von **Martin Wyplel.**

Einleitung.

Bekanntlich zeigen Keimlinge dikotyler Pflanzen am oberen Ende des hypo-, beziehungsweise epikotylen Stengelgliedes und mitunter auch der höheren Internodien, hart unter der Vegetationsspitze eine Krümmung, welche jedoch nur vorübergehend ist und beim weiteren Wachsthum des betreffenden Stengelgliedes wieder ausgeglichen wird. Derartige durch ungleichmässiges Wachsthum zweier einander entgegengesetzter Seiten des Stengelgliedes entstandene Krümmungen werden, wenn sie von äusseren Einflüssen — Licht, Schwerkraft, Feuchtigkeit u. s. w. — unabhängig, bloss inneren Ursachen ihre Entstehung verdanken, nach dem Vorgange von Sachs allgemein als spontane Nutationen bezeichnet. Gewöhnlich wird angenommen, dass die Ebene der Nutationskrümmung, wo dieselbe in ihrer Reinheit, also nicht beeinflusst von äusseren Agentien auftritt, in Bezug auf die Berührungsebene der Kotylen (Medianebene des Keimlings [1]) bestimmt orientirt ist, so zwar, dass die Nutationsebene fast immer mit der letzteren zusammenfällt; es wird diess selbst als ein Kriterium für die Spontaneität der Nutation hingestellt. Dagegen ist die Grösse der Nutationskrümmung nicht bei allen Pflanzen gleich, sondern selbst individuell verschieden; bei *Phaseolus*, *Soja* und vielen Anderen geht die Nutation gewöhnlich nur bis annähernd 180° [2]), die Knospe nickt dann vollkommen, ist also nach abwärts

[1]) Ich will im Folgenden den von Dr. G. Haberlandt (die Schutzeinrichtungen in der Entwicklung der Keimpflanze. Eine biologische Studie. Wien, Gerold 1877, p. 69 ff.) für die Berührungsebene der Kotylen gebrauchten Ausdruck „Medianebene des Keimlings" der Kürze halber beibehalten, obwohl sich gegen die Richtigkeit desselben manches einwenden lässt, da es einerseits (bisymmetrisch gebaute) Keimlinge gibt, bei denen noch eine zweite, auf der Berührungsebene der Kotylen senkrechte Mediane existirt (*Helianthus* u. s. f.), andererseits nicht immer die wahre Mediane (Symmetrieebene) mit der Berührungsebene der Kotylen zusammenfällt.

[2]) Unter „Nutationswinkel" pflegt man die Ablenkung der nutirenden Axe von der Verticalen zu verstehen, welcher Winkel dem Bogen entspricht, den die Spitze der nutirenden Knospe von ihrer ursprünglichen verticalen Richtung aus bei Vollziehung der Krümmung beschreibt.

©Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

gerichtet; bei *Helianthus*, *Vicia* u. A. dagegen wird dieses Stadium oft weit überschritten, der Nutationswinkel erreicht da eine Grösse von 360° und darüber, das nutirende Ende des betreffenden Stengelgliedes bildet eine vollkommene Schlinge.

Nachdem die Krümmung eine bestimmte, von Pflanze zu Pflanze verschiedene Grösse erreicht hat, beginnt ein Ausgleichen derselben; während sie durch das raschere Längenwachsthum der convexen Seite des Stengelgliedes zu Stande kam, findet bei ihrer Auflösung das Gegentheil statt: durch rascheres Wachsthum an der concaven Seite des Stengelgliedes wird in allen Fällen eine der ersteren entgegengesetzte Krümmung eingeleitet, welche so lange anhält, bis das Stengelglied seine ursprüngliche gerade Richtung wieder erlangt hat. Die Ansicht Nobbe's [1]), nach welcher die Ausgleichung der Krümmung in vielen Fällen „durch Herstellung einer Schlinge bewerkstelligt werde, welche die Spitze wieder nach oben richtet," kann, wie auch G. Haberlandt [2]) bemerkt, durch directe Beobachtung widerlegt werden, da immer ein Aufrollen derselben stattfindet, die Vegetationsspitze also denselben Bogen, den sie beim Zustandekommen der Nutation durchlaufen, jedoch in entgegengesetzter Richtung zurücklegt. Nobbe denkt sich übrigens die Nutation sowohl des epi- als hypokotylen Stengelgliedes durch den Widerstand der Samenhülle, also zufolge äusserer Einflüsse entstanden; denn er fasst sie auf als „das Resultat von Dehnungen der Achse, während die Spitze, resp. die Kotyledonen von der Samenhülle noch festgehalten werden." Wir wissen aber, dass zwar der weitere Verlauf der Nutation durch Licht, Schwerkraft, Temperatur, Hindernisse im Boden u. s. f. vielfach beeinflusst wird, ihre Entstehung jedoch von solchen unabhängig ist und dieselbe gerade bei Beseitigung dieser Einflüsse in ihrer Reinheit sich darbietet.

