



LUND UNIVERSITY

Weitere Beiträge zur Kenntnis der Psychroklinie.

Lidforss, Bengt

Published in:
Lunds universitets årsskrift. Andra avdelningen.

1908

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):
Lidforss, B. (1908). Weitere Beiträge zur Kenntnis der Psychroklinie. *Lunds universitets årsskrift. Andra avdelningen.*, 4(3), 3-18.

Total number of authors:
1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 4. Nr 3.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 19. Nr 3.

WEITERE BEITRÄGE ZUR KENNTNIS
DER PSYCHROKLINIE

VON

BENGT LIDFORSS



LUND 1908
HÅKAN OHLSSONS BUCHDRUCKEREI

Vor einigen Jahren machte ich an anderer Stelle eine ausführliche Mitteilung über eigentümliche Richtungsbewegungen, die bei gewissen Pflanzen durch niedere Temperatur hervorgerufen werden ¹⁾. Es wurde gezeigt, dass eine erhebliche Anzahl skandinavischer (und norddeutscher) Pflanzen innerhalb gewisser Grenzen die Fähigkeit besitzen, je nach der Temperatur eine horizontale oder vertikale Wachstumsrichtung einzuschlagen. Insofern es sich um vegetative Sprosse handelt, beruht diese Veränderung der Wachstumsrichtung in allen näher untersuchten Fällen darauf, dass die Sprosse bei niederer Temperatur diageotropisch, bei höherer Temperatur dagegen negativ geotropisch reagieren. Ferner wurde gezeigt, dass der Uebergang von der Horizontallage zur Vertikalstellung bei allmählich steigender Temperatur nicht mit einem Schlage geschieht, sondern kontinuierlich, so dass innerhalb gewisser Grenzen jedem Temperaturgrade eine bestimmte Lage des Sprosses entspricht. Die betreffenden Pflanzen können demgemäss als eine Art natürliche Thermometer betrachtet werden.

Ausser der geotropischen Umstimmung findet bei niederer Temperatur auch eine andere Veränderung statt, indem die vorher physiologisch radiären Sprosse mehr oder weniger epinastisch werden. Für das Zustandekommen dieser Epinastie ist indessen, ausser der niedrigen Temperatur, auch das Licht eine notwendige Bedingung; denn im Dunkeln werden die Sprosse auch bei Graden wenig über Null negativ geotropisch, wobei auch die Epinastie erlischt. Andererseits bewirkt diese Epinastie, dass belichtete Sprosse bei Temperaturen dicht am Nullpunkt schräg abwärts wachsen, offenbar weil der bei so niedriger Temperatur stark geschwächte Geotropismus der Epinastie einen nur geringen oder gar keinen Widerstand zu leisten vermag.

Als Pflanzen, welche sich in der jetzt geschilderten Weise verhalten, wurden in meiner Arbeit folgende erwähnt: *Holosteum umbellatum*, *Cerastium semidecandrum* u. *C. pumilum*, *Stellaria media*, *Lamium purpureum* und *L. amplexicaule*, *Veronica hederæfolia*, *Ver. Chamædryis*, *Senecio vulgaris*, *Chrysanthemum Leucanthemum*, *Linaria vulgaris*, *Alyssum calycinum* u. A. Schon drei Jahre bevor ich meine erste Mitteilung

¹⁾ LIDFORSS, Ueber den Geotropismus einiger Frühjahrspflanzen, Jahrb. f. wiss. Botanik XXVIII, S. 343. Eine vorläufige Mitteilung in »Botaniska notiser» 1901 p. 1.

über diese Verhältnisse veröffentlichte, hatte indessen VÖCHTING¹⁾ bei den Laubsprossen gewisser krautiger Pflanzen ähnliche, durch Temperaturschwankungen hervorgerufene Erscheinungen konstatiert, die nach ihm auf einer besonderen Eigenschaft, für die er den Namen Psychroklinie vorschlägt, beruhen soll. Die eigentümlichen Bewegungen der Blütenstiele von *Anemone stellata*, das Kriechen mancher Alpenpflanzen und vielleicht auch das Anschmiegen der Blätter gewisser krautiger Pflanzen an den Boden im Spätherbst, sind Erscheinungen, die nach VÖCHTING auf derselben Eigenschaft, der Psychroklinie, beruhen.

Durch Klinostatenversuche konnte ich indessen zeigen, dass die bei den Blütenstielen der *Anemone*-Arten vom Temperaturwechsel ausgelösten Bewegungen mit den Bewegungen der Laubsprosse physiologisch ungleichwertig sind; denn während bei diesen der Geotropismus resp. der geotropische Stimmungswechsel die Hauptrolle spielt, sind die Blütenstiele der *Anemone*-Arten, auch wenn sie am Klinostaten gedreht werden, im Stande die betreffenden Bewegungen in ihrem ganzen Verlaufe auszuführen. Die von VÖCHTING eingeführte Bezeichnung Psychroklinie eignet sich demgemäss wohl als biologische Sammelrubrik, schwerlich aber als physiologischer Terminus.

In den fünf Jahren, die seit der Veröffentlichung meiner ausführlichen Arbeit verstrichen sind, habe ich nun einige Beobachtungen gemacht, welche geeignet sind, meine frühere Angaben nach gewissen Richtungen hin zu vervollständigen. Teils habe ich einige neue Fälle von sehr schön ausgebildeter Psychroklinie zu verzeichnen, teils hat eine erneute Untersuchung der Bewegungen der Blütenstiele von *Anemone* ergeben, dass die Verhältnisse hier etwas komplizierter sind als die Klinostatenversuche beim ersten Blick an den Tag legen. Ausserdem schien es mir erwünscht, die anatomischen Verhältnisse der psychroklinalen Organe, sofern sie zur Statolithentheorie in Beziehung stehen, etwas näher zu untersuchen, und zwar besonders mit Rücksicht auf einige von HABERLANDT²⁾ gemachten Auseinandersetzungen.

Schliesslich habe ich noch einen besonderen Grund, die einschlägigen Verhältnisse vom Neuen zu erörtern. In der zweiten Auflage seiner ausgezeichneten »Vorlesungen« hat nämlich JOST³⁾ das aus der ersten Auflage herübergenommene Referat meiner betreffenden Arbeit mit einer Fussnote folgenden Inhalts ergänzt: »Nach den Erfahrungen HABERLANDT'S (1903) soll tiefe Temperatur den Geotropismus ganz aufheben. Weitere Studien müssen zeigen, ob etwa auch bei den Versuchen VÖCHTING'S und LIDFORSS die Sprosse ageotropisch waren«. Ich glaube, wenn JOST meine ausführliche Arbeit (von 1902) einer nochmaligen Lektüre unterziehen will, so wird er selbst zugeben, dass ich dort den Beweis, dass das Annehmen der

¹⁾ VÖCHTING, Ueber den Einfluss niederer Temperatur auf die Sprossrichtung, Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. Jahrg. 16 (1898) p. 37.

²⁾ HABERLANDT, Zur Statholithentheorie des Geotropismus, Jahrb. f. wiss. Botanik Bd. XXXVIII S. 447; Vgl. besonders S. 481—483.

³⁾ JOST, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, 2. Aufl. (1908) S. 536.

Horizontallage bei niedriger Temperatur auf Transversalgeotropismus beruht, wirklich geliefert habe; trotzdem werde ich, bevor ich zur Mitteilung meiner neuen Befunde übergehe, diesen Punkt völlig klarzustellen versuchen.

Der Transversalgeotropismus bei *Lamium purpureum*, *Holosteum umbellatum* u. s. w. Ageotropisch-epinastische Sprosse.

