Die Krümmungsbewegungen des Hypokotyls von Viscum album, ihre zeitliche Folge, insbesonders der Nachweis seiner negativ geotropischen Reaktion. Beziehungen zwischen Lichtgenuß und Keimung, sowie Erhaltung des Keimvermögens der Mistelsamen.

Von

E. Heinricher.

Mit Tafel I—III und 4 Textfiguren.

Die Mistel wurde bis in die jüngste Zeit als Beispiel einer Pflanze angeführt, die gar nicht geotropisch sei. Belege hiefür bieten die verschiedensten Werke und Lehrbücher. Es sei als Beispiel nur auf Josts „Vorlesungen über Pflanzenphysiologie“ [1]) hingewiesen, ein Buch, dem man kritische Behandlung des Stoffes im allgemeinen kaum absprechen wird. Daß oben genannte Auffassung jedoch irrig ist, habe ich vor kurzem nachgewiesen [2]). Jeder junge Trieb eines Mistelbusches zeigt im Frühjahr eine Periode geotropischer Empfindlichkeit und einer infolge dieser auftretenden negativ geotropischen Reaktion. Das Übersehen dieser Tatsache erklärt sich daraus, daß die Stellung der Mistelbüsche an den Wirtsbäumen zumeist für solche Beobachtungen wenig günstig ist, aber auch daraus, daß die geotropische Reaktion keine dauernde ist und bald von Nutationskrümmungen abgelöst wird.

In gleicher Weise hat man seit Duhamel [3]) auch dem Hypokotyl der Mistel jede geotropische Empfindlichkeit abgesprochen.

---

1) 3. Anflage, 1913, S. 576.

2) E. Heinricher: Bei der Kultur von Misteln beobachtete Korrelationserscheinungen und die das Wachstum der Mistel begleitenden Krümmungsbewegungen. (Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch., Wien, math.-naturw. Klasse, Bd. CXXII, Abt. I, 1913, 22 S., 3 Taf.)

3) Zitiert nach Keeble.

F. W. Keeble[1]) sagt in seiner Arbeit „Observations on the Loranthaceae of Ceylon“ im 4. Kapitel, in dem Krümmung und Wachstum des Hypokotyls verschiedener Spezies von *Loranthus* behandelt wird: „Duhamel (Physiologie des Arbres, 1758, vol. II, p. 137) also long ago proved that „gravity“ has no directive influence on the hypocotyl of *V. album*“. Das gleiche behauptet Keeble unmittelbar darauf auch für die Hypokotyle zweier Ceyloneser *Loranthus*-Arten: „I may say at once that, although it was almost superfluous, the absence of geotropism and the existence of negative heliotropism were confirmed by me in the hypocotyls of two spec. of *Loranthus*, — *L. loniceroides* and *L. neelgherrensis*. In the cases of *L. cuneatus*, *L. longiflorus*, *L. capitellatus* and *Notothixos floccosus* also, observations made on the direction of curvature during germination experiments showed that geotropism plays no part, and negative heliotropism a very great part, in effecting the curvature of the growing hypocotyl“.

Auch G. J. Peirce sagt in seiner Arbeit „The Dissemination and Germination of *Arceuthobium occidentale* Eng.“[2]), S. 105: „In this respect they are (die Hypokotyle von *Arceuthobium*) like *Viscum*, the roots of which are not geotropic“.

Erst Wiesner[3]) kam durch Beobachtungen an den Hypokotylen tropischer *Viscum*-Arten zur Überzeugung, daß diese auch geotropische Reaktionen ausführen, und weiter schließend, daß auch bei den Keimlingen unserer Mistel solche nicht fehlen. Über erstere berichtet er folgendermaßen: „Nach den zahlreichen Beobachtungen zu schließen, welche ich über die im Dunkeln oder im schwachen Lichte erfolgende Aufrichtung der Hypokotyle von *Viscum articulatum* und *V. orientale* anstellte, kann es wohl kaum einem Zweifel unterliegen, daß die sogenannten Würzelchen dieser Keimlinge negativ geotropisch sind“[4]). Und weiter: „Die Tendenz der Keimlingswürzelchen dieser beiden tropischen *Viscum*-Arten im Finstern

---

1) Transactions of the Linnean Society of London, 2nd Ser., Botany, Vol. V, London 1896, p. 91—117, 2 Pl.

2) Annals of Botany, Vol. XIX, 1905.

3) Pflanzenphysiologische Mitteilungen aus Buitenzorg. IV. Vergleichende physiologische Studien über die Keimung europäischer und tropischer Arten von *Viscum* und *Loranthus*. (Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch., Wien, math.-naturw. Klasse, Bd. CIII, Abt. I, 1894, S. 1—37.)

4) Experimentelle Versuche, welche Wiesner mit diesen *Viscum*-Arten plante, scheiterten, da die aus Java nach Wien mitgenommenen Samen verdarben.

oder in einem Lichte, welches unzureichend ist, um negativen Heliotropismus hervorzurufen, sich negativ geotropisch aufzurichten, steht wohl nicht mehr in Frage" und: „Die Emporkrümmung der Würzelchen, welche die Befestigung der an der Unterseite der Äste situierten Keimlinge ermöglicht, erfolgt hier zweifellos durch negativen Geotropismus."

Betreffend *Viscum album* äußert sich Wiesner, a. a. O., S. 31 folgendermaßen: „Mit jener Schärfe, mit welcher der negative Geotropismus des Würzelchens der tropischen *Viscum*-Arten hervortritt, stellt sich diese Wachstumsbewegung bei den Samen von *V. album* nicht ein. Man bemerkt allerdings nicht selten, besonders an älteren Keimlingen unserer Mistel, wenn die Würzelchen sich nach allen Richtungen frei bewegen können (z. B. wenn die Samen auf Nadeln aufgestellt keimen), die Tendenz zur Emporkrümmung, selbst wenn das stärkste Licht in der Richtung der Horizontalen oder von oben einfällt. Durch direkte Beobachtung der natürlichen Wachstumsrichtungen des Würzelchens läßt sich indes in dieser Frage keine Klarheit gewinnen, vielmehr muß zu diesem Behufe zur experimentellen Prüfung der Wachstumsrichtung geschritten werden." Eine solche hat Wiesner tatsächlich durchgeführt. Seinen diesbezüglichen Klinostatenversuch will ich später besprechen. Das Ergebnis erscheint nicht allzu schlagend gewesen sein. „Es krümmen sich aber nicht alle, sondern nur viele Würzelchen empor, zum Zeichen, daß dem negativen Geotropismus selbst in diesem Entwicklungsstadium noch spontane Nutationen entgegenwirken."

v. Tubeuf[1]) erwähnt eines Samens von *Viscum cruciatum*, der auf der Schattenseite eines Pappdeckels gekeimt war, dessen beide Keime sich weiter gestreckt haben „und zwar durchaus negativ geotrop".

In meiner vorangehend zitierten Arbeit habe ich in Fig. 4, Taf. II einen Mistelsamen zur Abbildung gebracht, der auf horizontal liegender Glasplatte zwei Embryonen entwickelte; der eine hatte das Hypokotyl nahezu vertikal aufgerichtet, der andere es der Glasplatte angeschmiegt und mit der Haftscheibe an jener befestigt. Bei dem Hypokotyl des ersteren war an eine negativ geotrope, zum Ausdruck gelangte Reaktion zu denken. Von 19 auf

1) „*Viscum cruciatum* Sieb., die rotbeerige Mistel". (Naturwiss. Zeitschr. f. Forst- u. Landwirtschaft, Bd. VI, 1908, S. 503.)

der Platte befindlichen Samen war noch bei 13 an den ausgewachsenen Hypokotylen eine mehr oder minder starke Aufrichtung feststellbar. Ich erörtere die Sache a. a. O., S. 14—18 und kann mich nur dahin entscheiden, daß das Vorkommen von Nutationen an Hypokotylen, die mit der Haftscheibe nicht zur Befestigung gelangt sind, sicher erwiesen scheine, nicht aber noch die Mitwirkung von negativem Geotropismus.

Es ist dabei zu bemerken, daß die genannten Beobachtungen gelegentlich von Versuchen gemacht wurden, die ich zu exakterer Analyse der Keimungsbedingungen von *Viscum album* durchführte und schon mehrere Jahre hindurch fortsetzte. Ein genauerer Verfolg der Wachstumsvorgänge am Hypokotyl der Keimlinge lag damals nicht im Bereiche der gesetzten Ziele. Auch war die betreffende Kultur unzweckmäßigerweise schon am 21. Dez. 1912 angelegt, die Keimung begann aber, da das Versuchsgewächshaus (N-Haus) in jenem Winter nicht geheizt war, erst am 24. März. Nach Ablauf derselben hatte die Kultur zunächst für mich kein weiteres Interesse, sie blieb aber stehen und am 25. Juni wurde gelegentlich die Aufrichtung der Hypokotyle der Keimlinge beobachtet. Infolge des Alters war aber auch schon eine reichliche Verpilzung der Kultur eingetreten und so konnten die gemachten Beobachtungen nur etwa als Anregung betrachtet werden, die Frage nach dem negativen Geotropismus des Mistelhypokotyls gelegentlich exakter in Angriff zu nehmen.

Eine weitere solche Anregung erwuchs aus den Versuchen, die, wieder zum Zweck der Analyse der Keimungsbedingungen, im gleichen Gewächshaus im Jahre 1914 durchgeführt wurden. In diesem Jahre wurden die Aussaaten der Mistelsamen auf die Platten erst nach dem 20. Februar ausgelegt; überwiegend wurden die Versuche im S-Haus durchgeführt, einige auch im N-Haus. Speziell war hier eine Platte als „Vergleichsplatte“ bezeichnet, insofern sie sich (resp. die auf ihr ausgelegten Samen) unter möglichst günstigen und normalen Bedingungen befanden[1]). Die Platte, belegt mit

1) Temperaturmaximum und -minimum sowie die relative Feuchtigkeit wurden täglich abgelesen und gebucht. Geheizt wurde das Haus untertags bis 1. IV. Es genügt, wenn ich anführe, daß während der Versuchszeit das Temperaturminimum nie unter 7° C sank, das Maximum nur einmal (30. IV.) 28° erreichte. Im Mittel bewegte sich die Temperatur zwischen 17—20° C. Die relative Feuchtigkeit sank nur während zweier Föhntage vorübergehend auf 50 %, zumeist betrug sie untertags im Mittel 70—80, nachts auch 90—100 %.

20 Samen, lag auf einem weißen Porzellanteller, Licht war als Ober- und Vorder (N-)-Licht geboten. Die Keimung setzte am 16. III. ein und waren bis 23. III. 17 Samen, am 25. IV. alle gekeimt. Im ganzen ergaben die 20 Samen 35 Keimlinge. Auf dieser Platte nun boten die Keimlinge am 20. V. ein Aussehen, das wohl mit größter Berechtigung auf geotrope Empfindlichkeit und negative Reaktionsfähigkeit des Mistelhypokotyls schließen ließ. Von den 35 Keimlingen zeigten 26 eine ausgesprochene Aufrichtung des Hypokotyls, von der Platte weg, dem Oberlichte entgegen. Eine Aufnahme, die am 20. V. gemacht wurde (schief von oben) und die in Fig. 1, Taf. I vorliegt, wird dies am besten erweisen. Zur Ergänzung wurde dann am 22. V. noch eine Profilaufnahme gewonnen, die Fig. 2, Taf. I bringt.