Bei vielen Pflanzen findet sich jedoch eine Nutation sowohl des hypo- als epikotylen Stengelgliedes schon in Samen angedeutet; es sind diess Pflanzen, deren Embryo im Samen mehr oder weniger gekrümmt ist *(Phaseolus, Vicia, Mirabilis)*. Diese Krümmung ist nach G. Haberlandt [3]) fast immer nur der Beginn der bei der Entwicklung des Keimpflänzchens nachfolgenden eigentlichen Nutationskrümmung, da letztere als „Fortsetzung der schon im Samen vorhanden gewesenen Krümmung" erscheint.

Indessen ist die im Vorhergehenden besprochene nicht die einzige an Keimlingen zu beobachtende spontane Nutationskrümmung. Betrachtet man Keimlinge von *Phaseolus*, so sieht man ausser der einfachen Krümmung unter der Vegetationsspitze gleichsam als Fortsetzung derselben im entgegengesetzten Sinne eine zweite, welche zwar nie die Grösse der einfachen Nutationskrümmung erreicht, trotzdem aber fast immer deutlich zu sehen ist. Bezeichnet man die

---

[1]) Nobbe, Handbuch der Samenkunde. 1876, pag. 220.
[2]) l. c. pag. 72.
[3]) l. c. pag. 69.

©Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Seite des nutirenden Stengelgliedes, nach welcher sich die Vegetationsspitze bei der einfachen Nutation krümmt, und welche bei *Phaseolus* auch die Kotyledonen vor sich hat, als die Vorder-, die dieser entgegengesetzte als die Hinterseite des betreffenden Stengelgliedes, so erscheint die convexe Seite der unteren Krümmung an der Vorderseite. Auch Sachs erwähnt diese Krümmung[1]), welche zusammen mit der der einfachen Nutation ein *S* bilde und bei *Phaseolus*, *Vicia Faba*, *Polygonum Fagopyrum* und Cruciferen auftrete; ebenso sah H. Müller eine convexe Krümmung am epikotylen Stengelgliede von *Phaseolus multiflorus*. In eingehender Weise aber hat dieselbe in neuester Zeit Professor Wiesner[2]) untersucht und unter dem Namen „undulirende Nutation" beschrieben. Dieselbe entsteht durch das stärkere Wachsthum der Hinterseite im oberen, und der Vorderseite im unteren Theile des nutirenden Stengelgliedes; es verhalten sich also diese beiden Theile des Internodiums bezüglich des Längenwachsthums der Vorder- und Hinterseite entgegengesetzt, und zwischen denselben liegt eine indifferente Zone, in welcher Vorder- und Hinterseite ein gleiches Wachsthum zeigen, und welche mit dem Längenwachsthum des Stengelgliedes emporsteigt. — In dieser Form tritt die Nutation bei vielen Dikotylenkeimlingen (*Phaseolus*, *Helianthus* etc.) auf; dagegen sieht man die Stengel von *Pisum*, *Ervum* und *Vicia*, wenn sie im Dunkeln wachsen, wellenförmig hin- und hergekrümmt, was darin seinen Grund hat, dass innerhalb eines jeden Internodiums mehrere Indifferenzzonen, also auch mehrere Krümmungsbogen auftreten, welche sich in den nächsten Internodien fortsetzen.

Im Vorhergehenden wurde bereits bemerkt, dass die Nutation in einer bestimmten Ebene, in der Mediane des Keimlings sich vollziehe, was auch selbstverständlich von der undulirenden Nutation gilt.