Der Verdacht, dass die von VÖCHTING und mir untersuchten Pflanzen bei niedriger Temperatur nicht transversalgeotropisch, sondern ageotropisch wären, ist zuerst von HABERLANDT ausgesprochen, ist aber bei ihm, so viel ich sehen kann, eigentlich durch eine Äusserung von JOST wachgerufen worden. Mit Rücksicht auf den Beweiskraft der von HABERLANDT mit durch Kälte entstärkten *Linum*-sprossen gemachten Versuche hob JOST¹⁾ hervor, dass es sich vielleicht in diesem Falle, ähnlich wie bei den psychroklinalen Pflanzen, um einen geotropischen Stimmungswechsel handele; wenn dies der Fall wäre, so hätten offenbar die Kälteversuche HABERLANDT'S einen guten Teil ihrer Beweiskraft eingebüsst. Demgegenüber betont nun HABERLANDT, dass in seinen Versuchen die *Linum*sprosse wirklich ageotropisch waren, und er wirft in demselben Zusammenhange die Frage auf, ob nicht vielleicht dies auch bei den von mir untersuchten Pflanzen der Fall war²⁾. Irgend welche Tatsachen, die gegen den von mir behaupteten Transversalgeotropismus sprächen, führt HABERLANDT nicht an, dagegen meint er dass »LIDFORSS den strikten Beweis, dass das Annehmen der Horizontallage bei niedriger Temperatur auf Transversal-Geotropismus beruhe, schuldig geblieben ist«, und zwar deshalb, weil ich unterlassen habe, »aufrecht wachsende Pflanzen bei der Rotation am Klinostaten einer niedrigen Temperatur auszusetzen«. Dieser Einwand HABERLANDT'S war damals von seinem Standpunkte formell berechtigt, denn in meiner vorläufigen, schwedisch geschriebenen Mitteilung, welche HABERLANDT übrigens nur durch das Referat des Botan. Centralblattes zugänglich war, ist kein derartiger Klinostatenversuch erwähnt. Allein in demselben Hefte der Jahrb. f. wiss. Bot., wo die betreffende Arbeit HABERLANDT'S publicirt wurde, findet sich auch meine ausführliche Abhandlung³⁾ »Über den Geotropismus einiger Frühjahrspflanzen«, und an der Tafel VI eine Fig. III, von der es in der Figuren-Erklärung heisst: »*Lamium purpureum*, bei höherer Temperatur erwachsene Pflanze mit ortotropen aufrechten Zweigen nach dreitägigen Rotation auf dem Klinostaten im Freien bei niedriger Temperatur«. Wenn nun aber HABERLANDT geltend machen will, dass der Transversalgeotropismus nur für den

¹⁾ Vgl. Bot. Zeit. 1902, Abt. II S. 257. Wenn JOST an dieser Stelle meint, VÖCHTING habe »gezeigt, dass gewisse Sprosse mit der Temperatur ihre geotropische Reaction ändern«, so ist dies nicht ganz richtig, denn in der VÖCHTING'Schen Abhandlung ist von einer Beteiligung des Geotropismus an den betreffenden Bewegungen gar nicht die Rede.

²⁾ Zur Statholithentheorie S. 482.

³⁾ Diese Arbeit war also HABERLANDT nicht zugänglich, als er den oben citirten Satz niederschrieb.

Fall bewiesen wäre, dass »auch bei diesem Versuche jede Krümmung unterbleiben würde«, so kann ich ihm in diesem Punkte nicht mehr zustimmen. Tatsächlich treten nämlich, wie auch die Figur zeigt, in diesem Falle schön bogenförmige Krümmungen auf, allein diese sind epinastischer Natur, und auch in ihrem ganzen Verlaufe bestimmt verschieden von denjenigen Krümmungsbewegungen, wodurch eine aufrechte, ortotrope *Lamium*-pflanze bei sinkender Temperatur die Horizontallage erreicht. Man braucht ja in dieser Hinsicht nur die Figg. I, II und III Taf. VI meiner citirten Abhandlung zu vergleichen, um über den fundamentalen Unterschied zwischen den bei niedriger Temperatur rotirten und den unter gleichen Umständen der Schwerkraft ausgesetzten Pflanzen ins reine zu kommen.

Selbstverständlich liegt es mir fern behaupten zu wollen, dass nicht auch die von mir untersuchten Pflanzen bei Temperaturen um den Nullpunkt ihre geotropische Reaktionsfähigkeit einbüßen; in meiner ausführlichen Arbeit habe ich auch ausdrücklich darauf hingewiesen ¹⁾, dass wenn die vorher horizontal wachsenden *Holosteum*-zweige bei Temperaturen dicht am Nullpunkt schräg abwärts wachsen, dies vielleicht darauf beruhe, dass der Geotropismus stark abgeschwächt wird und die Epinastie allein zur Geltung kommt. Ich werde im folgenden auf einige ähnliche Fälle etwas zurückkommen, möchte aber jetzt diejenigen Grundtatsachen hervorheben, welche meiner Ansicht nach beweisen, dass die Horizontallage, welche die *Lamium*-, *Holosteum*-sprosse u. s. w. im Frühling einnehmen, wirklich auf Transversalgeotropismus beruht.

1) Die bei niedriger Temperatur plagiotropen Sprosse können in der Horizontallage verharren bei Temperaturen, die hoch genug sind, um der Pflanze ihren ganzen Lebenszyklus bis zur Samenreife durchlaufen zu lassen. In diesem Frühling (1908), der bei uns ziemlich kalt gewesen ist, hat *Holosteum* als horizontal kriechende Pflanze reife Samen hervorgebracht, und *Lamium purpureum*, *L. amplexicaule*, *Veronica hederifolia* u. s. w. haben als plagiotrope Pflanzen mehrere Wochen geblüht. Dass die Pflanzen unter diesen Umständen ageotropisch sein sollten, erscheint von vornherein sehr unwahrscheinlich.

2) Werden plagiotrope Pflanzen bei niedriger Temperatur verdunkelt, so tritt der Geotropismus sofort zu Tage, indem die Sprosse, offenbar infolge einer durch den Beleuchtungswechsel hervorgerufenen Umstimmung, sich negativ geotropisch erheben. Ich habe diesen Versuch öfters ausgeführt, und besonders darauf geachtet, dass die Temperatur in der Dunkelkammer nicht etwa durch Wärmestrahlung von aussen erhöht wurde; aber immer stellte es sich heraus dass die Sprosse sich erhoben, auch wenn sie niemals einer Temperatur über + 6° C ausgesetzt wurden.

3) Werden die vorher horizontal wachsenden Sprosse vertikal aufwärts oder abwärts gerichtet, so kehren sie immer in die Horizontallage zurück, falls die Temperatur inzwischen auf einem niedrigen Niveau gehalten wird. Allerdings führen die desorientirten Sprosse zuerst immer epinastische Krümmungen aus, so

¹⁾ l. c. p. 356.

die frühere Unterseite konkav wird; diese Krümmungen werden aber später teilweise ausgeglichen, und nach einigen Tagen, unter Umständen vielleicht erst nach einer Woche, haben sämtliche Sprosse die horizontale Wachstumsrichtung eingeschlagen. Dass diese Orientierungsbewegungen ziemlich langsam ihr Ziel erreichen, darf kein Wunder nehmen, da das Wachstum bei diesen niedrigen Graden recht langsam von statten geht und ausserdem transversalgeotropische Pflanzenteile im allgemeinen langsamer reagiren als parallelotrope Organe; auch im Sommer brauchen z. B. die verdunkelten, durch negativen Geotropismus aufgerichteten Sprosse von *Lysimachia Nummularia* gewöhnlich mehrere Tage, um die im Lichte normale Horizontallage zu erreichen.

4) Macht man mit einem horizontal wachsenden *Lamium*-sprosse bei niedriger Temperatur den DE VRIES'schen Flankenstellungsversuch, d. h. dreht man den Spross um 90°, so erfolgt immer eine starke seitliche Krümmung, wobei die Unterseite konkav wird. Dass diese Krümmung unter normalen Umständen unterbleibt, und zwar auch dann, wenn die Pflanze im Topf kultivirt wird, so dass die horizontalen Sprosse freien Spielraum haben, beruht offenbar darauf, dass die Epinastie normalerweise durch den Geotropismus überwunden wird.

5) Schliesslich mag hervorgehoben werden, dass bei den horizontal wachsenden Sprossen im Frühling immer ein wohl ausgebildeter Statolitenapparat vorhanden ist. Ich komme auf diese Verhältnisse in einem späteren Abschnitt zurück.

Die jetzt angeführten Tatsachen beweisen meiner Ansicht nach unwiderleglich, dass die psychroklonisch reagirenden Sprosse im Spätherbst und im Frühling wirklich transversalgeotropisch sind. Dass sie im Winter, wenn die Temperatur unter Null sinkt, ihre geotropische Reaktionsfähigkeit verlieren, ist ja ziemlich klar, und wie ich schon hervorgehoben, giebt es zweifelsohne eine Temperatur dicht am Nullpunkt, wo der Geotropismus wenigstens sehr stark geschwächt ist, während noch epinastisches Wachstum stattfindet.