Noch an einer anderen mit 20 Mistelsamen belegten Glasplatte schien an den Hypokotylen der Keimlinge der negative Geotropismus zum Ausdruck zu kommen. Auch hier handelte es sich um ursprünglich ganz anders gesteckte Ziele. Die Platte lag vom 23. II. bis 21. III. über einer Wassermuschel auf einem Holzsteg horizontal, dem Ober- und S-Lichte, zeitweise heller Sonne, ausgesetzt. Am 16. III. war der erste Beginn von Keimung bemerkbar, am 21. III. war bei 2 Keimlingen diese bereits vorgeschritten, 7 zeigten Keimungsbeginn. Der ursprünglich geplante Versuch gelang nicht und auch diese Kultur wurde nun ins N-Haus übertragen und an der Westwand nahezu vertikal aufgestellt, wo sie Ober- und N-Licht hatte. Am 25. V. 14 ließ ich die Platte photographieren und liegt die Aufnahme in Fig. 3, Taf. I vor. Die Samen waren auf ihr nicht einheitlich orientiert, da, wie gesagt, ursprünglich andere Ziele verfolgt wurden. Immerhin läßt die Richtung der Hypokotyle vielfach eine Mitwirkung von Geotropismus neben Phototropismus vermuten. Es ist auffallend, daß so viele Hypokotyle mehr oder minder nach aufwärts, gegen das Oberlicht gewachsen sind. Ein genauerer Verfolg der Erscheinungen war aber auch hier nicht geübt worden. Diese Beobachtungen gaben Anlaß, im Frühjahr 1914 durch eigens ad hoc angelegte Versuche den Nachweis des negativen Geotropismus des Mistelhypokotyls exakt zu führen und den zeitlichen Verlauf des Wachstums am Mistelhypokotyl zu verfolgen. Alle Anzeichen sprechen dafür, daß die Hypokotyle zuerst eine Periode starker negativ phototropischer Empfindlichkeit haben, die, später abklingend, negativ geotropischer Reizbarkeit weicht und an die wieder einfache Nutationen anschließen, wenn

nicht durch die vorausgehenden Reaktionen eine Befestigung des Hypokotyls mittels der Haftscheibe am Substrate erreicht worden war.

Die Versuche im Frühjahr 1915.

Nach der Art ihrer Ausführung können dieselben als zwei Reihen bildend betrachtet werden.

In der ersten Reihe unterblieb jede Anwendung eines Apparates, es waren einfache, entweder bei horizontaler oder annähernd vertikaler Lage des Substrates, zumeist auf Glasplatten vorgenommene Aussaaten von je 20 Samen, die dann im N-Versuchsgewächshaus unter günstigsten[1]) Keimungsbedingungen und fortgesetzter Kontrolle der Keimungsvorgänge verliefen. Es handelte sich zum Teil um Wiederholung jener früheren Aussaaten, die, im Laufe der Keimung nicht näher verfolgt, durch das Endergebnis eben Anregung zu genauerer Erforschung der Verhältnisse geboten hatten. Durch Variationen und entsprechende Parallelkulturen waren naheliegende Fragen zu entscheiden und durch eine gleichartige Auslage der Samen auf jeder einzelnen verwendeten Platte war angestrebt, die Übersichtlichkeit der Ergebnisse zu erhöhen. Es sei gleich hier bemerkt, daß die Ausfälle dieser primitiveren Versuchsreihe erfolgreicher waren als die der zweiten.

Die zweite Versuchsreihe umfaßte Klinostatenversuche. Obwohl gerade sie eine exakte Beweisführung anstrebten, scheiterten sie an einer nicht zu erwarten gewesenen außerordentlichen Empfindlichkeit der Mistelsamen für eingeengten Lichtbezug. Allerdings haben die gleiche wichtige Erkenntnis auch die Versuche der ersten Versuchsreihe schon erbracht. Diese Klinostatenversuche werden daher eine nur kurze Besprechung erfahren. Nur eine der Versuchsanordnungen ergab ein teilweises Ergebnis und läßt, auf Grund der gewonnenen Erfahrung, bei Wiederholung ein gutes voraussehen.

Versuche der I. Reihe.

Alle Versuche wurden am 26. II. mit Beeren der Apfelmistel, die am Vortage im botanischen Garten gepflückt wurden, ange-

---

1) Bezüglich Temperatur und Feuchtigkeit gilt wesentlich das Gleiche, wie es die Fußnote S. 324 anführt. Das Temperaturminimum erreichte einmal (10. III.) 3° C, das Maximum 28° (8. V.). Das Minimum an relativer Feuchtigkeit betrug 58 %; die relative Feuchtigkeit war im ganzen etwas höher als im Jahre 1914, sie betrug untertags im Mittel 80 %, nachts, vorübergehend auch untertags, bis 100 %.

setzt und für jeden Versuch 20 Beeren verwendet. Alle Versuche wurden im N-Haus in diffusem Lichte durchgeführt[1]).

I. Der erste Versuch wurde unter den gleichen Bedingungen ausgeführt, unter denen die Keimungen im Frühjahr 1914 verlaufen waren und deren Ergebnis in den Fig. 1 u. 2, Taf. I vorliegt. Nur war außer einer gewöhnlichen (photographischen) Glasplatte[2]), die auf einem weißen Porzellanteller auflag (I b), zu einem Parallelversuch eine einseitig geätzte, rauhe Platte gleicher Größe verwendet, die auf der glatten Seite schwarz gestrichen war (I a). Auf beiden Platten wurden ferner die Samen gleichsinnig orientiert und zwar so, daß die Austrittsstelle der Hypokotyle vom N- (Vorder-) Lichte abgekehrt war. Die Platten waren dem Ober- und Vorderlichte ausgesetzt.

Die Frage war also die, ob sich ein Unterschied im Verhalten der Keimlinge geltend machen würde, je nachdem ob die Unterlage der Platte hell (weißer Porzellanteller) oder dunkel gewählt wird. Leider unterblieb die Aufstellung einer dritten Platte, die hellen Untergrund, aber rauhe Oberfläche, wie die dunkle Platte gehabt hätte, denn auch diese Unterschiede lagen zwischen den beiden verwendeten Platten vor.

Die Keimungen setzten am 10. III. auf beiden Platten gleichzeitig ein und verliefen mit einer merkbaren, wenn auch nicht sehr beträchtlichen Beschleunigung auf der Platte mit heller Unterlage (I b). So waren am 12. III. auf dieser 4 Keime, auf I a 2 im Hervorbrechen, am 18. III. auf I b 14, auf I a 11 Keimungen deutlich erkennbar. Am 22. III. glichen sich die Zahlen wesentlich aus, auf I b 19, auf I a 18 gekeimte Samen. (Auf jeder Platte erfolgte verspätet noch eine Nachkeimung schwacher Samen, auf I a am 28. IV., auf I b am 1. V.) Am 22. III. war auf beiden Platten bei den stärkeren Keimlingen auch schon die negativ phototrope Reaktion, besonders auf das Oberlicht, erkennbar.

Weiterhin war aber das Verhalten der Keimlinge auf den beiden Platten wesentlich verschieden. Während auf der Platte I a schon am 19. IV. alle Hypokotyle mit der Haftscheibe an der Platte hafteten und keine Aufkrümmungen derselben

---

1) Wo von gewöhnlichen Glasplatten die Rede ist, sind immer gereinigte, photographische Platten im Format 9 × 12 zur Verwendung gelangt.

2) In den Monaten während der Versuchsdauer kam im N-Haus kein Sonnenlicht zu den Kulturen.

erfolgten, waren auf der Platte I b bei den älteren Keimlingen solche schon zu beobachten. Hingegen fehlten bei I b Fixierungen mit der Haftscheibe, die Hypokotyle schoben sich an der Glasplatte hin, anscheinend auch durch das Vorderlicht geleitet. Fig. 3*a*, Taf. II gibt das Verhalten eines Samens mit zwei Embryonen, nach einer am 20. IV. gemachten Zeichnung, wieder.

Besser traten die Gegensätze zwischen den beiden Platten am 30. IV. hervor. Auf I b zeigten die Hypokotyle der Embryonen vorwiegend eine Aufrichtung, sagen wir kurz: eine negativ geotropische Reaktion; auf I a blieb sie völlig aus[1]). Daß nicht alle Hypokotyle von I b die geotropische Aufrichtung zeigten, hat zum Teil gewiß seinen Grund in einer mechanischen Hemmung, die auf der Zähigkeit des Viscinschleimes beruht. Die Hypokotyle sind durch den ± eingedickten Schleim oft sehr fest mit dem Substrate (Platte) verbunden. Fig. 3*a*, Taf. II zeigt dies für den zweiten Embryo des Samens, ohne Aufrichtung des Hypokotyls. Der gleiche Same ist nach Zeichnung am 13. V. nochmals in 3*b* wiedergegeben. Wir sehen, daß die Krümmung des einen Hypokotyls sich akropetal, gegen das plumulare Ende verschoben hat und daß eine leichte Aufkrümmung des verdickten Teiles auch bei dem zweiten, der Platte adhärierenden Hypokotyl zustande kam.

Das Endergebnis war also auf Platte I b wesentlich das gleiche, wie es im Frühjahr 1914 unter gleichen Bedingungen auf jener vorgefunden wurde, von der die Bilder Fig. 1 u. 2, Taf. I gewonnen wurden. 19 Samen hatten 31 Embryonen entwickelt, die Hypokotyle von 22 zeigten die negativ geotropische Aufrichtung.

Den Kontrast im Verhalten der Keimlinge auf I a und I b mögen aber die Fig. 1 u. 2, Taf. II, die am 27. V. 15 angefertigt wurden und die je ein Paar Samen mit typischem Verhalten der Embryonen vorführen, erläutern. Bemerkt sei, daß beide Kulturen bis zur Auflassung (27. V.) pilzfrei geblieben waren.

1) Genau genommen, ist dies nicht richtig. Der fixierte radikulare Pol des Hypokotyls konnte sich nicht aufrichten, aber am plumularen Pol ist die geotropische Reaktion erkennbar, wie auch aus Fig. 1, Taf. II ersehen werden kann. Sie äußert sich wohl in der mehr oder minder weit reichenden Abhebung des Samens vom Substrat, wie dies an dem mit Nr. *20* bezeichneten Samen mit seinem Keimling hervortritt. Denn ausgelegt wurden ja die Samen den Platten flach aufliegend. Es ist nicht anzunehmen, daß dies allein durch das Wachsen des Hypokotyls erfolgt; für eine Mitbeteiligung des Geotropismus sprechen besonders die Verhältnisse, die im Versuche III a zutage traten, auf den sowie auf Textfig. 2 hier hingewiesen sei.

Daß nun der Kontrast im Verhalten der Embryonen auf Platte I a und I b in den Verschiedenheiten der Platten beruht, ist klar. Die Verschiedenheit der Platten ist aber eine doppelte, a mit rauher Oberfläche, b mit glatter, a eine geschwärzte, b eine helle Unterlage darbietend. Welche dieser Verschiedenheiten ist nun die maßgebende? Es wird kaum fehlgeschlossen sein, wenn in erster Linie die Rauhigkeit der Platte a als ausschlaggebend angesehen wird, obschon die dunkle Unterlage für das Resultat verstärkend mitwirken mochte. Die Hypokotyle sind in der ersten, etwa 3—4wöchentlichen Periode des Auswachsens stark negativ phototropisch gestimmt. Auf der Platte I a gelangten sie so ausnahmslos in Kontakt mit der rauhen Plattenoberfläche, vermochten sich dort zu befestigen und alle weiteren Krümmungsbewegungen waren nunmehr behindert[1]). Auf der glatten Platte I b erfolgten ebenfalls zunächst die negativ phototropen Reaktionen, aber an der glatten Platte gelingt eine Fixierung mit der Haftscheibe nur ausnahmsweise; vorwiegend dann, wenn letztere senkrecht auf die Glasplatte stößt (das war bei einem Samen mit drei Embryonen von Platte I b zwei Hypokotylen gelungen). Wenn die Fixierung nicht gelingt, wachsen sie unter Einwirkung des Vorderlichtes[2]) von diesem weg auf der Platte hin, und da nach 3—4 Wochen die negativ phototrope Empfindlichkeit ausklingt, tritt infolge jetzt vorhandener geotropischer Reizbarkeit negativ geotropische Aufkrümmung der Hypokotyle ein. Die Periode, in der diese Reizbarkeit herrscht, ist kürzer, etwa 2 Wochen dauernd. Ist die Haftscheibe während derselben nicht zu einer Fixierung gelangt, so folgen nun noch Nutationskrümmungen. Der in Fig. 3, Taf. II in *b* wiedergegebene Keimling mit aufgerichtetem Hypokotyl war nicht mehr genau lotrecht nach aufwärts gerichtet (wie früher in Fig. 3 *a*), sondern schon am 6. V. etwas nordwestwärts gewendet und am 11. V. hatte sich diese Nutationskrümmung verstärkt.