Dem gegenüber fand G. Haberlandt bei Keimlingen von *Helianthus annuus* eine vollständige Unabhängigkeit der Nutationsebene von der Mediane des Keimlings, und glaubte auf Grund seiner diessbezüglichen Untersuchungen schliessen zu dürfen, dass die Nutation des hypokotylen Stengelgliedes von *Helianthus* nicht spontan, sondern durch die Last der Kotylen und des Perikarps veranlasst sei[3]). Der Verfasser nimmt zwar die Existenz einer solchen Nutation, welche nicht in der Mediane des Keimlings erfolgt und doch spontan ist, als möglich an[4]), stellt dieselbe aber bezüglich der *Helianthus*-Keimlinge entschieden in Abrede, und vergleicht die Nutation der letzteren in ihrem Anfangsstadium mit dem Nicken der Blüthenknospen- und Blüthenstiele von *Papaver dubium*, *Geum*

---

[1]) Lehrbuch d. Botanik, 4. Aufl. pag. 829.

[2]) Die undulirende Nutation der Internodien. Sitzungsb. d. k. Acad. d. Wiss., Wien 1878. LXXVII. 1.

[3]) l. c. p. 72 und 73.

[4]) l. c. p. 77.

©Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

rivale, *Anemone pratensis* etc., sie durch die unzureichende Gewebespannung der Stiele im Vereine mit der Last der Kotylen und des Perikarps erklärend.

Die diessbezüglichen drei Beobachtungen des Verfassers nebst den daraus gefolgerten Resultaten gaben Veranlassung zu den von mir, auf Anregung des Herrn Professors Dr. Julius Wiesner, ausgeführten und später genau zu beschreibenden Experimenten. Da dieselben theilweise von den von G. Haberlandt gewonnenen abweichende Resultate ergaben, so wiederhole ich hier kurz die drei genannten Beobachtungen des Verfassers.

1. Zwei vollkommen gerade Keimlinge von *Hel. annuus* wurden unter einem Glascylinder in dunstgesättigtem Raume in horizontaler Stellung derart befestigt, dass die Mediane des einen eine verticale, die des anderen eine horizontale Lage hatte. Nach 24stündigem Wachsthum im Dunkeln zeigte jeder der beiden Keimlinge zwei Krümmungen, von denen die eine nach oben convexe an der Stelle der gewöhnlichen Nutationskrümmung, die andere nach oben concave vor der Wurzel war, so dass beide ein liegendes ∾ bildeten. „Beide Krümmungen erfolgten in ein und derselben Verticalen.“
2. Ein drei Tage alter, vollkommen gerader Keimling mit einem hypokot. Stengelgl. von 12^{mm} Länge wurde in dunstgesättigtem Raume durch feine Messingnadeln derart befestigt, dass die Keimaxe vertical nach abwärts gerichtet war. „Nach 24 Stunden zeigte sich noch keinerlei Krümmung.“
3. Von zwei gleich alten Keimlingen mit einer Nutationskrümmung von je 90° wurde der eine *(A)* durch Entfernung des Perikarps theilweise entlastet, das Gewicht des anderen *(B)* dagegen durch Hinzufügen einer feinen Messingnadel mit Siegellackköpfchen (Gew. 0·3 Gr.) vergrössert. Nach 3 Stunden zeigte *A* keinen, *B* dagegen einen Nutationszuwachs von 30°.

Aus diesen drei Versuchen abstrahirt nun der Verf. Folgendes [1]: „Nicht alle an Keimpflanzen zu beobachtenden Nutationserscheinungen gehören in die Kategorie der spontanen Nutationen. Bei *Helianthus* ist es die Last der Kotylen und des Perikarps, welche eine Abwärtskrümmung des Stengels herbeiführt. — Wir haben hier den Uebergang zu einer eigenthümlichen spontanen Nutation vor uns. Das Zustandekommen und die ersten Stadien der Nutationserscheinung sind unmittelbar von einem äusseren Einflusse, der Schwerkraft, abhängig; das letzte Stadium dagegen bloss mittelbar durch die Nachwirkung des Krümmungsreizes. Je früher sich diese letztere geltend macht, desto mehr wird die Nutation einer spontanen ähnlich werden. Durch Vererbung könnte es dann schliesslich zu einer vollkommen spontanen Nutation kommen.“

Der erste angeführte Versuch spricht allerdings insofern für die Ansicht des Verfassers, als die Krümmungen beider Keimlinge

---

[1]) l. c. p. 72 und 76.

©Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

in ein und derselben Verticalen erfolgten, ebenso die Abwesenheit einer Krümmung beim zweiten Versuche. — Befestigt man gequollene *Helianthus*-Früchte in dunstgesättigtem Raume an ihrem oberen Ende in der Weise, dass die Keimaxe vertical nach aufwärts gerichtet ist, so stellt sich nach dem Hervorbrechen des hypokotylen Stengelgliedes an der Stelle der gewöhnlichen Nutation fast immer eine Krümmung ein, welche auch bezüglich ihrer Dauer mit der gewöhnlichen Nutation übereinstimmt. Manchmal unterbleibt dieselbe allerdings, was wieder für Haberlandt's Ansicht sprechen würde. Doch sind, wie wir später hören werden, exactere Versuche nothwendig, um das spontane Zustandekommen einer Nutation constatiren zu können. — Der dritte Versuch stellt die Thatsache fest, dass eine Belastung der Kotylen und des Perikarps auf die Nutation beschleunigend einwirkt, hängt also mit der Frage nach der Spontaneität der Nutation von *Helianthus* nicht weiter zusammen. Ich habe an Keimlingen mit hypokotylen Stengelgliedern von ca. 1 Cm. Länge und einer Nutationskrümmung von 5—7° das Perikarp, an anderen mit einer gleich grossen Krümmung nebst dem Perikarp auch die beiden Kotylen entfernt und als Resultat nur eine Verlangsamung im Verlaufe derselben erhalten; ein Einfluss der Last der Kotylen mit dem Perikarp auf den weiteren Verlauf der Nutation liess sich also auch hier nicht verkennen, doch handelt es sich um die Anfangsstadien, das Zustandekommen der Nutation, zu deren Betrachtung der Versuch nicht hinreicht. Bei den Keimlingen mit entfernten Kotyledonen wuchs die Krümmung sogar bis über 180°, es stellte sich Schlingenbildung ein; zur Auflösung der Schlinge kam es in der Regel nicht, da das nachherige Wachsthum der ihrer Reservestoffbehälter beraubten Keimlinge im Dunkeln nur ein unbedeutendes war und endlich ganz aufhörte.

Ein Verdienst Haberlandt's bleibt es jedoch, constatirt zu haben, dass die Nutation von *Helianthus annuus* von der gewöhnlichen (als deren Typus man diejenige von *Phaseolus* hinzustellen pflegt) in vielen Punkten, vorzugsweise aber in der Abhängigkeit der Nutationsebene von der Mediane des Keimlings abweiche; ferner die Vermuthung ausgesprochen zu haben, dass eine spontane Nutation auch ohne Abhängigkeit der Nutationsebene von der Mediane des Keimlings bei gewissen Pflanzen wohl möglich sei, und dass Nutationskrümmungen möglicherweise auch durch die Last der Kotyledonen und des Perikarps (resp. der Samenhülle) entstehen könnten, die man leicht für spontan zu halten versucht wäre. Auch die Ansicht des Verfassers von der Entstehung einer solchen spontanen Nutation durch Vererbung im Sinne der Descendenztheorie ist plausibel und liesse sich vielleicht eine solche auch für die Nutation der übrigen Pflanzen annehmen. Darauf will ich jedoch später zurückkommen.

©Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Meine Versuche wurden zunächst im Anschluss an diejenigen von G. Haberlandt mit (ca. 1300) Keimlingen von *Helianthus annuus* (96—98% [1]), ferner mit den gross- und kleinsamigen Varietäten derselben Gattung: *macrophyllus* und *argyrophyllus* und *Hel. globosus* (je 50—60%) ausgeführt. Nachdem die Ueberzeugung gewonnen war, dass bei diesen Pflanzen die Nutation durch äussere Einflüsse zwar modificirt, das Zustandekommen derselben jedoch spontan sei, wurden die Versuche auch auf andere, verschiedenen Familien angehörige Pflanzen ausgedehnt. Zunächst waren es Keimlinge von

I. [2]) *Ceratonia Siliqua* L. (50—55%), *Linum usitatissimum* (97%), *Cynara Scolymus* L. und *Cynara Cardunculus* (je 96%), *Pyrus Malus* L. und *communis* L. (je 63%), *Cucurbita Pepo* L. (ca. 70%) und *Cucumis sativus* L. (95—98%); ferner *Cirsium*, *Centaurea*, *Aster*, *Viola tricolor* (ca. 62%), *Ricinus communis* L.. *Rheum*, *Carum Carvi* L., von Coniferen (ca. 60%): *Pinus silvestris*, *P. Laricio*, *Abies excelsa* und *Thuja*.