Ebenso bezweifle ich gar nicht, dass die von HABERLANDT vorwiegend benutzten *Linum*-sprosse, die nach seinen Angaben im Winter »die verschiedensten Winkel mit der Horizontalen einschlossen« ¹⁾, zu dieser Zeit völlig ageotropisch waren. Analoge Beobachtungen habe ich im zeitigen Frühjahr bei manchen krautigen Pflanzen gemacht, die später normalerweise negativ geotropisch werden; gewöhnlich sind dann solche Sprosse bei niedriger Temperatur epinastisch, was bei den HABERLANDT'schen *Linum*-sprossen anscheinend nicht der Fall war. Sehr schön ausgebildet fand ich solche ageotropisch-epinastische Sprosse bei verschiedenen überwinterten Exemplaren einer Rasse von *Capsella-Bursa Pastoris*; Ende März—Anfang April waren die ziemlich langen, blühreifen Sprosse infolge der Epinastie bogenförmig-halbkreisförmig gekrümmt, ganz in derselben Weise wie die oben erwähnten, am Klinostaten bei niedriger Temperatur rotirten *Lamium*-sprosse.

¹⁾ l. c. S. 474.

Ebenso sind die jungen Sprosse von *Pulmonaria officinalis* und *P. angustifolia* bei sehr kaltem Wetter allem Anscheine nach ageotropisch-epinastisch; das nämliche dürfte auch von manchen anderen krautartigen Pflanzen (*Melandrium silvestre* u. A.) gelten, die im zeitigen Frühjahr ihre Sprosse hervortreiben. Doch giebt es auch zahlreiche Frühjahrspflanzen, deren Stengel schon vom Anfang an negativ geotropisch aufwärts wachsen, und deren Geotropismus, insofern es sich um die vegetativen Sprosse handelt, durch Temperaturschwankungen nicht alterirt wird (*Anemone nemorosa*, *Corydalis solida* u. s. w.).

Einige neue Fälle von Psychroclinie.

Viola tricolor var. *arvensis*.

(Taf. I. Figg. 1, 2, 3.)

Mit Rücksicht auf die Psychroclinie und auch in ihrem sonstigen biologischen Verhalten stimmt diese Pflanze ziemlich gut mit *Lamium purpureum* überein. Manche Samen keimen schon im Herbst, und im Vorfrühling findet man unter den überwinterten Pflanzen alle Uebergänge zwischen ganz jungen Keimpflanzen bis zu völlig blühreifen Individuen. Letztere bestehen aus horizontal kriechenden, von einem Centrum radiär ausstrahlenden Zweigen, die Ende März oft eine Länge von 15—20 centimeter erreichen und an den jüngeren Teilen Blütenknospen tragen. Die Blätter sind durch Tersionen der Blattstiele sämtlich mit den Spreiten horizontal orientirt.

Die Sprosse nehmen nun je nach der Temperatur eine ganz verschiedene Neigung zur Horizontalen. Wenn die Schattentemperatur sich am Tage etwa zwischen $+ 5^{\circ}$ und $+ 12^{\circ}$ hält, so wachsen die *Viola*sprosse ganz wagerecht, also diageotropisch; auch die Blütenstiele nehmen dann eine genau horizontale Richtung, nur der oberste Teil bleibt wie sonst immer, abwärts gerichtet, bildet aber dann einen fast rechten Winkel mit dem unteren Teile des Stieles, anstatt eines spitzen wie sonst, wenn der Hauptteil des Stiels aufrecht ist.

Wenn die Temperatur dauernd unter $+ 5^{\circ}$ heruntergeht, macht sich die Epinastie, welche sich auch bei etwas höherer Temperatur durch den DE VRIES'schen Flankenversuch nachweisen lässt, sehr energisch geltend, so dass bei Topfkulturen Abwärtskrümmungen, wie sie in der Fig. 2, Taf. I ersichtlich sind, zustande kommen. Auf freiem Felde werden die Sprosse durch diese Krümmungsbewegungen den Boden sehr stark angepresst, was bei kaltem Wetter natürlich vom bestimmten Vorteil ist.

Werden die plagiotropen Pflanzen in ein warmes Gewächshaus eingeführt, so erheben sich die Zweige ziemlich rasch, indem sie negativ geotropisch werden

unter gleichzeitigem Schwinden der Epinastie. *Viola tricolor* var. *arvensis* stimmt also in allen wesentlichen Punkten mit *Lamium purpureum* überein, doch reagirt sie nicht ganz so schnell und prompt wie diese Pflanze.

Auch in anatomischer Beziehung zeigt *Viola tricolor arvensis* das Charakteristikum der psychroclinisch reagirenden Pflanzen, indem die plagiotropen Stengel ausser der Gefässe keine verholzten Elemente besitzen, was offenbar mit der ungewöhnlich lange persistirenden Krümmungsfähigkeit dieser Sprosse zusammenhängt.

Von anderen mir bekannten *Viola*-Arten zeigt eine im hiesigen botanischen Garten unter dem Namen *V. cornuta* kultivirte Art ein ganz analoges Verhalten gegenüber der Temperatur.

Corydalis pumila und *C. fabacea*.

(Taf. II und Taf. III Fig. 1—4.)

Diese niedlichen Frühjahrspflanzen bilden einen Typus, der in mehreren Beziehungen von dem soeben geschilderten abweicht, der aber gewissermassen einen Uebergang zum *Anemone*-Typus darstellt.

Die *Corydalis*-Arten gehören bekanntlich zu den geophilen Pflanzen, die entweder durch Wurzelknollen (*C. pumila* und *C. fabacea*) oder durch Stamknollen (*C. cava*) überwintern. Die nachstehende Schilderung gilt zunächst nur die beiden erstgenannten Arten. Im zeitigen Frühjahr, oft schon Ende März, werden die jungen Sprosse sichtbar als braunrote, von einem Niederblatte umschlossene, patronenförmige Gebilde. Aus dem Niederblatte bricht bald ein Stengel hervor, der zwei Laubblätter und eine einfache Blütentraube trägt. Bei dem zu dieser Jahreszeit meistens kalten Wetter wächst der junge Spross dem Boden dicht angeschmiegt; da er aber anfangs oft einen etwas bogenförmigen Verlauf hat, so dass zuerst nur die Blütentraube den Boden berührt, so entsteht später durch nachträgliches Wachstum und erneutes Anpressen an den Boden eine Torsion im oberen Teil des Stengels, durch welche die Blütentraube seitlich an die Erde gedrückt wird, die aber rein passiver Natur ist, und sich sofort in eine Abwärtskrümmung verwandelt, wenn man die Pflanze aus dem Boden herausholt. Auch die Blattstiele liegen ganz stramm dem Boden angepresst, ebenso die Blätter, deren Blättchen aber bei niedriger Temperatur durch *Hyponastie* der Stiele gegen einander zusammengeneigt sind und durch hyponastisches Wachstum der Spreiten mehr oder weniger zusammengerollt. Figg. 1 u. 2, Tafel II sowie Fig. 3 Taf. III stellen solche bei niedriger Temperatur erwachsene Individuen von *Corydalis pumila* dar.

Wird nun eine solche plagiotrope, dem Boden angedrückte Pflanze in ein warmes Gewächshaus überführt, so tritt rasch eine Aufwärtskrümmung und Geradestreckung der Sprosse ein. Bei etwa zwanzig Grad, und bei genügender Luftfeuchtigkeit geht die Krümmung so schnell von statten, dass die anfangs plagiotrope

Pflanze schon in vier Stunden zu einem aufrechtwachsenden ortotropen Gewächs verwandelt wird; Fig. 3 Taf. II zeigt die Veränderung, welche das in Fig. 1 Taf. II abgebildete bei — allerdings etwas längerem — Aufenthalt bei 20° C. erfahren hat. Gleichzeitig mit der Aufrichtung der Sprosse wird die Hyponastie der Blätter ausgeglichen, und die voll ausgebreiteten Spreiten zeigen sich jetzt ausgeprägt euphotometrisch. — Lässt man eine Pflanze sich vom Anfang an bei höherer Temperatur entwickeln, so wird das plagiotrope Stadium völlig übersprungen, und die Pflanze entwickelt sich ohne weiteres als eine aufrechte ortotrope Pflanze mit negativ geotropischem Stengel.