II. Dieser Versuch, mit zwei Platten II a und II b angesetzt, war in allen Punkten dem unter I gleich, nur sollte die Wirkung des Vorderlichtes ausgeschaltet werden. Zu diesem Zwecke wurden

---

1) Daß dies nur mit einer gewissen Beschränkung gilt, darüber vergleiche die Fußnote auf S. 328.

2) Auch dieses kommt zum Teil als Oberlicht zur Geltung.

über die Porzellanteller, auf denen die Platten (II a, die unten schwarz gestrichene, mit rauher Oberfläche; II b, die gewöhnliche, beiderseits glatte Platte, mit dem weißen Untergrund des Porzellantellers) auflagen, Pappzylinder gestülpt, mit 26 cm lichtem Durchmesser und ursprünglich 64 cm Höhe. Zunächst waren diese Zylinder innen mit schwarzem Papier ausgekleidet. So war diesen Platten und den ihnen aufliegenden Samen nur Oberlicht zugänglich.

Da nun bis 20. III. auf Platte II a keine Keimung, auf II b nur bei zwei Samen Keimbeginn (hier schon am 9. III.)[1]) festgestellt war, während im Versuch I zu gleicher Zeit die Keimung aller Samen schon abgelaufen war, wurde erkannt, daß der Lichtgenuß durch die hohen Zylinderröhren zu sehr eingeengt wird und dies offenbar die Keimung verhindert. Deshalb wurden am 20. III. abends die beiden Zylinder auf die halbe Höhe (32 cm) reduziert. Da auch daraufhin bis 2. IV. weder auf II a noch auf II b Keimungen eintraten, wurden am Abend des genannten Tages beide Zylinder innen mit weißem Papier belegt. Das führte zu einem Erfolg bei der Platte II b, auf der bis 3. V. 16 Samen keimten[2]). Für die Platte II a, mit geschwärztem Untergrund, erbrachte auch diese Änderung keinen Erfolg. Schon am 10. V. sahen die Samen auf ihr mißfarbig aus; da sie offenbar ihr Keimvermögen eingebüßt hatten, wurde die Kultur am 22. V. skartiert. Sie war bis zu Ende des Versuches pilzfrei geblieben.

Schon lange vorausliegende Erfahrungen wiesen auf eine große Empfindlichkeit der Mistelsamen gegen Lichtentzug hin[3]) und zur

---

1) Ein Fortschritt dieser Anzeichen von Keimung war am 20. III. aber nicht feststellbar.

2) Die Zahl der keimenden Samen erhöhte sich vom 5. IV. an sehr allmählich.

3) In meiner Abhandlung „Experimentelle Beiträge zur Frage nach den Rassen und der Rassenbildung der Mistel“ (Zentralbl. f. Bakteriologie, Parasitenkunde usw., II. Abt., Bd. 31, 1911, S. 279) sagte ich: „Aber nicht nur die Keimung der Samen von *Viscum album* ist vom Lichte abhängig, sondern auch die Keimfähigkeit der Samen geht in der Dunkelheit verloren, wie später gezeigt wurde.“ Dieser Ausspruch war auf Grund der Beobachtung getan, daß auf vier eingetopften Versuchsbäumchen, die, anfangs Februar mit 40 Mistelsamen belegt, vorerst in einem wenig Licht erhaltenden Vorraum des Gewächshauses standen und dann erst (etwa nach 2 Monaten) ins Freiland kamen, nur ein Same einen Keimling ergab. Die in der Fußnote 4 daselbst wieder geltend gemachten Zweifel, ob das geminderte Licht am negativen Keimerfolg Schuld trage, sind seither durch neue Versuche als unberechtigt erwiesen. An gleicher Stelle ist übrigens auf ähnliche Angaben v. Tubeufs verwiesen. T. hatte schon gesagt: „Die aus Licht-

Bestätigung meiner diesbezüglich, mehr vermutungsweise ausgesprochenen Ansichten habe ich in den Vorjahren eigene, bisher nicht veröffentlichte Versuche durchgeführt. Allein an eine so weit reichende Empfindlichkeit, wie sie dieser Versuch und die später zu besprechenden Klinostatenversuche in klarster Weise zum Ausdruck brachten, habe ich nicht annähernd gedacht. Denn die Lichtmenge, welche vom Oberlicht des Gewächshauses durch die gekürzten Zylinder auf die Mistelsamen fiel, war immerhin eine sehr beträchtliche; stülpte man sich selbst einen solchen Zylinder über den Kopf, so hatte man noch das Empfinden großer Helle. Es wird von Interesse sein zu verfolgen, ob noch irgendwelche Samen, die bisher als Lichtkeimer nachgewiesen wurden, durch solche geringe Reduktion des Lichtes (diese tritt insbesondere in dem Parallelversuche hervor, da die Samen auf der dunklen Platte nicht zu keimen vermochten; jene auf der hellen aber doch, obwohl beide Kulturen durch die übergestülpten Zylinder sonst gleichem Lichtentzug ausgesetzt waren) in ähnlich starker Weise in der Keimung beeinflußt werden, wie die Mistelsamen[1]), die andererseits

---

mangel nicht gekeimten Samen (hier sind diejenigen von *Viscum cruciatum* gemeint. H.) zeigen ähnlich jenen von *V. album* eine dauernde Schädigung, so daß sie später nicht mehr keimen." Er führt in der gleichen Abhandlung: „*Viscum cruciatum* Sieb., die rotbeerige Mistel" (Naturwiss. Zeitschr. f. Forst- u. Landwirtschaft, 1908, S. 502) einen Versuch an, in dem an die beiden Seiten eines Pappdeckels Samen von *Viscum album* ausgelegt wurden und der Pappdeckel dann aus Fenster gehängt wurde. Es keimten, wie T. sagt, weder an der Licht- noch an der Schattenseite die Samen von *V. album*, wofür die dauernde Trockenheit des Zimmers als Ursache angesehen wird. Doch fügt er hinzu: „Aus anderen Versuchen ergab sich, daß *V. album* aber auch bei so geringer Lichtmenge, wie sie auf der Schattenseite des Pappdeckels herrschte, nicht gekeimt wäre, also zur Keimung lichtbedürftiger ist wie *V. cruciatum*."

1) Bei *Veronica peregrina* genügen schon geringe Lichtmengen, um eine deutliche Förderung der Keimung zu erweisen. Ich habe dies schon im Satz 2 meiner kurzen Mitteilung: „Ein Fall beschleunigender Wirkung des Lichtes auf die Samenkeimung" (Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. XVII, 1899, S. 310) ausgesprochen. Von meinen unveröffentlichten Versuchen mit genannter *Veronica*-Art ist mir erinnerlich, daß in einem hinter die Rubinscheibe einer photographischen Dunkelkammer (durch die aus dem Nebenraum sehr wenig Licht gelangte) gestellten Topfe die Beschleunigung in der Keimung der dort ausgesetzten Samen gegenüber dem völlig verdunkelten Topfe sehr deutlich hervortrat. Über geringe Lichtmengen, die fördernden Einfluß auf die Keimung nehmen, sind späterhin mehrfach Angaben und auch in exakterer Weise gemacht worden. So vor allem von Haak („Die Prüfung des Kiefernsamens." Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen, 1912), der schon $^1/_3$ HK genügend fand, die Keimung der Kiefernsamen zu beschleunigen. Auch hat Lehmann („Über die Beeinflussung der Keimung lichtempfindlicher Samen durch die Temperatur." Zeitschr. f. Botanik, 4. Jahrg., 1912) einen ganz

aber, um zur Keimung zu gelangen, relativ sehr hoher Lichtintensitäten bedürfen.

Der Versuch erweist aber auch eine bemerkenswerte Empfindlichkeit der Mistelsamen für nicht zu hohe Lichtunterschiede, da auf der Platte mit weißem Untergrund die Keimung, wenn auch verzögert, doch bei 16 von 20 Samen erfolgte. Es kam also hier auch das von der Platte reflektierte Licht zur Geltung und bewirkte den erwähnten Erfolg, während der Ausfall dieses reflektierten Lichtes bei II a jede Keimung verhinderte, das zutretende Oberlicht zur Keimung nicht zu führen vermochte, ja überdies das Erlöschen des Keimvermögens bewirkte.

Was nun das Verhalten der Keimlinge auf Platte II b betrifft, so zeigte sich auch hier negativ geotropische Aufrichtung vieler Hypokotyle und trat dies begreiflicherweise, je nachdem die Keimung früher oder später erfolgt war, ebenfalls früher oder später ein. Bei Embryonen mit etwa 3 mm langen Hypokotylen waren diese bei 4 gekeimten Samen schon am 22. V. gegen das Oberlicht geotropisch aufgerichtet und bis 9. VI. wurde an 9 Samen und den Hypokotylen von 11 Embryonen dieses Verhalten festgestellt. Die Ausschaltung des Vorderlichtes aber hatte zur Folge, daß unter der Einwirkung des Oberlichtes, trotz der glatten Platte, hier die Hypokotyle von 5 Samen in der Periode negativ phototropischer Empfindlichkeit sich mit der Haftscheibe an der Platte zu fixieren vermochten, während es in dem Versuche I b nur einem gelang. Bei günstiger Austrittslage des Hypokotyls kann das Oberlicht und die durch dasselbe hervorgerufene negativ phototrope Krümmung das Hypokotylende viel leichter senkrecht auf die Platte hinführen, als dies bei gleich-

---

ausgesprochenen Lichteinfluß auf die Keimung verschiedener Samen bei der geringen Lichtintensität von 6 HK festgestellt. Aber nur hohe Lichtintensitäten äußern ihre fördernde Wirkung auf die Keimung der Samen von *Chloris ciliata;* nach Gassner („Untersuchungen über die Wirkung des Lichtes und des Temperaturwechsels auf die Keimung von *Chloris ciliata.*" Jahrb. d. Hamburg. Wissenschaftl. Anstalten, 1911, 29. Bd., 3. Beih.) bringen 100 NK gar keine Wirkung hervor und erst 1200 NK übten volle aus. In dieser Hinsicht dürfte sich *Viscum album Chloris ciliata* anschließen; allerdings sind die Samen dieses Grases nur unter gewissen Umständen „Lichtkeimer", während für die Mistelsamen *(Viscum album)* noch keine Bedingungen ermittelt sind, unter denen Keimung auch im Dunkeln erfolgen könnte. Erwähnt sei hier, daß mir ein Versuch, *Viscum album*-Samen im Thermostaten bei Zimmertemperatur, günstigen Feuchtigkeitsverhältnissen und einer Lichtintensität von 80 K zur Keimung zu bringen, keinen Erfolg brachte.

zeitiger Mitwirkung von Vorderlicht eintreffen wird. Nur bei solchem Auftreffen scheint aber ein Festhaften auf der glatten Glasfläche möglich zu sein.