II. *Iberis amara*, *Mirabilis*, *Cannabis sativa*, *Convolvulus*, *Raphanus sativus*, *Soja hispida*, *Phaseolus vulgaris* und *Ph. multiflorus*.

Die Samen wurden in der Regel durch 12—24 Stunden in reinem Wasser dem Aufquellen überlassen und sodann, was, um Wiederholungen zu vermeiden, gleich jetzt bemerkt werden soll, immer, welche Lage denselben auch gegeben wurde, nur zur Hälfte oder höchstens zu drei Viertel ihrer Länge in die Erde versenkt, einerseits, um ihnen die gewünschte Lage genauer geben zu können, andererseits, um den Druck einer darüberlastenden Erdschichte möglichst zu vermeiden.

I. Einfluss der Lage des Samens auf die Nutationsebene des Keimlings.

Erster Versuch.

Aus normal (d. h. vertical, mit der Wurzelspitze nach abwärts) zur Hälfte in die Erde versenkten Früchten sich entwickelnde Keimlinge von *Helianthus annuus* nutiren schon im Boden, und es ist die Kraft, mit welcher die Nutation vor sich geht, nicht unbe-

---

[1]) Die Angaben in % beziehen sich auf die Keimfähigkeit der Samen der betreffenden Pflanzen; von den übrigen wurde in der Regel nur eine geringere Zahl (30—40) untersucht, so dass genaue Angaben nicht geliefert werden können.

[2]) Der Bau der in die Gruppe I gehörigen Samen entspricht im Allgemeinen dem von *Helianthus annuus*, wo der Embryo gerade ist; bei den Samen der Gruppe II zeigt der Embryo eine Krümmung, er nutirt daher schon im Samen. Die Anordnung ist übrigens nebensächlich und nur der Kürze halber gewählt, da später bei Beschreibung der einzelnen Versuche darauf verwiesen wird.

©Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

deutend, da die Samen bei Beginn der Nutationskrümmung die Erde bis auf 2^{mm} vor sich wegdrängen, so dass hinter denselben eine Vertiefung im Boden entsteht. Dass es das blosse Gewicht der Kotylen und des Perikarps bewirke, ist wohl umsoweniger anzunehmen, als ebenso gepflanzte, doch nur mit dem oberen Viertel hervorstehende Samen sich genau so verhalten. Die Nutationsebene steht bei allen untersuchten Pflanzen in keiner Beziehung zur Mediane des Keimlings, sondern kann mit derselben alle möglichen Winkel einschliessen. Bei *Helianthus* und vielen anderen Keimlingen ist es Regel, dass die Nutationsebene auf der Mediane des Keimlings senkrecht steht; denn von 429 diessbezüglich untersuchten Keimlingen von *Hel. annuus* fiel nur bei 87 die Nutationsebene mit der Mediane zusammen, stand dagegen bei 277 auf derselben senkrecht und schloss bei 65 Keimlingen mit derselben einen schiefen Winkel ein. An geraden Keimlingen ohne jegliche Nutationskrümmung konnte ich trotz aller Vorsicht von allen 1300 Samen nur zwei erhalten, von denen der eine erst am dritten Tage zu nutiren begann. Nachstehende Tabelle zeigt hinreichend, wie gering die Beziehung zwischen der Nutationsebene und der Mediane bei verschiedenen Pflanzen ist und wie sogar die Nutation senkrecht auf die Mediane bei manchen Pflanzen vorwaltet.

Keimlinge von	Nutationsebene		
	in der Mediane	senkrecht a. d. Mediane	schief
	Procente		
Helianthus annuus	20·23	64·65	15·11
Hel. macrophyllus	28·94	60·52	10·53
Hel. argyrophyllus	24	56	20
Ceratonia Siliqua	26	56	18
Cucumis sativus	21	65	14
Cucurbita Pepo	19	66	15
Viola tricolor	34	51	17
Linum usitat.	36	44	20
Cynara Scolymus	—	94	6
Cynara Cardunculus	—	96	4
Pinus silvestris	22	52	26

Der Keimungsprocess der Samen ging bei verschiedener, doch für die Dauer jedes einzelnen Versuches constanter Temperatur (14—30° C.) vor sich. Der einzige sich dabei ergebende Unterschied bestand in einem bedeutend rascheren Verlaufe der Nutation bei höherer Temperatur, indem sowohl Schlingenbildung als deren Auflösen bei 25—30° C. um 3—5 Tage früher eintrat.