Lässt man eine bei niedriger Temperatur erwachsene plagiotrope Pflanze in der Wärme auf dem Klinostaten rotieren, so fallen die Versuche je nach dem Alter der Pflanzen etwas verschieden aus. Recht junge Pflanzen strecken sich unter solchen Umständen nicht selten ganz gerade, was offenbar darauf beruht dass die Hauptachse bei höherer Temperatur orto-autotrop ist und ihrer ganzen Länge nach vom Orto-autotropismus beherrscht wird. Bei etwas älteren Pflanzen, deren Stengel aber sonst in ihrer ganzen Länge die geotropische Krümmungsfähigkeit erhalten haben, werden die bei niedriger Temperatur eingetretenen Krümmungen auf dem Klinostaten bei 20° C. bis zu einem gewissen Grade ausgeglichen, aber eine Emporhebung resp. völlige Geradestreckung der Sprosse, wie sie bei geotropischer Einwirkung erzielt wird, kommt nicht zu stande; Fig. 4 Taf. II zeigt bis zu welchem Grade die in Fig. 2 Taf. II abgebildete Pflanze unter solchen Umständen die vorhandenen Krümmungen beseitigt hat.

Lässt man umgekehrt bei höherer Temperatur erwachsene resp. durch höhere Temperatur ortotrop gewordene Pflanzen auf dem Klinostaten bei niedriger Temperatur rotieren, so stellen sich bald sehr auffällige Krümmungen ein, die aber mit dem durch niedrige Temperatur normal hervorgerufenen Krümmungsbewegungen nur teilweise identisch sind. Vergleicht man nämlich die auf dem Klinostaten in der Kälte stattfindenden Krümmungen mit denjenigen, die von einer unter gleichen Umständen, aber dem Geotropismus ausgesetzten Pflanze ausgeführt werden, so ergibt sich, vorausgesetzt dass die Temperatur nicht allzu niedrig ist, ein bestimmter Unterschied, welcher in quantitativer Hinsicht meistens recht geringfügig ist, aber doch principielle Bedeutung besitzt. Allerdings führen die vorher aufrechten Sprosse auch auf dem Klinostaten meistens so energische Krümmungen aus, dass die Spitze der Blütentraube schliesslich den Erdboden im Topfe berührt, allein erstens tritt gegenüber den frei aufgestellten Pflanzen eine merkbare Verzögerung des Krümmungsverlaufes ein, und zweitens bleibt der untere Teil der Hauptachse gerade oder zeigt nur eine ganz unerhebliche Krümmung. Bei ortotropen Pflanzen, die bei niedriger Temperatur der Schwerkraft in normaler Weise ausgesetzt werden, krümmt sich der Stengel schon unmittelbar oberhalb der Erde horizontal, und der ganze Krümmungsprozess geht merkbar schneller von statten.

Werden *Corydalis*-pflanzen bei einer Temperatur kultiviert, die zwischen den jetzt besprochenen Extremen etwa die Mitte hält, so nehmen die Sprosse eine schräg

aufwärts gerichtete Stellung ein; so orientierte Pflanzen sieht man oft im Freien im Spätfrühling oder auch zeitiger, wenn das Wetter ungewöhnlich warm ist. Schwankt die Temperatur etwa zwischen + 5 — + 13° C., so nehmen die Sprosse eine genau horizontale Stellung ein, wie aus der Fig. 1 Taf. III ersichtlich ist.

An besonders schattigen Stellen, wie sie in Wäldern mit Gebüsch öfters vorhanden sind, fallen die *Corydalis*-pflanzen nicht selten durch ihren fast aufrechten Wuchs auf, während sie gleichzeitig an anderen, der Sonne exponierten Lokalitäten dem Erdboden dicht angepresst sind. Es beruht dies offenbar darauf, dass der geringere Lichtgenuss die geotropische Stimmung beeinflusst, wobei auch die Epinastie mitbetroffen wird. Verdunkelt man nämlich *Corydalis*-pflanzen, die sonst bei niedriger Temperatur gehalten werden, so richten sie sich negativ geotropisch in die Höhe, und die Epinastie verschwindet; bei gewissen, nicht allzu niedrigen Temperaturen genügt offenbar eine Verminderung der Lichtintensität um den gleichen Effekt hervorzubringen¹⁾.

Aus den jetzt referierten Befunden lässt sich folgendes mit Rücksicht auf das geotropische Verhalten der *Corydalis*-Sprosse erschliessen. Bei ganz niedriger Temperatur dominiert die Epinastie, und der Geotropismus tritt, wenn er überhaupt vorhanden ist, ziemlich in den Hintergrund; die Sprosse sind in diesem Stadium halbkreis-sichelförmig gekrümmt, die stark hyponastischen Blätter zeigen keine Orientierung zum Lichteinfall. Bei etwas höherer Temperatur wachsen die Sprosse völlig horizontal, offenbar auf Grund ihrer Diageotropismus, und die Blätter orientieren sich euphotometrisch gegen den Lichteinfall; die Epinastie ist jetzt erheblich schwächer. Steigt die Temperatur noch um ein Paar Grad, so werden die Sprosse klinotrop, mehr oder weniger schräg aufwärtsgerichtet, und bei Temperaturen über 15° C. verhält sich die *Corydalis* durchaus wie eine ortotrope Pflanze mit negativ geotropischer Hauptachse.

Der jetzt geschilderte *Corydalis*-typus unterscheidet sich vom *Holosteum*- und *Lamium*-typus vor Allem durch die viel grössere Rolle, welche die Epinastie im normalen Leben der Pflanze spielt.

Es muss aber betont werden, dass keineswegs alle bei uns wildwachsenden *Corydalis*-Arten sich wie *C. pumila* und *C. fabacea* verhalten. Allerdings zeigt *Corydalis cava* eine unverkennbare Psychroklonie, aber diese äussert sich — bei blühenden Pflanzen wenigstens — eigentlich nur darin, dass die Hauptachse bei niedriger Temperatur dicht oberhalb der Erde eine ziemlich steile Krümmung macht, so dass der ganze Spross mit der Blütentraube eine annähernd horizontale Lage einnimmt. Ob diese Krümmung epinastischer oder geotropischer Natur ist oder vielleicht durch Zusammenwirken von beiden Krümmungstendenzen zu stande kommt, konnte ich

¹⁾ Ganz analoge Beobachtungen habe ich u. A. für *Lamium purpureum* und *Veronica hederifolia* gemacht: an schattigen Stellen im hiesigen botanischen Garten, besonders unter Taxusbäumchen wachsen diese Pflanzen fast ganz aufrecht zur selben Zeit wo die der Sonne exponierten Individuen sich dem Boden anschmiegen.

bisjetzt nicht ermitteln, weil die *C. cava* sehr empfindlich, und nur sehr kurze Zeit zu haben ist¹⁾.

Bemerkenswert ist schliesslich, dass *C. solida*, die wohl mit *C. pumila* ziemlich verwandt ist und in Schweden spontan oder wenigstens subspontan vorkommt, nach meinen Erfahrungen fast keine Psychroklinie zeigt. Die Sprosse wachsen auch bei niedriger Temperatur negativ geotropisch aufwärts oder höchstens phototropisch-schräg.

Andere Fälle von Psychroklinie.

An dieser Stelle werden einige Pflanzen aufgeführt, welche eine unverkennbare Psychroklinie aufzeigen, aber bisjetzt nicht näher untersucht wurden.

Anthemis arvensis. Unter den *Compositen* habe ich schon bei anderer Gelegenheit *Chrysanthemum Leucanthemum* und *Antennaria dioica* als psychroklinsche Pflanzen namhaft gemacht. Von der erstgenannten Art existieren indessen mehrere verschiedene Rassen, die nicht nur durch Behaarung, Blattform u. s. w., sondern auch durch die Wachstumsrichtung der Frühjahrssprosse unter einander abweichen; einige Rassen zeigen im Frühling ausgeprägte Psychroklinie, indem die Sprosse bei niedriger Temperatur horizontal wachsen, andere Rassen wachsen dagegen auch bei kühler Witterung vom Anfang an gerade aufwärts. *Anthemis arvensis* stimmt, soweit meine Beobachtungen reichen, sehr nahe mit den psychroklinschen *Chrysanthemum*-Rassen überein. Der Hauptspross bleibt im Wachstum zurück, allein die Seitensprosse wachsen heran, und strahlen im Frühjahr radiär und horizontal vom Centrum aus, wie die Fig. 5 Taf. III zeigt. Bleibt das Wetter im Frühling kühl, wie es heuer (1908) gewesen ist, so können die fortwährend genau horizontal gerichteten Sprosse eine Länge von 15—20 cm. erreichen und Blütenknospen hervorbringen; allem Anscheine nach würde die *Anthemis arvensis* ihren ganzen Lebenszyklus als plagiotrope horizontal wachsende Pflanze durchmachen können. Wenn die Temperatur sich dem Nullpunkt nähert, dann krümmen sich die Sprosse unter die Horizontale, bei höherer Temperatur erheben sie sich über die Horizontale, können aber, falls das Wetter nicht zu warm wird, wochenlang in klinotroper Lage verharren. Bei 20° C. tritt aber rein negativer Geotropismus ein. Die Krümmungsfähigkeit wird in den Frühjahrssprossen auffallend lange erhalten.