III. In diesem Versuche wurde ein Plattenpaar verwendet, das nahezu vertikal, an der Westwand des Versuchshauses angelehnt, aufgestellt wurde. Die Samen erhielten Ober- und Vorderlicht. Die eine Platte, III a, hatte eine rauhe Oberfläche, auf der die Samen lagen; die glatte Hinterfläche war schwarz gestrichen. III b war eine gewöhnliche, beiderseits glatte Glasscheibe, als Hintergrund die weiße Gewächshauswand.

Die Samen wurden auf beiden Platten quer orientiert, so daß das Auswachsen der Hypokotyle in der Horizontalen oder in einem größeren oder geringeren Winkel mit derselben erfolgen mußte, immer in einer Lage, die negativ geotropische Reaktionen gut erkennbar zu machen versprach. Doch war in einer Beziehung die Orientierung der Samen auf beiden Platten verschieden. Auf III a war die Austrittsstelle des Hypokotyls auf der dem Vorderlicht abgekehrten Seite gelegen, bei III b auf der dem Vorderlichte zugewandten. Es war auch die Frage gestellt, ob im letzteren Falle eine Hemmung im Austritt des Hypokotyls bemerkbar würde? Das war nicht der Fall.

Was nun zunächst den Keimungsverlauf betrifft, so äußerte sich auch in diesem Versuche der dunkle Untergrund der Platte III a deutlich als die Keimung verzögernd gegenüber III b mit hellem Untergrund. Doch kamen auch auf III a sozusagen alle (19) Samen zur Keimung. Am 20. III. war auf III a eine sichere Keimung feststellbar, auf III b 8, auf III a war die Keimung erst am 12. IV. abgelaufen (19 Samen von 20), auf III b schon am 28. III. (18 Samen)[1]. In bezug auf den Keimungsverlauf sei auf die Unterschiede zwischen Versuch I und III hingewiesen.

Im Versuch I war die Keimung am 22. III. schon abgelaufen, während sie im Versuch III auf der dunklen Platte erst begann, auf III b noch nicht zur Hälfte abgelaufen war. Darin tritt der Einfluß, den die Lage der Samen zum einfallenden Lichte auf den Keimungsverlauf

1) Sehr verspätet keimten auch die zwei letzten, schwachen Samen. Der 19. am 7. IV., der 20. am 6. V.

hat, klar zutage[1]). Im Versuch I lagen die Platten und Samen horizontal und waren in dieser Lage dem Ober- und Vorderlicht ausgesetzt, im Versuch III standen Platten und Samen im Profil zum einfallenden Lichte.

Was nun die Reaktionen der Hypokotyle betrifft, so traten an beiden Platten zunächst die negativ phototropen Reaktionen deutlich hervor und kam dabei die Wirkung des Vorderlichtes (N) im allgemeinen mehr zur Geltung als die des Oberlichtes. Schon am 30. III. war auf Platte III b an den ältesten Hypokotylen eine solche Reaktion wahrnehmbar, am 5. IV. an vielen sehr deutlich.

Eine photographische Aufnahme vom 15. IV. zeigt diese Reaktion an einem recht beträchtlichen Teil der Samen (Textfig. 1; Richtung des einfallenden Vorder- sowie des Oberlichtes durch Pfeile angedeutet). Insbesonders sei auf die vier Samen rechts oben hingewiesen, auf die noch in einer zweiten Abbildung, die nach Eintritt der geotropischen Reaktion gewonnen wurde, zu achten sein wird.

Die geotropischen Reaktionen kamen auf beiden Platten sehr deutlich zum Ausdruck, doch verschieden. Die Verschiedenheit war vor allem bedingt durch die rauhe Oberfläche der „schwarzen" Platte gegenüber der glatten, der gewöhnlichen. Auf ersterer gelangten die Hypokotyle vielfach mit ihren Haftscheiben zur Fixierung und wenn dann durch die Wirkung des negativen Geotropismus auch teilweise Änderungen in der Lage der Samen eintraten, blieb im großen und ganzen ihre ursprüngliche Verteilung erhalten und die Samen verharrten an dem ihnen angewiesenen Orte. Auf der zweiten Platte, III b, kam aber keine Fixierung der Embryonen mittels der Haftscheiben zustande. Durch die geotropischen Reaktionen einerseits, andererseits durch die (obschon zähflüssige) Be-

---

1) Den Einfluß der Lage der Platten mit ausgelegten Mistelsamen auf die Keimung hat Wiesner („Über die Ruheperiode und über einige Keimungsbedingungen der Samen von *Viscum album*". Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. XV, 1897, S. 7) hervorgehoben, ohne aber seine Ausführung durch Versuchsergebnisse zu belegen. Wohl aber hat er die den Platten bei verschiedener Lage zukommende Lichtstärke für ein mit Oberlicht versehenes Kalthaus berechnet. Die Lichtstärken von Platte in vertikaler Profilfläche, zu Platte mit vertikaler Stirnfläche, zu Platte in Horizontalfläche verhalten sich nach ihm wie 1 : 2 : 4. Die Einwirkung dieser beträchtlichen Unterschiede in der Lichtmenge kommt nun hier und im folgenden in den durchgeführten Versuchen anschaulich zur Geltung.

schaffenheit des Schleims war bei mangelnder Fixierung durch die Haftscheibe eine viel größere Umlagerung einzelner Samen an Ort und Stelle, sogar ein Absinken aus den Reihen (die Platten des Versuches III standen ja annähernd senkrecht), in welche sie ursprünglich gestellt waren, ermöglicht. Der Anstoß zu diesen Umlagerungen war aber überall durch die Wachstumsbewegungen, die der negative Geotropismus auslöste, gegeben.

Fig. 1.

Die Klarheit der Ergebnisse litt auch einigermaßen durch die Polyembryonie vieler Mistelsamen. Eine Reaktion des einen Hypokotyls konnte die Lage des anderen verändern und ungünstig beeinflussen, zumal die Entwicklung der Hypokotyle polyembryoner Samen häufig eine sehr ungleiche ist. Hat z. B. ein Hypokotyl bereits eine gute geotropische Reaktion vollführt, so kann diese durch die Reaktion, die bei einem jüngeren Hypokotyl später erfolgt, an jenem verwischt werden; jenes wird durch die Reaktion

des jüngeren Hypokotyls in eine andere Lage gebracht und kann, da die Periode seiner geotropischen Empfindlichkeit bereits abgeklungen ist, nicht mehr in eine entsprechende Lage geraten. Für diese Versuche wären daher bei allfälliger Wiederholung einembryonige Samen viel zweckmäßiger, als die (zu hohem Prozentsatz) mehrembryonigen der Laubholzmisteln. In dieser Hinsicht wären also die Samen der Nadelholzmisteln zu empfehlen[1]).

Nach den vorangestellten allgemeinen Bemerkungen wollen wir uns an der Hand der am 4. V. 15 von den Kulturen III a und III b gemachten photographischen Aufnahmen (vgl. die Textfig. 2 und 3) eingehender über das oben Gesagte orientieren und besonders auf die zum Ausdruck kommende geotropische Reaktion achten. Sie tritt auf der dunklen Platte mit rauher Oberfläche (III a), Textfig. 2, überzeugend hervor. Die Samen haben im wesentlichen ihre ursprüngliche Anordnung und Richtung bewahrt (Austrittsseite des Hypokotyls vom Vorderlichte abgewendet). Bei der Mehrzahl der Samen haben die Hypokotyle eine Lage, die gewissermaßen der Resultierenden zwischen negativ phototropischer und negativ geotropischer Reaktion entspricht. Bei einigen aber hat schließlich die negativ geotropische Reaktion das Übergewicht erlangt (so beim 3. Samen in der ersten, beim 1. Samen in der dritten Reihe usw.).

Natürlich war das Bild, das die Kultur vor etwa 3 Wochen, wo der negative Phototropismus allein auf die Hypokotyle Richtung gebend eingewirkt hatte, ein ganz anderes. Die Hypokotyle waren da, unter wesentlicher Wirkung des Vorderlichtes, mehr minder horizontal nach hinten orientiert. Schon in dieser Periode gelang es den meisten, sich auf der rauhen Platte mit dem Ende (der Haftscheibe) mehr oder weniger zu befestigen. Erst mit dem Eintritt der geotropischen Empfindlichkeit zeigte sich das Bestreben, die Hypokotyle mehr oder minder steil dem Oberlicht entgegen zu stellen. Bei einigen ist diese Reaktion infolge doppelter Fixierung, einerseits durch den eingedickten Schleim, andererseits durch

---

1) Ich habe zwar gezeigt, daß auch die Nadelholzmisteln nicht zu selten zwei Embryonen im Samen führen und zwar bei Kiefernmisteln 17 %, bei Tannenmisteln zwischen 13—14 % derselben; immerhin würde dies im gegebenen Falle einen Vorteil bieten, da bei den Laubholzmisteln sehr häufig über 50 % der Samen mehrembryonig sind. (Vgl. E. Heinricher: „Experimentelle Beiträge zur Frage nach den Rassen und der Rassenbildung der Mistel.“ Zentralbl. f. Bakteriologie, Parasitenkunde usw., II. Abt., 31. Bd., 1911, S. 284.)

die Haftscheiben, wenig zum Ausdruck gekommen, so z. B. beim 4. Samen (von links nach rechts) der obersten und beim 1. Samen der vierten Reihe. Bei anderen ist die Reaktion viel deutlicher und von nicht unwesentlichen Lageveränderungen der Samen begleitet. Ursprünglich waren ja die Samen alle mit ihrer flachen Seite der Platte aufgelegt gewesen, die Austrittsstelle des Hypo-

Fig. 2.

kotyls nach hinten gekehrt. Der negative Phototropismus hat an dieser Lage wenig geändert. Durch die geotropische Reaktion aber wurden die Samen mehr oder minder verlagert und speziell aufgerichtet, so daß sie in schiefe (1. Same, 1. Reihe) oder eine ausgesprochene Kantenstellung (3. Same, 1. Reihe) gelangten, ja selbst — bei gleichzeitiger Drehung — teilweise umgekippt wurden (3. Same, 4. Reihe). So ist bei einigen Samen (3. Same, 1. Reihe, 3. Same

in der 4. Reihe) die ursprüngliche Richtung (Austrittsstelle des Hypokotyls hinten, links) um 90° verändert worden (ist nach unten gerichtet).

Man sieht, daß diese besonders intensiven, negativ geotropischen Krümmungen hauptsächlich unterhalb des plumularen, im Endosperm des Samens steckenden Teile des Embryos zustande kamen. Bei einigen Samen wurde durch die geotrope Reaktion auch die schon vorhandene Befestigung mit der Haftscheibe aufgehoben, wie bei dem Embryo des 3. Samens in der 1. Reihe, was im Bilde aber nicht sichtbar ist.

Wenden wir uns nun zur Aufnahme von III b, vom 4. V. 1915 (Textfig. 3), der Kultur auf glatter, heller Platte und ursprünglicher Orientierung der Austrittsstelle der Hypokotyle nach vorn gegen das Vorderlicht. Ein Vergleich mit Textfig. 1, die Kultur am 15. IV. darstellend, macht zunächst gleich klar, welchen starken Platzwechsel manche Samen vollzogen haben und wie andere, zwar den ursprünglichen Platz im ganzen behauptend, doch beträchtliche Lageänderungen zeigen. Dieses verschiedene Verhalten von Platte III a ist in erster Linie der glatten Fläche zuzuschreiben. Erstens konnte eine Befestigung mittels der Haftscheiben nicht eintreten, zweitens war auch bei den geotropischen Wachstumskrümmungen ein Abgleiten der Samen wegen des weniger haftenden Schleimes erleichtert. Wenn wir aber von den offenbar stark verlagerten Samen absehen, so kommt in den übrigen die negativ geotropische Reaktion der Hypokotyle doch gut zum Ausdruck. Insbesonders wäre auf die Gruppe von 4 Samen oben rechts hinzuweisen, die ihren ursprünglichen Ort beibehalten hat, wenn auch eine durch die Reaktionen erfolgte Drehung der Samen zum Teil sehr klar ersichtlich wird.