Genau wie *Helianthus annuus* verhalten sich die Keimlinge der pag. 00 unter I angeführten Pflanzen. Auch die genannten Conife-

©Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

ren lassen beim hypokotylen Stengelgliede keine Abhängigkeit der Nutationsebene von der Mediane erkennen, wenn man als letztere die Ebene des Samenflügels, oder, was dasselbe ist, die durch die beiden Längskanten des Samens sich gelegt zu denkende Ebene annimmt, in welcher das Aufspringen der Samenschale bei der Keimung erfolgt und welche bei *Thuja* auch mit der Berührungsebene der beiden Kotylen zusammenfällt.

Zweiter Versuch.

Werden die Samen so zur Hälfte in die Erde gesteckt, dass sie mit der Horizontalen einen Winkel einschliessen, so lassen sich drei Fälle unterscheiden: entweder bildet die Mediane des Samens einen Winkel mit der Horizontalen *(A)*, oder es ist die Mediane vertical und die darauf senkrechte Längsebene schliesst einen Winkel mit der Horizontalen ein *(B)*, oder es bilden beide Ebenen einen schiefen Winkel mit der Horizontalen *(C)*. In allen drei Fällen hängt die Nutationsebene in hohem Grade von dem Winkel ab, den die Samen mit der Horizontalen einschliessen. Durch die schiefe Lage wird nach dem Hervorbrechen des Würzelchens, welches sogleich geotrop. nach abwärts wächst, unter den Kotylen eine Krümmung erzeugt, welche dem Orte nach genau mit der Nutationskrümmung übereinstimmt und deren Grösse durch den Winkel des Samens mit der Verticalen gegeben ist. Bald darauf, wenn das hypokot. Stengelglied eine Länge von kaum 1^{mm} erreicht hat, stellt sich die wahre Nutation ein. Liegt nun der Winkel des Samens mit der Horizontalen annähernd zwischen 60 und 90^0, so kann die Nutationskraft, welche, wie wir später hören werden, mit einem Minimum beginnt und fortwährend wächst, wenn sie nicht im Sinne der vorhandenen Krümmung wirkt, dieselbe in vielen Fällen noch überwinden und sogar eine entgegengesetzte bewerkstelligen. Diess ist jedoch nicht mehr der Fall, wenn der Winkel kleiner ist; da scheint die Nutationskraft zur Ueberwindung der vorhandenen Krümmung zu schwach zu sein und es bleibt nun in der Regel bei der künstlich eingeleiteten Krümmung, deren Verlauf der normalen Nutation genau entspricht, da es auch hier ebenso häufig zu Schlingenbildungen kommt. Ist der Winkel gleich Null, der Samen also horizontal, so geht die Krümmung durchwegs in der gegebenen Richtung vor sich.

Das Gesagte soll nun mit einigen Beispielen belegt werden; die Samen waren in den Lagen *A*, *B*. *C* gepflanzt. Wiederholungen der Versuche ergaben nur geringe Schwankungen, welche wohl individuellen Eigenthümlichkeiten zuzuschreiben sind.

©Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

	Anzahl d. Keimlinge	Lage	durch die Lage gegebene Nut.-Ebene	es nutirten		
				in Med.	senkr. Med.	schief
Helianthus annuus . . .	12	A	senkr. Med.	1	8	3
" " . . .	12	B	in Med.	10	1	1
" " . . .	10	C	schief	—	—	10
Hel. macrophyllus	4	B	in Med.	2	1	1
Hel. argyrophyllus . . .	3	A	senkr. Med.	—	2	1
" "	4	B	schief	2	1	1
Cynara Cardunculus . .	6	A	senkr. Med.	—	6	—
" " . .	9	B	in Med.	5	1	3
Pyrus Malus	3	B	in Med.	1	1	1
Ceratonia Siliqua	7	A	senkr. Med.	—	5	2
" "	8	B	in Med.	6	1	1
Cucumis sativus	8	A	senkr. Med.	—	8	—
" "	10	B	in Med.	6	3	1
" "	7	C	schief	—	6	1
Linum usitatissimum . .	8	A	senkr. Med.	1	7	—
" " . .	8	B	in Med.	6	1	1
Pinus silvestris	3	A	senkr. Med.	—	2	1
" "	5	B	in Med.	3	—	2
Pinus Laricio	3	B	in Med.	2	—	1

Dritter Versuch.