Linaria paradoxa. Im botanischen Garten zu Lund wird unter dem Namen *Linaria paradoxa* eine *Linaria*-Art kultiviert, die offenbar psychroklinsche Eigenschaften besitzt. Die Pflanze ist ein wintergrünes Kraut, dessen Sprosse im Winter und Frühjahr dem Erdboden dicht angepresst sind, die sich aber sofort erheben, wenn die Pflanze in ein warmes Zimmer gebracht wird. Die Versuche, welche ich

¹⁾ Auch *C. fabacea* u. *C. pumila* sind bekanntlich sehr kurzlebig, aber lassen sich doch schon Mitte März recht gut treiben.

mit dieser Pflanze anstellen wollte, wurden dadurch vereitelt, dass meine im botanischen Garten ausgestellten Topfkulturen weggestohlen wurden.

Plantago media. Die langen Blütschäfte dieser Pflanze liegen bei niedriger Temperatur fast horizontal, dabei nicht selten schlangenförmig gekrümmt, bei höherer Temperatur erheben sie sich sofort negativ geotropisch.

Myosotis arvensis. Diese Art, welche offenbar den *plantae annuae hiemantes* ASCHERSCHONS anzureihen ist, zeigt ausgeprägte Psychroklinie; stimmt anscheinend am nächsten mit *Anthemis arvensis* überein.

Alchemilla vulgaris. Unter den Elementar-Arten dieser Sippe giebt es mehrere, welche psychroklinsch reagieren, so dass die Sprosse bei kaltem Wetter noch Mitte Mai ganz horizontal wachsen; bei etwas höherer Temperatur werden die Sprosse klinotrop, eine Lage, die sie im Freien oft lebenslänglich behalten, bei 20° C. wachsen sie aber völlig aufrecht.

Euphorbia Esula und verwandte Arten. Ende April — Anfang Mai zeigen die jungen Sprosse (die nicht überwintert haben sondern soeben aus der Erde hervorgekrochen sind) einen recht eigentümlichen Anblick. Sie sind nämlich dicht oberhalb der Erde scharf knieförmig gebogen, so dass der oberirdische Teil des Stengels horizontal gerichtet ist. Bei höherer Temperatur streckt sich der Spross rasch gerade, bei niedriger Temperatur kommt die Krümmung wieder zum Vorschein. Ich habe bisjetzt keine Gelegenheit gehabt, diese Krümmungsbewegung, die offenbar psychroklinscher Natur ist, näher zu analysieren. Andere *Euphorbia*-Arten z. B. die überwinterte *Euphorbia Lathyris*, zeigen derartige Bewegungen nicht.

Von anderen Pflanzen, die allem Anscheine nach psychroklinsch reagieren, die ich aber bisjetzt nur gelegentlich beobachten konnte, mögen erwähnt werden: *Dactylis glomerata*, *Galium Mollugo* und (wahrscheinlich) *Potamogeton crispus*. Die submers wachsenden beblätterten Wintersprosse der letztgenannten Pflanze wachsen bei niedriger Temperatur völlig horizontal, mit einer gewissen Neigung zur Epinastie, erheben sich aber bei höherer Temperatur, wahrscheinlich in folge einer Umstimmung des Geotropismus.

Die durch Temperaturwechsel hervorgerufenen Bewegungen der Blütenstiele.

Anemone nemorosa.

Die Blütenbewegungen von *Anemone stellata*, mit welcher *A. nemorosa* in der Hauptsache übereinzustimmen scheint, sind schon vor Jahren von VÖCHTING¹⁾ beschrieben worden. In meiner schon öfters citirten Arbeit berichtete ich über Klinostatenversuche, die meiner Ansicht nach bewiesen, dass es sich bei den Blütenstielen von *Anemone* um eine Art thermonastischer Bewegungen handelt, die als

¹⁾ Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. XXI (1889) p. 285.

physiologisch ungleichwertig scharf von den vorher beschriebenen, auf geotropischer Reizumstimmung beruhenden Krümmungsbewegungen zu trennen sind».

In den letzten drei Jahren — die betreffenden Experimente können jedes Jahr nur einige Wochen gemacht werden — habe ich die Blütenstiele von *Anemone nemorosa* einer erneuten Prüfung unterzogen, die im wesentlichen meine Angaben von 1902 bestätigt hat. Lässt man Pflanzen bei niedriger Temperatur auf dem Klinostaten rotieren, so bleiben die vorher gekrümmten Blütenstiele in dieser Lage, oder sie krümmen sich in gewohnter Weise, wenn die Stiele vorher durch hohe Temperatur in die gerade Stellung versetzt waren. Andererseits strecken sich die vorher gekrümmten Stiele gerade, wenn sie auf dem Klinostaten rotierend in die Wärme überführt werden. Krümmung und Geradestreckung erfolgt also ohne Verminderung der Amplitude ebenso gut auf dem Klinostaten als wenn die Schwerkraft einseitig angreift; diese Bewegungen sind offenbar, wie ich auch l. c. hervorhob, rein *thermonastischer Natur*.

Indessen macht sich bei diesen Versuchen ein zeitlicher Unterschied geltend, je nachdem die Bewegungen in normaler Lage oder auf dem Rotationsapparat ausgeführt werden. Im letzten Falle tritt — nicht immer, aber in den *meisten* Fällen — eine Verzögerung ein, sodass die Stiele der normal aufgestellten Pflanzen die der Temperatur entsprechende Lage *erheblich früher* erreichen als die anderen. Die Zeitdifferenz beträgt gewöhnlich 3—6 Stunden, unter Umständen noch mehr. Dies Verhalten der Stiele spricht dafür, dass unter normalen Umständen ausser der Epinastie noch ein anderer Faktor bei der Krümmung wirksam ist; dieser Faktor kann kaum anderes sein als ein *geotropischer* Stimmungswechsel.

Das geotropische Verhalten der oberirdischen *Anemonesprosse* ist nun recht interessant. Legt man eine bei höherer Temperatur wachsende Pflanze mit aufrechtem Blütenstiel horizontal, so erfolgt sehr prompt eine geotropische Aufwärtskrümmung, allein diese findet keineswegs im Blütenstiel statt, sondern setzt ein im Hauptspross etwa 0,5—1 cm. unterhalb der Insertion der drei Laubblätter; diese Krümmung, die bei 20° C. schon innerhalb zwei Stunden gut bemerkbar ist, schreitet später noch 1—2 cm. nach unten. Der Blütenstiel bleibt während dieser ganzen Zeit gerade, und wird durch die Krümmungsbewegung des Hauptsprosses ganz passiv in die normale (aufrechte) Lage gebracht. Trotzdem besitzt auch der Blütenstiel geotropische Eigenschaften; denn fixiert man den Hauptspross in horizontaler Lage, so dass er sich nicht aufrichten kann, so macht der Blütenstiel eine Aufwärtskrümmung, die offenbar durch negativen Geotropismus hervorgerufen ist.