Noch sei bemerkt, daß, während die erste Aufnahme der Platte III b mit der negativ phototropen Reaktion am 15. IV. gemacht wurde, die ersten negativ geotropen Reaktionen schon am 21. IV. bemerkbar wurden und am 28. IV. schon bei dem größten Teil der Samen ausgesprochen vorlagen. Daß die zweite Aufnahme, Textfig. 3, dann am 5. V. erfolgte, wurde schon vorhergehend erwähnt.

Mit der Platte III b wurde dann am 6. V. noch folgender Versuch angestellt. Sie wurde um 11 h. a. m. mit der Längsseite senkrecht gestellt, so daß die früher dem Vorderlicht zugekehrte Kante nach oben sah, ihre früher basale Kante gegen N, das Vorderlicht, orientiert war. Dadurch kamen, man vgl. Textfig. 3,

die meisten Hypokotyle in eine horizontale Lage, in eine optimale Reizlage für den negativen Geotropismus. Es war die Frage, ob sie noch Reaktionsfähigkeit besitzen und durch Aufrichtung antworten würden. Am 11. V. konnte eine Reaktion noch nicht wahrgenommen werden, am 22. V. wurde unter Heranziehung der Aufnahme vom 5. V. eine genaue Revision vorgenommen. Im ganzen ergab sich, daß überwiegend keine Reaktionen zu erkennen waren, die geotropische Empfindlichkeit also rasch erlischt. Nur

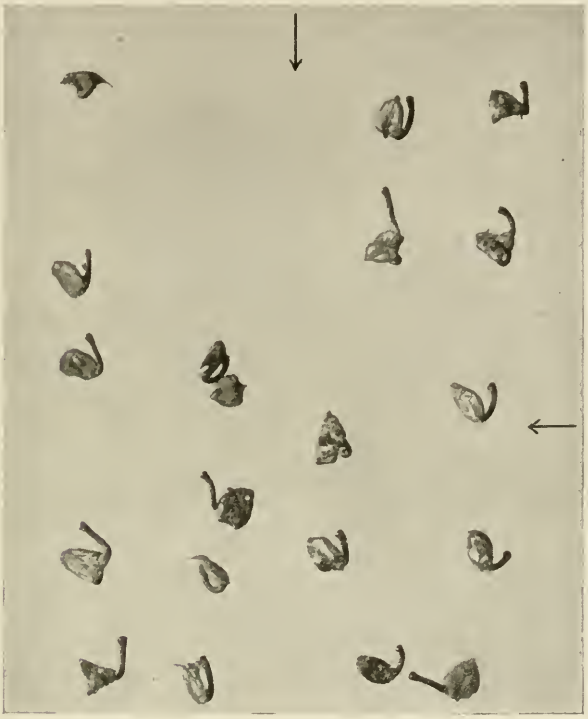


Fig. 3.

bei zwei Embryonen war noch eine deutliche Aufrichtung eingetreten. Einer dieser Embryonen wurde mit dem dazugehörigen Samen am 22. V. gezeichnet (Fig. 4, Taf. II). Dieser Same entspricht dem vorletzten Samen in der obersten Reihe, der in Textfig. 3 wiedergegebenen Aufnahme. Wie beim Vergleich leicht ersichtlich, hat der Same eine starke Lageveränderung vollzogen, liegt nun mit der Kante der Glasplatte auf und hat das Hypokotyl merklich aufgerichtet.

IV. Diese Kulturreihe, umfassend die Platten IVa und IVb, war der unter III ähnlich und soll nur kurz besprochen werden. Beide Platten wurden an der Westwand des N-Hauses nahezu senkrecht aufgestellt, erhielten Ober- und Vorder- (N-) Licht, waren aber beide gewöhnliche, beiderseits glatte Platten. Nur stand IVa an eine mit mattem, schwarzem Papier überzogene Pappwand, IVb aber unmittelbar an die weiße Gewächshauswand angelehnt. Die Orientierung der Samen war gleichmäßig quer; bei 4a die Austrittsstelle der Hypokotyle vom Vorderlichte abgewendet, bei 4b gegen das Vorderlicht sehend.

Auch in diesem Falle war der Einfluß dunklen oder hellen Untergrundes auf den Keimungsverlauf bemerkbar. Am 20. III. bei IVa eine deutliche Keimung, 4—5 Samen im ersten Beginn, bei IVb gleichzeitig 5 deutliche Keimungen, 5 Samen im Keimungsbeginn. Bis 12. IV. erfolgte ein nahezu völliger Ausgleich, auf beiden Platten hatten alle 20 Samen gekeimt; auf IVa waren manche Hypokotyle in der Entwicklung noch etwas rückständig gegenüber jenen von IVb. Auf Platte IVa kam ein Absinken einzelner Samen vor, Drehungen und Verlagerungen, wie sie bei Kultur III geschildert wurden, aber auf beiden.

Die Kulturen wurden bis 22. V. belassen und beobachtet, dann wegen beginnender leichter Verpilzung entfernt. Das Endergebnis war, daß sozusagen an allen Hypokotylen der orientierende Einfluß des negativen Geotropismus erkannt werden konnte.

Bei den mehrembryonigen Samen war es mehrfach und besonders an Platte IVa der Fall, daß ein oder das andere Hypokotyl unter den Samen hinein und nach aufwärts gewachsen war. Die negativ geotropen Reaktionen waren schon am 7. V. überall gut erkennbar. Eine Auswahl von Samen mit den Keimlingen von Platte IVb ließ ich an diesem Tage zeichnen. Sie sind in Fig. 5, Taf. II wiedergegeben. Die mit *15* und *17* bezeichneten Samen haben ihre zur Zeit der Aussaat erhaltene Lage unverändert beibehalten, der mit *3* bezeichnete Same hat sich um mehr als 45°, der mit *9* um volle 90° gedreht. Die Aufrichtung der Hypokotyle ist eine sehr vollkommene. Da mit den Haftscheiben keine Befestigung an der glatten Glasfläche erzielt wurde, die Glasplatten aber nicht genau vertikal standen, hatten sich die Hypokotyle zum Teil genau in der Lotrechten eingestellt,

d. h. sie standen von der Glasplatte etwas ab (bei den mit *15* und *17* bezeichneten Samen).

Bei den folgenden Versuchen war, außer der Verfolgung der Krümmungsbewegungen der Hypokotyle, auch ein Vergleich der Einwirkung verschiedener Substrate auf die Keimungsintensität beabsichtigt. Als solche kamen neben den Glasplatten, die schon in den vorausgehenden Versuchen vorlagen, Holzbrettchen, eine gegossene Gipsplatte und schwedisches Filtrierpapier in Verwendung. Von letzterem gerade wurde ein Einfluß mit Rücksicht auf die Erfahrungen erwartet, die mit solcher Unterlage bei meinen Keimversuchen mit *Arceuthobium Oxycedri* gewonnen worden waren[1]). Es wurde indessen kein wesentliches Ergebnis erzielt. Der Versuch mit dem Filtrierpapier (ein Bogen schwedisches Filtrierpapier wurde mehrfach zusammengelegt, mit Wasser durchtränkt auf einen Porzellanteller gebracht und dann mit 20 Mistelsamen belegt) mußte schon am 8. III. wegen starker Verpilzung[2]) aufgelassen werden, um eine Infektion der übrigen Kulturen hintanzuhalten.

V. Dieser Versuch wurde auf einer gewöhnlichen, beiderseits glatten Glasplatte durchgeführt. Die Platte wurde mit 20 quergelegten Mistelsamen, in Reihen zu 4, beschickt, die so orientiert waren, daß die Austrittsstelle der Hypokotyle nach links gerichtet war. Die Platte wurde auf der Terrazzo-Arbeitsfläche des N-Hauses nahezu senkrecht (mit der Schmalseite) aufgestellt resp. der grauen Mauer angelegt, die sich über jener bis zu einer Höhe von 17 cm erhebt, um dann, 37 cm zurückgehend, in die verglaste N-Wand überzugehen. Die Verhältnisse im Versuch V unterschieden sich also von jenen in den Versuchen III und IV dadurch, daß das N-seitige Vorderlicht ausfiel und vor allem das Oberlicht in Betracht kam. (Allerdings auch das von den Wänden, besonders der S-Wand des Versuchshauses, zurückgeworfene Licht.)

Zunächst sei hervorgehoben, daß sich der Ausfall des Vorderlichtes im Keimverlauf recht deutlich erkennen ließ. Es wird nicht unangebracht sein, eine kleine tabellarische Übersicht zu geben, die den Einfluß der Lage der ausgelegten

---

1) Vgl. E. Heinricher: „Über besondere Keimungsbedingungen, welche die Samen der Zwergmistel, *Arceuthobium Oxycedri* (DC.) M. Bieb., beanspruchen.“ (Zentralbl. f. Bakteriologie, Parasitenkunde usw., II. Abt., Bd. 42, S. 705.)

2) Es war leider übersehen worden, denselben vorher zu sterilisieren.

Samen (bezw. der Platten) und der ihnen zukommenden Lichtmenge darlegt.

Versuch	Lichtbezug	Lage der Platte	Anzahl der gekeimten Samen[1])	Davon sicher gekeimt, Rest im Beginn
I b	Ober- und Vorderlicht	horizontal	18	18
III b	desgl.	senkrecht	9	8
IV b	desgl.	desgl.	10	9
V	Oberlicht	desgl.	6	3

Gewiß geht aus der Tabelle auf das klarste hervor, wie sehr die Keimung der Mistelsamen von der Lichtsumme, die ihnen zukommt, abhängig und wie maßgebend dafür die Lage ist, die der Same gegen das einfallende Licht hat.

Abgelaufen waren auf der Platte des Versuches V die Keimungen am 2. IV. An diesem Tage waren 18 Samen deutlich gekeimt, einer im Keimbeginn. Der 20. Same, ein Schwächling, folgte erst am 22. IV.

Die Samen behielten ihren ursprünglichen Ort bis zum Abschluß des Versuches (22. V.). Drehungen der Samen, so daß die ursprünglich nach links gerichtete Austrittsstelle der Hypokotyle schließlich mehr minder oder völlig nach unten lag, kamen mehrfach vor.

Am 19. IV. wurden schon verschiedentlich die negativ geotropischen Reaktionen erkennbar. Am 7. V. waren sie durchwegs vorhanden, abgesehen von dem Hypokotyl des 20. Samens, der verspätet gekeimt hatte. Das Hypokotyl dieses Samens war noch kurz und in der Austrittsrichtung nach links horizontal orientiert.

Alle Hypokotyle hatten schließlich (7. V.) eine nach aufwärts gerichtete Stellung, nicht wenige waren lotrecht nach oben eingestellt. Bei mehrembryonigen Samen kam es öfters vor, daß das eine Hypokotyl hinter dem mehr oder minder

1) Auf jeder Platte waren 20 Samen ausgelegt; die Angaben beziehen sich auf die bis zum 20. III. 1915 erfolgten Keimungen; als Substrat dienten überall gewöhnliche, glatte Glasplatten.

von der Platte abgehobenen Samen aufwärts gewachsen war. Negativ phototropische Reaktionen waren schließlich keine erkennbar.