Derselbe unterscheidet sich von dem vorhergehenden nur bezüglich der Richtung der Keimaxe, welche hier eine entgegengesetzte war, indem die Samen in allen möglichen Lagen, doch mit der Wurzelspitze nach aufwärts gepflanzt wurden. Es liessen sich den früheren analoge Verhältnisse wahrnehmen, doch ist es hier wieder der durch die schiefe Lage gleich nach dem Hervorbrechen des Würzelchens zur Geltung gelangende posit. Geotropismus, welcher je nach der Lage theils hemmend, theils beschleunigend wirkt. Bei verticaler Stellung der Samen wächst das hervorbrechende Würzelchen anfangs ca. 1 Mm. vertical nach aufwärts; sobald aber die Nutation eine Schiefstellung desselben nach einer Seite hin eingeleitet hat, bewirkt der nun zur vollen Geltung kommende positive Geotropismus ein vertical nach abwärts Wachsen der Wurzel. Hat sich nun der Keimling festgewurzelt, so werden die bisher noch in der Erde steckenden Kotyledonen mit dem Perikarp in Folge Längenwachsthums des hypokotylen Stengelgliedes mit einer Nutationskrümmung von 180° emporgehoben. Manchmal wird aber die einmal begonnene Krümmung so lebhaft fortgesetzt, dass es gar nicht zur Einwurzelung, sondern zu Doppelschlingen kommt, wobei die Kotylen mit dem Perikarp in ihrer ursprünglichen Lage zur Hälfte in der Erde bleiben, was wohl auch vorzugsweise der Nachwirkung des Krümmungsreizes zuzuschreiben sein dürfte. Reine Nutation ist hier nur das erste Stadium der Krümmung, die Schiefstellung des Würzelchens, wobei man sich auch hin-

©Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

reichend von der Unabhängigkeit der Nutationsebene von der Mediane überzeugen kann.

Bei schiefer Lage der Samen lassen sich, wie beim zweiten Versuche, dieselben Fälle unterscheiden; die Nutationsrichtung hängt da wieder wesentlich von der Grösse des Winkels ab. Doch tritt hier der positive Geotropismus früher, als bei verticaler Lage, gleich beim Hervorbrechen des Würzelchens auf, welches auf diese Weise auf dem kürzesten Wege in den Boden dringt und so die reine Nutation oft verdeckt wird. Nichtsdestoweniger kommt es auch vor, dass die Nutationskraft den negativen Geotropismus überwindet, indem das Würzelchen und mit ihm das hypokotyle Stengelglied nicht abwärts, sondern aufwärts wächst und erst auf der entgegengesetzten Seite in den Boden gelangt.

Wiederholungen der beiden letzteren Versuche mit Samen der Gruppe I ergaben ein gleiches Resultat; nur kam es beim dritten Versuche selten zu Schlingenbildungen, da die Keimlinge sich bald einwurzelten, und die Kotyledonen dann mit einer Nutationskrümmung von 150—180° emporgehoben wurden. Keimlinge von *Rheum* mit einem hypokotylen Stengelgliede von 1 Cm. zeigten nach 12 Tagen (Temp. 16° C.) weder Einwurzelung noch Schlingenbildung. Es war zwar gleich bei Beginn der Keimung eine Nutationskrümmung entstanden, welche auf ca. 90° wuchs, dann aber wieder ausgeglichen wurde. Mit Coniferen wurde der dritte Versuch nicht gemacht, da die Samen derselben mit aufwärts gerichteter Wurzelspitze zur Hälfte in die Erde gesteckt nur schwer keimen.

Aus diesen Versuchen lässt sich nur auf eine innere, spontane, d. i. auf eine von äusseren Kräften unabhängige Ursache der Nutation schliessen; denn das Gewicht der Kotylen und des Perikarps kommt hier gar nicht zur Wirkung, da dieselben während der Krümmung noch im Boden befestigt sind.