Bei niedriger Temperatur unterliegt nun offenbar auch dieser Geotropismus, so schwach ausgebildet er sonst ist, einem Stimmungswechsel, so dass der obere Teil des Blütenstiels positiv-klinotropen oder sogar positiv-parallelotropen Geotropismus aufzeigt. Legt man im Freien eine *Anemone nemorosa* mit nickendem Blütenstiel horizontal, so erhebt sich der Hauptspross durch eine Krümmung an der schon bezeichneten Stelle unterhalb der Laubblattinsertion vertikal aufwärts, so dass der nickende Blütenstiel passiv in die bei niedriger Temperatur normale Lage zurück-

geführt wird. Fixiert man aber bei niedriger Temperatur den horizontal gelegten Hauptspross, so dass er sich nicht krümmen kann, und sorgt man gleichzeitig dafür dass der bogenförmig gekrümmte Blütenstiel *nach oben* gerichtet wird, so führt der obere Teil des Stiels immer gewisse Bewegungen aus, wodurch die Blüte wieder in die normale nickende Lage zurückgeführt wird. Diese Bewegungen, deren Verlauf im Einzelnen ich nicht genau verfolgt habe, die aber meistens als seitliche Krümmungen im oberen Teile des Blütenstiels auftreten, können nur auf geotropischer Reizbarkeit beruhen.

Die durch Temperaturwechsel hervorgerufenen Krümmungsbewegungen der Blütenstiele von *Anemone nemorosa* sind also teilweise rein *thermonastischer* Natur, und zwar reicht die *Thermonastie* aus, um die betreffenden Bewegungen in ihrer ganzen Amplitude auszuführen. Andererseits werden diese Bewegungen auch durch einen geotropischen Stimmungswechsel begünstigt, der den zeitlichen Verlauf beeinflusst und wohl auch in gewissen Fällen eine genaue Orientierung der Blüten zur Lotlinie ermöglicht.

Anemone Hepatica u. *A. ranunculoides*.

Das Leberblümchen stimmt mit Rücksicht auf die Psychroklinie der Blütenstiele im wesentlichen mit *A. nemorosa* überein. Nur der obere Teil der Blütenstiele reagiert auf Temperaturschwankungen; der untere Teil bleibt immer negativ geotropisch. Auf dem Klinostaten werden die *thermonastischen* Bewegungen in ihrer vollen Amplitude ausgeführt, allein durch Fixierung der untersten Teil des Blütenstiels kann man doch konstatieren, dass auch der *thermonastisch* reagierende obere Teil geotropische Reaktionsfähigkeit besitzt, und zwar eine verschiedene je nach der Temperatur. In allen diesen Punkten stimmt *A. Hepatica* mit *A. nemorosa* überein.

Etwas verschieden verhält sich dagegen *A. ranunculoides*¹⁾. Bei schönem Wetter stehen die laubtragenden Sprosse und die Blütenstiele ganz aufrecht, allein bei sinkender Temperatur findet die hauptsächlichste Krümmung im *Laubspross* statt, und zwar 1—2 cm. unterhalb der Insertion der Blätter. Auch der Blütenstiel krümmt sich etwas, aber meistens nur schwach. Die betreffende Krümmung des Laubsprosses ist, wenigstens in der Hauptsache, durch Epinastie bedingt; denn legt man einen Topf mit mehreren bei höherer Temperatur aufrecht gewachsenen Pflanzen *horizontal* bei niedriger Temperatur, so erfolgen im Laubsprosse Krümmungen, die aber, wenigstens anfangs, zur Lotlinie keine gar keine Beziehung zeigen. Auch diejenigen Krümmungen, durch welche junge Pflanzen bei kaltem Wetter an die Erde gepresst werden, dürften in erster Linie auf Epinastie beruhen. (Vgl. Taf. III, Fig. 6.)

¹⁾ Von dieser Art gibt es, ebenso wie von *A. nemorosa*, zahlreiche, morphologisch von einander sehr abweichende Rassen, welche sich vielleicht nicht alle in physiologischer Hinsicht gleich verhalten.

Legt man aufrecht wachsende Pflanzen von *A. ranunculoides* horizontal bei höherer Temperatur, so erfolgt die Aufwärtskrümmung gleichzeitig im oberen Teile des Laubsprosses und im Blütenstiel; letzterer wird also in diesem Falle auch durch seine eigene Fähigkeit, und nicht ganz passiv wie bei *A. nemorosa*, in die normale Lage gebracht.

Das Vorkommen von Statolitenstärke bei den psychroklinen Pflanzen.

Seit der Veröffentlichung meiner Untersuchung »Über den Geotropismus einiger Frühjahrspflanzen« wurden von mehreren Seiten (NOLL, JOST) darauf hingewiesen, dass mit Rücksicht auf die Statolithentheorie eine anatomische Untersuchung der Sprosse auf Stärke im ortotropen und plagiotropen Zustande sehr wünschenswert wäre. Falls die Statolithentheorie gelten soll, so wird sie nach JOST »nicht nur nachzuweisen haben, dass die durch Kälte der Stärke beraubten Pflanzen ageotropisch werden, sondern sie wird auch zeigen müssen, dass die durch Kälte geotropisch umgestimmten Pflanzen die Stärke nicht verlieren«¹⁾.

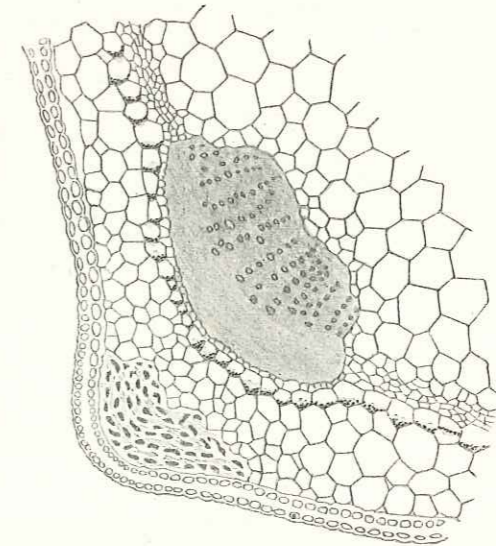
HABERLANDT hat dann auch diesem Punkte einige Aufmerksamkeit gewidmet, und gibt an²⁾, dass bei *Lamium purpureum* am 1 Januar, wo die Pflanze horizontal ausgebreitet, dem Boden anliegend vegetierte, die Stärkescheide in jedem Chlorophyllkorn ein einziges, ziemlich grosses Stärkekorn enthielt, sonst war die Pflanze bis auf die Spaltöffnungszellen vollkommen stärkefrei. Bei *Stellaria media*, welche von HABERLANDT schon am 9 November horizontal ausgebreitet vorgefunden wurde, enthielten die Chlorophyllkörner der Stärkescheide in den jüngeren Stengelknoten ziemlich grosse Stärkekörner. Ueber andere psychrokline Pflanzen und vor allem über das Vorkommen von Stärke in den horizontal wachsenden Frühjahrsprossen macht HABERLANDT keine Angaben, und so viel ich weiss hat auch kein anderer Forscher sich mit diesen Verhältnissen beschäftigt. Da indessen der Kampf um die Statolithentheorie noch immer im vollen Flusse ist, habe ich geglaubt, dass einige Angaben, welche diese Lücke unserer Kenntnisse ausfüllen, hier am Platze seien.

Lamium purpureum. Die horizontal kriechenden, dem Boden dicht anliegenden Sprosse enthalten schon Mitte März eine schön ausgebildete, kontinuierliche, einschichtige Stärkescheide mit zahlreichen beweglichen Stärkekörnern (Fig. 1). Entsprechend der langen Dauer der Krümmungsfähigkeit enthalten die Sprosse noch in einem Abstände von 15—20 cm. vom Gipfel reichliche Statolitenstärke. In den durch höhere Temperatur aufrecht gewordenen Sprossen herrschen analoge Verhältnisse, doch ist natürlich hier die Lage der Stärkekörner eine andere.

¹⁾ Bot. Zeit. Jahrg. 60 (1902), II Abt. Sp. 258.

²⁾ Jahrb. f. wiss. Botanik. S. 458.