VI. Auf zwei Fichtenholzbrettchen, von ungefähr gleichem Formate wie die verwendeten Glasplatten, wurden je 20 Mistelsamen ausgelegt. Das eine Brettchen wurde annähernd senkrecht, wie die Glasplatte im Versuch V, bei Ausschluß des Vorderlichtes also, aufgestellt. Auch wurden die Samen in 5 Reihen zu vieren mit querer Orientierung (Austrittsstelle der Hypokotyle nach links) ausgelegt (VI a). Das zweite Brettchen wurde auf der nordseitigen Terrazzo-Fläche auf einem Porzellanteller horizontal ausgelegt. Die längeren Kanten des Brettchens waren parallel zur N-Wand des Versuchsgewächshauses orientiert, die Samen lagen in 4 Reihen zu fünfen hintereinander, mit der Austrittsstelle für die Hypokotyle nach vorn gegen das Vorderlicht gerichtet (VI b).

Auch in diesem Versuche zeigte sich im Keimverlauf deutlich der Ausschluß des Vorderlichtes bei VI a, gegenüber VI b mit Ober- und Vorderlicht[1]).

Am 18. III. waren bei VI a erst 3 Keimungen vollzogen, bei VI b 15 (10 deutlich, 5 im Beginn); am 22. III. bei VI a 9 (6 + 3), bei VI b 19 (18 + 1). Bei VI b war an diesem Tage die Keimung abgelaufen (der 20. Same keimte nicht); bei VI a zwar auch schon am 28. III. 19 Keimlinge (18 + 1), doch waren auch am 2. IV., als der letzte Same keimte, die Keimlinge gegenüber VI b sehr zurückgeblieben. Hingegen war eine Beeinflussung des Substrates auf den Keimungsverlauf nicht festzustellen. Zu diesem Schlusse berechtigt der Vergleich von Kultur I b (Glasplatte, horizontal liegend, Vorder- und Oberlicht, vgl. die Tabelle, S. 342) mit VI b. Auf der Glasplatte, wie auf dem Brettchen waren am 20. III 18 Samen gekeimt.

Den Verlauf der Erscheinungen will ich nun zuerst für das horizontal liegende Brettchen, also VI b, skizzieren. Am 22. III. war an den ältesten Hypokotylen, von ungefähr 1 mm Länge, bereits der Einfluß des negativen Phototropismus, und zwar zunächst mehr als Wirkung des Oberlichtes, wahrnehmbar. Als Endresultat hingegen ergab sich ein Vorwiegen negativ phototropischer Reaktion auf das Vorderlicht. Die überwiegende Mehrzahl der Hypokotyle

1) Als mitwirkend fällt auch die verschiedene Lage der als Substrat dienenden Holzbrettchen ins Gewicht. Bei VI a Profil-, bei VI b Flächenlage.

(die 19 gekeimten Samen ergaben 29 Keimlinge), 27, zeigten eine deutliche Rückwärtskrümmung, d. h. vom Vorderlicht weg. So war die Sachlage bei der genauen Revision am 8. V. und sie blieb stationär bis zum Auflassen der Kultur am 27. V. Sieben dieser Hypokotyle hatten sich an dem Brettchen gut mittels der Haftscheiben befestigt.

Die geotropischen Reaktionen traten bei diesem Versuch in den Hintergrund, obschon sie nicht ausblieben. Schon am 19. IV. wurden solche an 3 Hypokotylen beobachtet, am 30. IV. traten sie an 10 derselben hervor. So war es auch noch am 8. V. Die negativ phototrope Reaktion auf das Vorderlicht, im Zusammenwirken mit dem negativen Geotropismus und der gehobelten, relativ glatten Oberfläche des Brettchens dürfte auch Ursache gewesen sein, daß so wenige Hypokotyle zu guter Befestigung gelangten. Eine größere Anzahl von Hypokotylen war zunächst nach rückwärts gewachsen, richtete dann aber den radikularen Pol mit der Haftscheibe mehr oder minder empor.

Vielfach scheint auch der zähflüssige Schleim eine mechanische Hemmung für die geotropische Reaktion bewirkt zu haben. Eigentümlich war z. B. das Verhalten der in Fig. 6, Taf. II wiedergegebenen Keimlinge. An beiden tritt die negativ phototropische Reaktion auf das von vorn kommende Licht hervor; jedoch wurden schließlich die Hypokotyle gehoben und wuchsen nun adhärierend auf der oberen Samenfläche dahin. Die Hebung der Hypokotyle ist wohl dem negativen Geotropismus zuzuschreiben; daß sie nicht vollkommen gelang, dem hemmenden Einfluß der zähen Schleimhülle (diese ist in der Zeichnung nicht wiedergegeben). Bei dem mit ? bezeichneten Keimling trat noch eine eigentümliche Erscheinung auf, die aus der Zeichnung nicht ersichtlich wird. Das zunächst nach rückwärts gewachsene Hypokotyl krümmte sich später aufwärts, der Endteil mit der Haftscheibe aber wieder etwas nach unten und so blieb er auf der Samenoberfläche liegen. Vielleicht eine chemotrope Reaktion; oder liegt nur eine Nutationskrümmung vor?

Vor der Besprechung des Verhaltens der Keimlinge auf VI a will ich noch eine andere Brettchenkultur im Bilde vorführen und erläutern. Sie wurde bei vertikaler Aufstellung, am gleichen Orte wie VI a, im Frühjahr 1914 gemacht und am 22. V. photographiert. Diese Kultur rührt von Versuchen her, die mein Schüler Bruno Löffler mit ganz anderer Fragestellung durchgeführt hat. Mich

interessierte sie im Vergleich zu jener Kultur auf horizontal liegender Glasplatte, die S. 325 besprochen wurde und in den Fig. 1 und 2 der Taf. I abgebildet erscheint.

Die Fig. 1, Taf. III gibt uns das Endergebnis wieder. Bemerkt sei noch, daß die Samen mit der Austrittsseite für die Hypokotyle nach unten orientiert waren, das Vorder- (N-) Licht ausgeschlossen war, hingegen Oberlicht einwirkte. Die Aufnahme zeigt, daß hier ganz vorwiegend der negative Phototropismus zur Wirkung gelangte, und daß fast alle Hypokotyle sich an dem rauhen Holzbrettchen mit der Haftscheibe zu befestigen vermochten. Für die Wirkung des negativen Phototropismus war es offenbar günstig, daß die Austrittsrichtung der Hypokotyle mit der durch den Phototropismus angestrebten mehr minder zusammenfiel. Die rauhe Fläche wieder begünstigte die Befestigung der Haftscheiben. Allerdings sind geotropische Reaktionen an den Keimlingen einzelner Samen auch deutlich zu erkennen. So insbesonders beim ersten und zweiten Samen der zweiten Reihe (von links nach rechts) und beim ersten und dritten Samen der dritten Reihe.

Recht verschieden davon ist das Bild der Brettchenkultur VI b, das nach der Aufnahme vom 4. V. 1915 in Textfig. 4 vorliegt. Die Beleuchtungsverhältnisse waren hier die gleichen, die Unterschiede im Verhalten der Keimlinge werden aber offenbar bedingt einerseits durch die relativ glatte Fläche des Holzbrettchens (wie das Bild Textfig. 4 gegenüber Fig. 1, Taf. III unmittelbar erkennen läßt), andererseits durch die andersartige Orientierung, die den Samen auf diesem Holzbrettchen gegeben war: Querlage, Austrittsstelle der Hypokotyle nach links sehend; die ausgetretenen Hypokotyle kamen so unmittelbar ± in die horizontale und für den Angriff des Geotropismus optimale Lage.

In der Tat zeigt uns Textfig. 4 eine deutliche Vorherrschaft der geotropischen Reaktionen. In den drei unteren Reihen zeigen die Keimlinge nur solche[1]); auch in den oberen einige deutlich (1. Reihe, 1., 3. und 4. Same, 2. Reihe, 2. und 3. Same). Negativ phototrope Reaktionen kommen nur in den beiden obersten Reihen zum Ausdruck und es haben sich auch nur solche Hypokotyle mit der Haft-

---

1) In der untersten Reihe sind die Bilder unklar. Die Unklarheit kommt teils dadurch zustande, daß die Samen in Kantenstellung übergegangen (der erste) oder die Hypokotyle unter den Samen nach aufwärts gewachsen sind, teils ist sie durch die Art der Wiedergabe (Raster) leider noch erhöht.

scheibe am Brettchen befestigt. (In der ersten Reihe die unteren Hypokotyle, die aus dem 1., 3. und 4. Samen ausgetreten sind, in der zweiten eines des ersten [Bild unklar] und beide des 4. Samens [im Bilde nicht unterscheidbar].)

Dieses Verhalten weist darauf hin, daß zur phototropischen Reaktion nur eine größere Lichtintensität

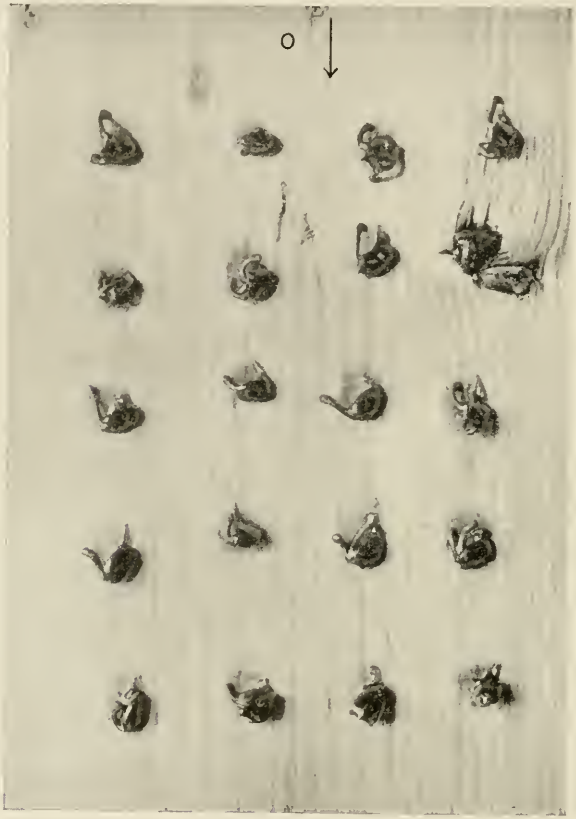


Fig. 4.

führt; die den drei unteren Samenreihen zugekommene scheint dazu nicht ausgereicht zu haben[1]); jedenfalls ist sie,

1) Dies scheint im Widerspruch zu stehen mit dem Ergebnis, das Fig. 1, Taf. III vorführt, wo auch die Hypokotyle der untersten Samenreihen negativ phototropisch orientiert sind. Aber erstens fiel hier die Austrittsrichtung der Hypokotyle in die Richtung der phototropen Reaktion, zweitens können die beiden Brettchenkulturen nicht direkt in dieser

da die Haftscheiben nicht zur Befestigung gelangten, durch den negativen Geotropismus überwunden und vollkommen verwischt worden.

Die Brettchenkulturen zeigen gleich den Glasplattenkulturen, die vorausgehend besprochen wurden, wie sehr die Befestigung der Haftscheiben von der Beschaffenheit der Substratfläche abhängig ist, wie glatte Flächen sie erschweren oder ganz verhindern, und wie an nicht fixierten Hypokotylen die Reaktion auf den negativen Geotropismus ermöglicht ist und besonders klar zutage tritt.

VII. Kultur auf einem gegossenen, flach-zylindrischen Gipsblock. Der Block von 8 cm Durchmesser und 1,5 cm Höhe kam zunächst in einen Untersatz mit Wasser, nach einigen Tagen reichlicher Wasseraufnahme einfach auf die nordseitige Terrazzo-Arbeitsfläche. Seine Lage war während des ganzen Versuches die gleiche; die 20 Samen wurden so ausgelegt, daß alle mit der Austrittsstelle für die Hypokotyle gegen das Vorderlicht lagen. Außer dem N-Licht fiel auf die Kultur auch das Oberlicht.