II. Einfluss künstlichen Druckes auf den Verlauf der Nutation.

Ein vollkommen gerader Keimling von *Helianthus annuus* mit einem hypokotylen Stengelgliede von 7 Mm. wurde durch eine Glasplatte von 7·5 Cm. Länge und 2·5 Cm. Breite und einem Gewichte von 5·27 Gramm seitlich derart belastet, dass dieselbe mit dem unteren Ende auf dem Boden ruhte, mit ihm einen Winkel von ca. 40° einschliessend, so dass die Platte etwa in der Mitte durch den gedrückten Keimling unterstützt wurde. Am nächsten Tage nutirte bei Entfernung derselben der Keimling in der Richtung des Druckes mit einem Winkel von 45°, welche Nutationsrichtung nachher auch beibehalten wurde. — Ein anderer Keimling mit einem hypokotylen Stengelgliede von 1 Cm., welcher 2—3° senkrecht auf die Mediane nutirte, wurde in derselben Weise durch 22 Stunden einem der vorhandenen Nutationsrichtung entgegen, doch in derselben Ebene wirkenden Drucke ausgesetzt. Gewicht der Glasplatte 6·78 Gramm. Der

©Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Keimling war in dieser Zeit um 2·5 Mm. gewachsen. Es hatte sich nun die Nutationsrichtung geändert, sie hatte in eine entgegengesetzte, der Richtung des Druckes folgende umgeschlagen, und der Nutationswinkel betrug nunmehr 45°; der obere Theil des Keimlings hatte also einen Bogen von 47°—48° beschrieben. Sonst verlief die Nutation in der künstlichen Richtung ganz normal und trat nach 7 Tagen Schlingenbildung ein. — Ein dritter Keimling, welcher ebenfalls einen Nutationswinkel von 2°—3° zeigte, wurde in gleicher Weise einem der Nutationsrichtung entgegenwirkenden Drucke ausgesetzt, der jedoch nur 2 Stunden währte; es hatte die Nutationsrichtung wieder in die künstlich erzeugte umgeschlagen (ca. 20°). Am nächsten Tage jedoch nutirte der Keimling nicht mehr in dieser, sondern in der früheren, ursprünglichen Richtung mit einem Winkel von 10°, welche letztere sich auch bis zum Schlusse der Nutation (180°) erhielt.

Der auf den oberen Theil des Keimlings auszuübende Druck lässt sich jedoch auf einfachere Art bewerkstelligen. Ein beinahe vollkommen gerader Keimling mit hypokotylem Stengelgliede von 5 Mm. wurde mit dem Finger senkrecht auf die Mediane gedrückt, bis die Krümmung einen Winkel von 180° erreicht hatte; der Druck währte 15 Min. Nach Entfernung des Fingers nahm der Winkel in Folge der Elasticität des Stengelgliedes ab und blieb auf etwa 45°, wuchs jedoch bis zum nächsten Tage bis 90°. Dasselbe Experiment wurde mit einem gleich grossen, jedoch schon merklich nutirenden (3°) Keimlinge durchgeführt, bis auf der der ursprünglichen entgegengesetzten Seite ein Nutationswinkel von 130° erreicht war, welcher nach Entfernung des Fingers bis auf 40° abnahm. Am nächsten Tage jedoch nutirte der Keimling wieder in der früheren, ursprünglichen Richtung mit einem Winkel von 30°. Es war also hier trotz einer künstlich erzeugten entgegengesetzten Krümmung der nutirende Theil in die ursprüngliche Richtung zurückgekehrt.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass es möglich ist, bei Beginn der Nutation durch künstlichen Druck jede beliebige Ebene des Keimlings zur Nutationsebene zu machen und sogar eine schon vorhandene aufzuheben, wenn nur die Nutation noch nicht zu weit vorgeschritten und der Druck ein hinreichend grosser und anhaltender ist. Ist diess nicht der Fall, so kann eine künstlich erzeugte Richtung doch wieder in die ursprüngliche zurückschlagen, welcher Umstand wohl ebenfalls auf eine spontane Nutation bei diesen Keimlingen hindeutet.

(Schluss folgt.)

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Österreichische Botanische Zeitschrift = Plant Systematics and Evolution

Jahr/Year: 1879

Band/Volume: 029

Autor(en)/Author(s): Wyplel Martin

Artikel/Article: Beiträge zur Kenntniss der Nutation. 7-17