Holosteum umbellatum. Auf Grund meiner Angabe, dass die horizontal wachsenden Holosteumsprosse in der Wärme schon nach 1 1/2 Stunde eine deutliche geotropische Aufwärtskrümmung zeigen, vermutet HABERLANDT¹⁾, dass in diesem Falle »wohl die Stärke durch die vorherige Temperaturniedrigung überhaupt nicht zum Verschwinden gebracht worden sei«. Diese Vermutung HABERLANDT's ist insofern richtig, als schon im Februar, wenn das Wetter einigermaßen milde gewesen ist, die horizontal wachsenden Holosteumstengel regenerierte Statolitenstärke führen. Dieselbe befindet sich in einer kontinuierlichen, ziemlich peripher gelegenen Stärkescheide, die von der Epidermis nur durch 3—4 chlorophyllführenden Zellschichten und von einer ebenfalls 3—4-schichtigen Grundgewebe von den Gefässbündeln getrennt ist. So lange die Sprosse in ihrer ganzen Länge krümmungsfähig sind, enthalten sie auch in allen Teilen Statolitenstärke; später, wenn die Stengel eine Länge von 15—20 cm. erreicht haben, und zwischen Stärkescheide und Gefässbündelkreis ein 3—4-schichtiger Sklerenchymring zur Ausbildung gelangt ist, bleibt die Krümmungsfähigkeit nur in den Nodis erhalten, und in solchen Stengeln ist die Statolitenstärke nur auf die Nodi beschränkt. Hier ist aber die Stärkescheide auffallend schön ausgebildet, was übrigens mit den schon von HABERLANDT²⁾ bei typischen Gelenkpflanzen gemachten Befunden übereinstimmt.



Lamium purpureum: Querschnitt durch einen horizontal wachsenden Stengel Anfang April.

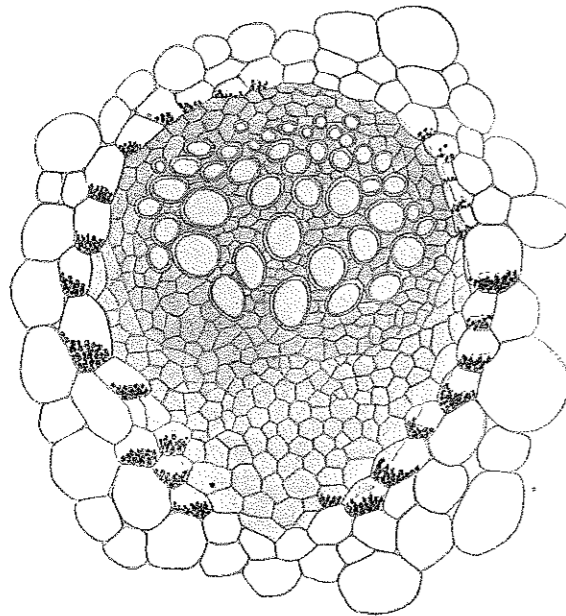
Veronica hederifolia. Die Gefässbündel bilden hier einen central gelegenen, sehr früh geschlossenen Ring, der von 8—10 Schichten einer Chlorophyllführenden Rinde umgeben ist. Unmittelbar an dem Gefässbündelring liegt eine kontinuierliche, schön ausgebildete Stärkescheide, in welcher die Statolitenstärke schon sehr früh — in Südschweden Mitte März — regeneriert wird. In langen Sprossen war bewegliche Stärke noch in einem Abstände von 14 cm. vom Gipfel vorhanden; 25 cm. vom Gipfel war die Stärke verschwunden, hier war aber die frühere Stärkescheide auffallenderweise reichlich anthocyanführend.

Corydalis pumila u. *C. fabacea*. Die horizontal wachsenden Sprosse besitzen keine kontinuierliche Stärkescheide, dagegen um jedes Gefässbündel eine schön ausgebildete Stärkesichel, deren Schenkel unter Umständen einander berühren; letzteres

¹⁾ l. c.

²⁾ Vgl. HABERLANDT, l. c. S. 452.

ist in den Blütenstielen regelmässig der Fall, so dass hier jedes Gefässbündel von einer ringsum geschlossenen Stärkescheide umgeben wird. (Vgl. nebenstehende Fig.)



Corydalis pumila: Gefässbündel aus dem horizontal wachsenden Stengel Mitte April.

Anthemis arvensis. In den horizontal wachsenden Stengeln eine schön ausgebildete kontinuierliche Stärkescheide vorhanden.

Viola tricolor var. arvensis. Wie die vorige Art.

Anemone nemorosa. In dem Laubspross findet sich etwa 1 mm. unterhalb der Insertion der Laubblätter, wo die geotropische Reaktionsfähigkeit sehr stark entwickelt ist, ein schön ausgebildeter Statolithenapparat, der als eine kontinuierliche, vor den Gefässbündeln 1-schichtige, zwischen ihnen 3—5-schichtige Stärkescheide auftritt. Weiter nach unten (etwa 3 cm.), wird die Scheide einschichtig, und 6—7 cm. unterhalb der

Laubblattinsertion, wo keine geotropische Krümmung mehr stattfindet, ist die Statolithenstärke verschwunden.

Im *Blütenstiel* führt die obere, krümmungsfähige Partie reichliche Statolithenstärke, der untere unbewegliche Teil des Stiels dagegen keine.

Ganz übereinstimmend verhalten sich *Anemone ranunculoides* und *A. Hepatica*.

Die jetzt referirten Befunde lassen sich kurz dahin resumieren, dass das Auftreten von beweglicher Stärke bei den psychroklinalen Pflanzen vollkommen den Anforderungen der Statolithentheorie entspricht. Hier wie auf anderen Gebieten zeigt es sich, dass die anatomischen Tatsachen entschieden für die Richtigkeit der Theorie sprechen. Die Schwierigkeiten liegen ja eben auf dem physiologischen Gebiete, wo die schönen Untersuchungen von FITTING und seinem Schüler BACH Tatsachen ans Licht gebracht haben, die anscheinend recht schwer mit der HABERLANDT-NEMEC-schen Theorie zu vereinigen sind. Andererseits haben ja in aller jüngster Zeit die Untersuchungen von BUDER Resultate gezeitigt, die wenn sich die betreffenden Beobachtungen als richtig herausstellen werden, was ja sehr wahrscheinlich dünkt, offenbar geeignet sind, die Statolithentheorie fast unentbehrlich zu machen.

¹⁾ BUDER, Untersuchungen zur Statolithentheorie, Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch. Bd. XXVI, S. 162.

Figuren-Erklärung.

Tafel I.

Viola tricolor var. arvensis. Fig. 1: im Gewächshause bei ziemlich hoher Temperatur (+20°) kultivirt; Fig. 2: bei 5—12° C im Freien. Fig. 3: bei Temperaturen unter +5°; die Sprosse epinastisch nach unten gekrümmt.

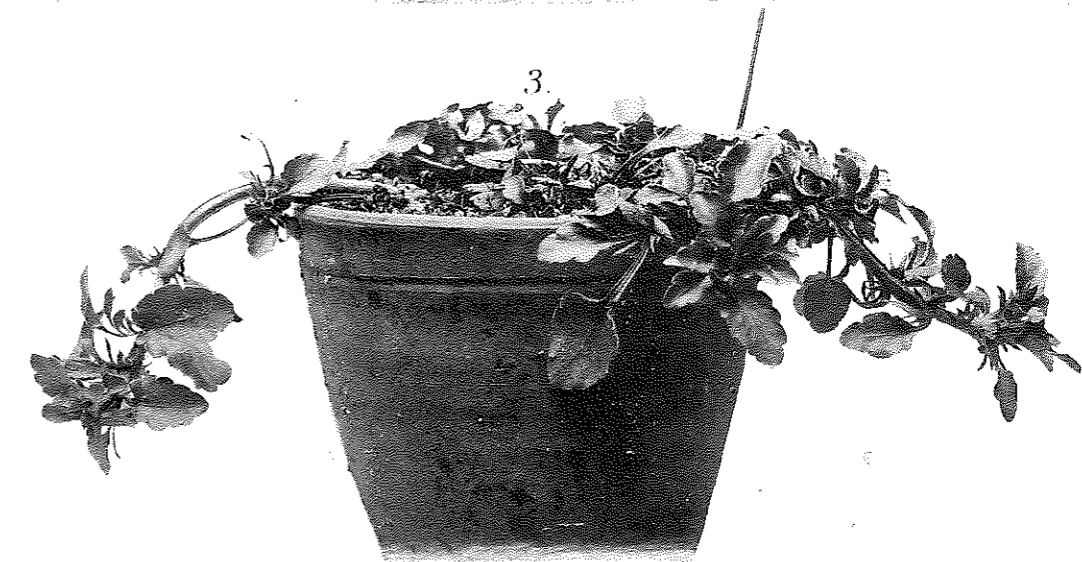
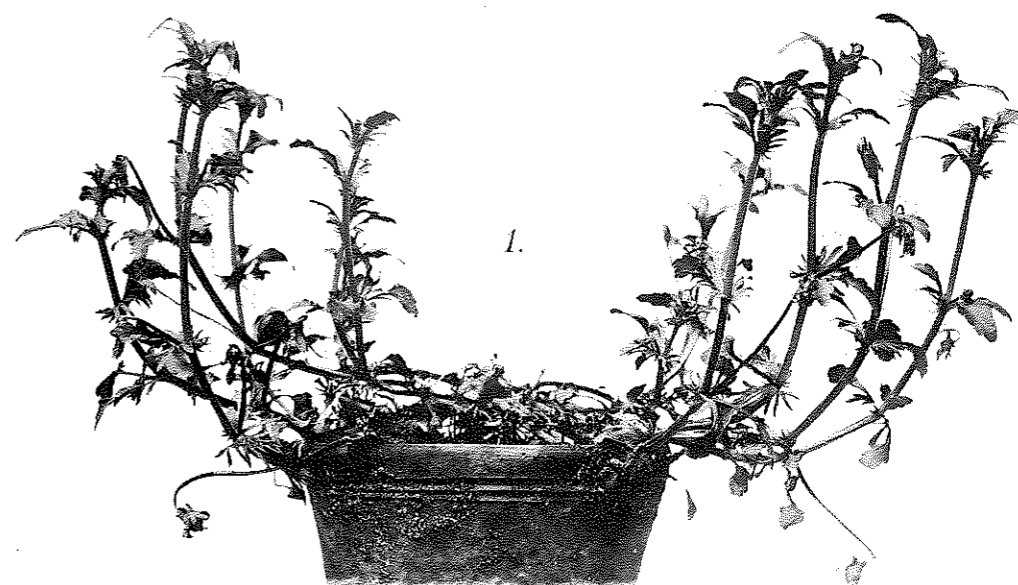
Tafel II.