Der Keimungsverlauf zeigte hier die größte Beschleunigung von allen Kulturen, wofür wohl der Wassergehalt des Gipsblockes maßgebend war. Beträchtlich war sie übrigens nicht, wie ein Vergleich der für die Kultur I b gegebenen Daten ergibt (vgl. S. 327). Beginn der Keimung am 8. III., am 12. III. 7 Samen gekeimt, am 18. III. 15, am 20. III. war die Keimung aller Samen vollzogen. Am 26. III. war die negativ phototrope Reaktion auf das Oberlicht vorhanden, am längsten Hypokotyl auch eine Rückwärtswendung, Reaktion auf das Vorderlicht. Diese Reaktion wurde dann herrschend, wie die am 15. IV. gemachte photographische Aufnahme (Fig. 4, Taf. I) zeigt. Die Rückwärtskrümmung erfolgte wohl, weil die Oberfläche des Gipsblockes, obschon nicht spiegelglatt, doch zu glatt war, um den Hypokotylen nach der ersten Reaktion auf das Oberlicht die Befestigung mit der Haftscheibe zu ermöglichen. Diese war bei Beendigung des Versuches, 22. V., nur bei drei Keimlingen festzustellen. Schon am Vortage der

---

Hinsicht in Vergleich gezogen werden. Die eine wurde ja 1914, die andere 1915 durchgeführt. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß zur maßgebenden Zeit 1914 die Intensität des Oberlichtes eine höhere gewesen ist als 1915.

ersten photographischen Aufnahme war an einem Hypokotyl (linker Same der untersten Reihe) eine negativ geotropische Reaktion, beginnende Aufrichtung, erkennbar. Das war am 30. IV. bei den Keimlingen vieler Samen der Fall.

Am 4. V. wurde eine zweite photographische Aufnahme gemacht, die Fig. 2, Taf. III wiedergibt. An 17 von 32 vorhandenen Keimlingen konnten geotropische Krümmungen des Hypokotyls wahrgenommen werden. Eine so vollkommene Aufrichtung desselben, wie sie die Glasplattenkulturen 1914, von denen die Bilder 1 und 2, Taf. I stammen, zeigen und wie sie in gleicher Weise die Kultur I b ergeben hatte, kam allerdings nicht zustande. Ursache dürfte der bei dieser Kultur viel flüssiger gebliebene Schleim sein, der die Samen umhüllte[1]). Dadurch war eine festere Fixierung der Samen am Substrat ausgeschlossen und eine solche begünstigt offenbar das präzise Hervortreten der geotropischen Reaktion.

VIII. Eine Kultur wurde auf gewöhnlicher Glasplatte, bei gleichzeitiger Beleuchtung der ihr aufliegenden Samen von oben und unten, durchgeführt. Dazu wurde ein kleiner Apparat verwendet, der auf einem 28 cm hohen Gestell oben eine quadratische, horizontale Glasscheibe von 26 cm Seitenlänge trägt, die in einen Holzrahmen gefaßt ist. Unter derselben wird durch einen unter 45° geneigten Spiegel das auf diesen fallende Licht nach oben reflektiert. Auf die Kultur fiel Oberlicht und Vorderlicht von N, dann das durch den Spiegel reflektierte; anderes Licht[2]) war durch einen dreiseitigen Pappschirm von 70 cm Höhe abgewehrt. Die Samen wurden in 4 Reihen, zu fünf in jeder, mit der Austrittsstelle der Hypokotyle nach vorn, ausgelegt.

Beabsichtigt war, durch das vom Spiegel reflektierte Licht die phototropische Reaktion auszuschalten und womöglich dadurch das Hervortreten der geotropischen Reaktion zu steigern. Wie wir sehen werden, wurde das aber nicht erreicht.

Rücksichtlich des Keimungsverlaufes wäre zu erwähnen, daß die Keimungen verspätet einsetzten, was wohl der Abwehr des

---

1) Durch den mit Wasser vollgesogenen Gipsblock konnte solches vom Schleim aufgenommen werden.

2) Der Schirm wurde von der Südseite herangeschoben, verhinderte den Zutritt diffusen Lichtes von hinten und den Flanken.

diffusen Seitenlichtes zuzuschreiben sein wird. Am 18. III. waren erst 7 Keimungen, zumeist im Beginn stehend, nachzuweisen. Abgelaufen war die Keimung am 26. III.; 19 Samen waren gekeimt, verspätet (9. IV.) folgte der letzte.

Die phototropischen Reaktionen wurden aber durch das vom Spiegel reflektierte Licht nicht ausgeschaltet; das direkt auffallende erwies sich als stärker. Schon am 22. III. war an den stärker ausgewachsenen Hypokotylen eine negativ phototropische Krümmung nach abwärts erkennbar, am 5. IV. war eine solche allgemeiner vorhanden. Dann begannen die Hypokotyle, die auf der glatten Platte sich nicht anzuheften vermochten, dieser horizontal anliegend nach rückwärts zu wachsen (9. IV.). Am 19. IV. wurden endlich geotropische Reaktionen, aber nur an 3—4 Hypokotylen, wahrnehmbar, führten aber nirgends zu einer größeren Vollkommenheit. Die negativ geotropen Reaktionen kamen hier am schlechtesten zum Ausdruck, waren noch weniger gut als bei der Kultur auf dem Gipsblock. Die Ursache scheint in der dauernd mehr flüssig gebliebenen Schleimmasse zu liegen, welche die Samen zu wenig fixierte und dadurch dem Zustandekommen einer guten geotropischen Reaktion hinderlich war. Die Schleimmasse auf dieser Glasplatte erwies sich als merkwürdig verschieden von der der übrigen Platten und scheint ihre Durchleuchtung dabei eine Rolle gespielt zu haben. Ein großer gelblicher Tropfen umgab jeden Samen und dieser Schleim war viel flüssiger als auf den anderen Platten. In dieser Beziehung war er dem der Samen auf dem Gipsblock ähnlich, nur fehlte diesem die gelbliche Färbung.

Die Versuche dieser Reihe haben in nicht anzuzweifelnder Weise die geotropische Empfindlichkeit des Mistelhypokotyls erwiesen, aber auch gezeigt, daß diese erst einer Periode phototropischer Reizbarkeit folgt und nur kurze Zeit anhält. Das Zumausdruckkommen der negativ geotropischen Reaktion hängt in erster Linie von der Beschaffenheit der Substratfläche ab, auf welcher die Mistelsamen keimen. An rauhen Flächen führt meist schon die phototrope Krümmung zur Befestigung des Hypokotyls mit der Haftscheibe und hemmt dann, oder verdeckt mehr minder die geotropische Reaktion. Diese hat für die Befestigung des Mistelkeimes an der Nährpflanze jedenfalls Bedeutung. Ist das

Hypokotyl durch das Licht in eine vom Nährast abgekehrte Richtung gelenkt worden — oder war die Intensität desselben zur Keimung, aber nicht zur Auslösung des negativen Phototropismus ausreichend —, so vermag der negative Geotropismus offenbar noch oft die Haftscheibe zum Nähraste hinzuführen. Besonders bei Samen, die an die Unterseite von Zweigen gelangten, wird die Befestigung mit der Haftscheibe der Geotropismus besorgen. Den Nutationskrümmungen, die sich nach Ablauf der geotropischen Reizbarkeit zeigen, dürfte aber in dieser Beziehung nur wenig Bedeutung zukommen.

Gleichzeitig haben die Versuche interessante Aufklärung über das hohe Lichtbedürfnis der Mistelsamen zur Auslösung der Keimung und auch zur Erhaltung des Keimvermögens gebracht und gezeigt, wie Änderungen in der Summe des Lichtgenusses, die durch verschiedene Lage, dunkle oder helle Färbung der Unterlage, Abblenden eines Teiles des Lichtes bewirkt werden, maßgebenden Einfluß auf den Keimungsverlauf ausüben; auch entscheiden diese Umstände, ob überhaupt noch Keimung eintritt, oder ob nicht nur diese vereitelt wird, sondern auch das Erlöschen des Keimvermögens erfolgt. Im übrigen sei hier auf die Zusammenfassung, welche die Abhandlung beschließt, verwiesen[1]).

---

1) In der Fußnote S. 332 wurde des erfolglosen Versuches gedacht, Mistelsamen bei Zimmertemperatur, Feuchtigkeit zwischen 70—80 % und einer Lichtintensität von 80 HK im Thermostaten zur Keimung zu bringen. Ein Jahr vorher war der gleiche Versuch bei tieferer Temperatur (10—11° C) ebenfalls ohne Erfolg geblieben.

Hier sei der Schwierigkeiten gedacht, welche der Durchführung von Krümmungsversuchen mit Mistelsamen bei künstlicher Beleuchtung erwachsen, vor allem der begrenzten Zeit, in der die Mistelsamen zu Keimversuchen zu haben und zu verwenden sind. Hinderlich war für unser Institut auch das Hereinbrechen des Krieges. Das Institut verfügt zurzeit nur über einen Thermostaten. Eine weitere Dotation zur Beschaffung von Apparaten, darunter eines zweiten Thermostaten, wurde infolge des Krieges nicht bewilligt. Unser Zimmer für konstante Temperaturen, in dem gleichzeitig mehrere Versuche hätten ausgeführt werden können, war nicht verwendbar, da der eingestellte Ofen nur 4 Stunden Brenndauer hat, der als Heizer angestellte Diener uns durch den Krieg aber entzogen war. Die Einstellung eines Ofens mit 8 Stunden Brenndauer (leichtere Bedienung) mußte aber mangels einer Dotation unterbleiben.

Wenn man die interessanten und wichtigen Mitteilungen, die Lehmann („Über die Beeinflussung lichtempfindlicher Samen durch die Temperatur.“ Zeitschr. f. Botanik, 4. Jahrg., 1912) aus den Untersuchungen Professor Webers über die großen Schwankungen der Intensität im gewöhnlichen Tageslichte und die Höhe der Intensität des Tageslichtes in den einzelnen Monaten in dankenswerter Weise mitteilt, berücksichtigt, wird es sehr wahrscheinlich, daß die beim erwähnten Thermostatenversuch angewendete Lichtintensität

Versuche der II. Reihe. Verwendung von Klinostaten.

Da die Samen von *Viscum album* ohne Licht nicht keimen, können Versuche zum Nachweis des Geotropismus nicht unter Ausschluß phototropischer Reaktionen im dunklen Raume ausgeführt werden. Auf diese Schwierigkeit hat schon Wiesner aufmerksam gemacht. Im Klinostatenversuche, den er ausführte, suchte er die phototropische Reaktion durch Reflexion des Oberlichtes mittels eines Spiegels auszuschalten. Er verwendete dazu einen seiner „Schiffsuhr-Klinostaten", dessen Rotationsachse vertikal stand. Die Samen befanden sich auf der horizontalen Drehscheibe, auf Nadeln aufgesteckt. Ob auf diese Weise phototropische Reaktionen ausgeschlossen blieben, erscheint mir in bezug auf meinen vorher besprochenen „Spiegelversuch" etwas zweifelhaft; bedenklich erscheint mir auch das Aufstecken der Samen auf Nadeln, da dadurch auch Embryonen verletzt werden und dies Einfluß auf die Versuche haben könnte. Ich habe mir eine Anzahl Versuche unter Verwendung der Wiesnerschen Klinostaten ausgedacht, bei der von jeder Verletzung der zu verwendenden Samen abgesehen war.

Alle Versuche wurden am 26. II. 1915, mit am Vortage gepflückten Apfel-Mistelbeeren angesetzt.