Fig. 1 und 2. *Corydalis pumila*, im Freien bei niedriger Temperatur kultivirt. — Fig. 3: die Pflanze in Fig. 1 nach einigem Aufenthalt bei höherer Temperatur (17—20° C). Fig. 5: dieselbe Pflanze wie im Fig. 3, nach einem zweitägigen Aufenthalt im Freien bei niedriger Temperatur (Anfang Mai). Fig. 4: Dieselbe Pflanze wie in Fig. 2, nach Rotation auf dem Klinostaten in der Wärme; Temperatur und Dauer der Wärmewirkung ganz dieselben wie bei der in Fig. 3 abgebildeten Pflanze. Fig. 6: bei höherer Temperatur gewachsene ortotrope Pflanze. Fig. 7: eine anfänglich ortotrope Pflanze nach zweitägiger Rotation auf dem Klinostaten bei niedriger Temperatur.

Taf. III.

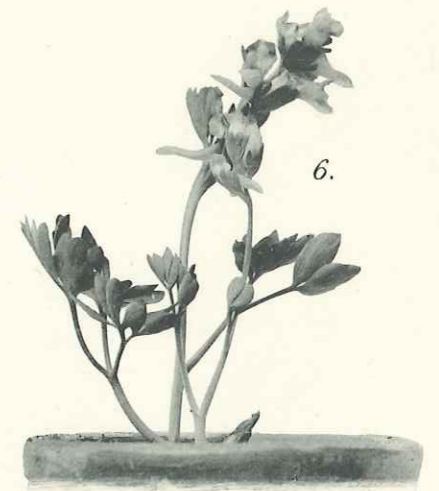
Fig. 1. *Corydalis pumila* bei mittlerer Temperatur (+5 — +12° C) erwachsen, transversalgeotropisch. Fig. 2: *Corydalis pumila* ältere, ursprünglich ortotrope Pflanze, die nachher niedriger Temperatur ausgesetzt wurde. Nur der Oberteil des Blütenschafts und ein kleiner Nebenspross sind noch krümmungsfähig. Fig. 3: *Corydalis pumila*, bei niedriger Temperatur, von oben gesehen. Fig. 4: *Corydalis cava* bei niedriger Temperatur. Fig. 5: *Anthemis arvensis* bei niedriger Temperatur transversalgeotropisch. Fig. 6: Junge Pflanzen von *Anemone ranunculoides* bei niedriger Temperatur, epinastisch dem Boden angeschniegt.

(Fertiggedruckt am 23. Juli 1908.)



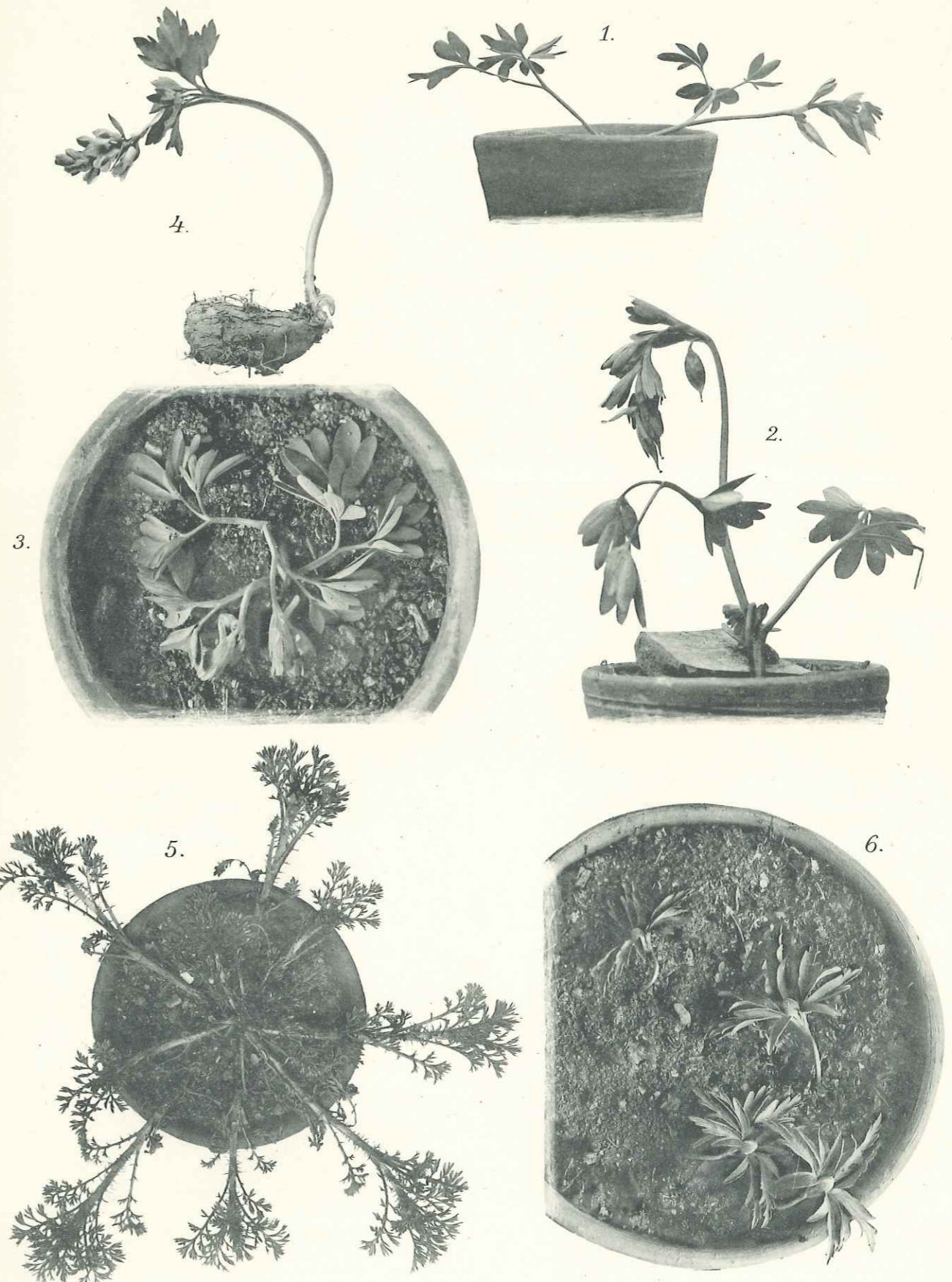
O. F. Mattsson & autor phot.

Ljust. Cederquists Graf. A.-B., Sthlm.



O. F. Mattsson & autor phot.

Ljust. Cederquists Graf. A.-B. Sthlm.



O. F. Mattsson & autor phot.

Ljustr. Cederquists Graf. A.-B., Sthlm.