I. Versuch. Verwendet wurde der größere „Schiffsuhren-Klinostat", der horizontal stand, also die Rotationsachse vertikal hatte. Auf der kreisenden, horizontalen Metallplatte wurde eine Glasplatte befestigt, die unterseits geschwärzt, oberseits geätzt, also rauh war. Auf ihr wurden 20 Samen, ohne bestimmte Orientierung der Austrittsseite für die Hypokotyle, ausgelegt. Über den Klinostaten kam ein parallelopipedischer Pappesturz von quadratischem Grundriß, 48 cm Seitenlänge und 70 cm Höhe, innen mit schwarzem Papier ausgekleidet. Oberlicht war ausgeschlossen, Vorderlicht von N sollte durch einen Ausschnitt von 25 und 23 cm Seitenlänge zur Platte mit den Samen gelangen. Infolge der Versuchsanordnung sollte der Phototropismus völlig unterdrückt werden

---

von 80 HK zu gering war. Allerdings besteht auch die Möglichkeit, daß das angewendete elektrische Licht (Kohlenfadenlampe) Strahlen von schädigender Wirkung enthielt. Unter diesen Umständen wird sich die Ermittelung der nötigen und der optimalen bestimmten Lichtmengen, die Aufdeckung ihrer allfälligen Beziehungen zur Temperatur für die Keimung der Mistelsamen, zu einer langwierigen Untersuchung gestalten.

und der negative Geotropismus der Hypokotyle rein hervortreten.

Der Versuch blieb jedoch in bezug auf das angestrebte Ziel ergebnislos, da die den Samen zukommende Lichtmenge nicht genügte, die Keimung zu ermöglichen.

Während am 20. III. auf den Platten des Versuches I (I. Reihe) die Keimung wesentlich abgelaufen war, fehlte hier noch jede Spur eines Keimungsbeginnes und so blieb es bis zum 10. V., an dem eine stärkere Verpilzung der Samen bemerkt und die Kultur in dieser Form aufgelassen wurde. Am 10. IV. findet sich im Tagebuche die Notiz, daß die Samen alle noch durchaus gut aussahen. Am 28. IV. der Vermerk, daß Verpilzung beginnt. Auch am 10. V. waren die Samen noch nicht mißfarbig. Die Platte mit den Samen kam nun, nahe einem Fenster, in einen Materialraum, der geringere Feuchtigkeit hatte als das N-Haus, wo aber wiederholt Mistelsamen zur Keimung gelangt waren. Der Belag der Schimmelpilze wurde erdrückt und ihre fernere Entwicklung gehemmt. Hier blieb die Kultur bis 22. V. — ohne daß einer der Samen gekeimt hätte —, bis auf zwei waren alle mißfarbig geworden und sicher tot. Die unzureichende Belichtung hatte auch das Keimvermögen der Samen zerstört[1]).

II. Versuch. Dieser war ursprünglich genau gleich dem I. eingeleitet. Da aber auch hier am 20. III. keine Spur einer Keimung vorlag und das Ergebnis des Versuches II der I. Versuchsreihe klar darauf hinwies, daß Lichtmangel daran schuld trage, wurde am 20. III. abends der Ausschnitt des Pappsturzes an der Vorderseite mehr als verdoppelt (Seiten der rechteckigen Öffnung 33 und 50 cm). Auch dies führte zunächst zu keinem Keimerfolg. Infolgedessen wurden am 29. III. die früher schwarz überzogenen, inneren Wandungen des Sturzes mit weißem Papier überklebt. Das hatte nun ein allmähliches Einsetzen der Keimung zur Folge. Am 7. IV. wurde an einem Samen Keimbeginn festgestellt. Am 17. IV. waren 3 deutliche Keimungen, am 28. IV. 6 und 1 Keim-

1) Ich muß betonen, daß den Schimmelpilzen meinen Erfahrungen nach gewiß kein Anteil an der Zerstörung des Keimvermögens zukommt. Nur Bakterien und Rußtaupilze sind gefährlich, solche fehlten aber in diesem Falle. In einem Pelz von Schimmel steckende Samen keimen und die Keimlinge bleiben oft monatelang am Leben, wie an Versuchen in Kalthäusern wiederholt beobachtet wurde.

beginn vorhanden. Am 7. V. 7 + 3[1]), am 10. V. 11, am 16. V. 9 + 5[2]). Am 21. V. wurde die Kultur aufgelassen.

Aber auch dieser Versuch erreichte sein eigentliches Ziel, den Nachweis des negativen Geotropismus, nicht, denn durch die so bedeutend vergrößerte Öffnung des Sturzes an der Vorderwand kam das Vorderlicht auch als Oberlicht zur Wirkung und schon am 30. IV. wurde an den ältesten Hypokotylen ein negativ phototropes Wachsen nach unten beobachtet.

In anderer Beziehung aber ist ja der Versuch lehrreich. Er zeigt, wie die ursprünglich zu geringe Lichtintensität einen beträchtlichen Keimverzug zur Folge hatte; ja bei einigen Samen war das Keimvermögen schon erloschen. Eine Verpilzung der Kultur begann erst am 10. V., am 16. V. war sie schon stark und deshalb wurde der Versuch am 21. V. aufgelassen. 3 Samen waren an diesem Tage schon verfärbt und sicher abgestorben. Bezüglich dieses Absterbens gilt aber das gleiche, wie das in der Fußnote vorher Angeführte.

Die in den Versuchen I und II angewendete Durchführung ist also wegen des hohen Lichtbedürfnisses, das die Mistelsamen zur Keimung benötigen, für den Nachweis des negativen Geotropismus der Hypokotyle nicht gangbar.

III. Versuch. Die gleiche Ursache vereitelte auch hier das angestrebte Ziel, den Ausschluß sowohl phototropischer, als geotropischer Reaktion. Verwendet wurde ein kleiner Klinostat, der vertikal, dessen Drehungsachse horizontal stand. Auf die an dieser befestigte Drehscheibe war wieder eine unten geschwärzte, oben geätzte Glasplatte befestigt, auf der 20 Mistelsamen, ohne bestimmte Orientierung ausgelegt warén. Über den Klinostaten wurde ein quadratischer Pappesturz von 38 cm Seitenlänge und 70 cm Höhe gebracht, innen mit schwarzem, mattem Papier ausgekleidet. Der Sturz war oben offen, so daß Oberlicht Zutritt hatte, Vorderlicht aber ausgeschlossen war. Die auf der senkrecht stehenden Platte mit ihr kreisenden Samen und ihre Keimlinge waren sowohl einer geotropischen, als einer phototropischen Krümmungsreaktion entzogen.

---

1) Die Schreibweise, z. B. 7 + 3 bedeutet: 7 deutliche oder vorgeschrittene Keimlinge, 3 im Beginn der Keimung stehende.

2) Dieser gekürzte Auszug aus dem gebuchten Keimverlauf wird zur Erkenntnis des Tatsächlichen genügen.

In diesem Versuche unterblieb jede Keimung, auch dann, als nach sicherer Erkenntnis, daß die den Samen zukommende Lichtmenge zu gering sei, am 30. III. der Sturz innen mit weißem Papier überzogen und, als daraufhin noch immer keine Keimung erfolgte, am 17. IV. die Höhe desselben auf die Hälfte (35 cm) verringert wurde. Die Kultur war dauernd pilzfrei und wurde bis zum 22. V. geführt. An diesem Tage wurde sie aufgelassen, da alle Samen mißfarbig und sicher tot waren.

Dieser Versuch ergänzt lehrreich den Versuch II der I. Reihe. Beachtet man die Größe der Öffnung des Sturzes für den Zutritt des Oberlichtes (38 cm Seitenlänge), so erhellt wieder, welcher verhältnismäßig hohen Lichtstärke die Mistelsamen zum Keimen bedürfen. In Bestätigung des Versuches II zeigt sich aber auch, daß auch das Keimvermögen schon bei verhältnismäßig geringem Lichtentzug erlischt — auch dann, wenn die übrigen Keimungsbedingungen (Temperatur, Feuchtigkeit) gleichzeitig günstig geboten sind [1]).

In dem besprochenen Versuche war jedenfalls auch die Profillage der Samen gegenüber dem einfallenden Lichte, sowie die Rotation mitbestimmend für das Ergebnis. Bei horizontal liegender Platte wäre vielleicht eine Keimung erfolgt. Ebenso wäre es möglich, daß bei vertikaler Lage der Platte — ohne Rotation — die am oberen Ende befindlichen, besser belichteten Samen zur Keimung gelangt wären, nicht aber die tiefer befindlichen, weniger belichteten. Hierüber müßten neue Versuche Aufschluß bringen.

IV. Versuch. Hier sollte der Geotropismus — vorerst unter Ausschluß geotropischer Reaktion — an negativ phototropisch gewachsenen Hypokotylen zur Auslösung gelangen. Verwendet wurde ein kleiner, senkrecht gestellter Klinostat. An der horizontalen Achse war über der ihr aufsitzenden Scheibe eine quadratische Blechplatte aufgesteckt, die auf Stützen eine gleich große, ihr parallel stehende Platte von gewöhnlichem Glas trug. Auf diese Platte kamen innenseitig 20 Samen der Mistel zu liegen. Die Platte wurde durch den Klinostaten in vertikaler Lage, bei einfallendem Vorderlicht, gedreht. Über den

1) Aus früher durchgeführten Versuchen über die schädigende Wirkung der Dunkelheit auf Mistelbeeren und -samen (die an anderem Orte zur Veröffentlichung gelangen sollen) geht hervor, daß sie bei tieferen Temperaturen vermindert ist.

Klinostaten wurde nämlich ein Pappesturz von quadratischem Querschnitt (Seitenlänge 38, Höhe 70 cm) gestülpt, der innen mit schwarzem Papier ausgekleidet, oben geschlossen war; an der Vorderseite aber befand sich ein beinahe quadratischer Ausschnitt (Seiten 22 und 21 cm), an den die rotierende Platte mit den Mistelsamen nahe gerückt wurde. Man sieht, daß durch die Versuchsanordnung geotropische Krümmung der auswachsenden Hypokotyle verhindert war, während das einfallende Vorderlicht eine negativ phototrope Reaktion zur Folge haben mußte. Sie konnte sich um so klarer zeigen, als die Samen der Hinterseite der Glasplatte auflagen und ihre Hypokotyle von der Platte weg in den Zwischenraum zwischen dieser und der Blechplatte wachsen mußten. Dieser Erfolg wurde in der Tat auch erzielt.

Allein auch hier machte sich zunächst eine noch kaum ausreichende Lichtintensität, als die Keimung verzögernd, geltend. Zwar fanden sich am 20. III. drei im Keimbeginn stehende Samen, was gegenüber den Klinostatenversuchen I, II und III einen Erfolg bedeutete und entschieden dem zuzuschreiben war, daß die Platte sich mit den Samen in Flächenstellung gegen das Vorderlicht befand. Ich fürchtete aber, daß bei dem für Mistelsamen offenbar noch immer kaum ausreichenden Lichtzutritt viele Samen ungekeimt bleiben könnten und ließ deshalb den Ausschnitt an der Vorderseite des Sturzes am 24. III. abends beträchtlich vergrößern. Die Seitenlängen desselben betrugen nun 28 und 46 cm. Daß dadurch, neben dem Seitenlicht, auch von vorne kommendes Oberlicht Zutritt hatte, war in dem Falle ohne störenden Einfluß, da ja die Platte in senkrechter Lage rotierte und so eine einseitige Wirkung des Oberlichtes ausgeschlossen war.

Nun war der Keimverlauf ziemlich beschleunigt. Am 26. III. waren 3 + 4[1]), am 29. III. 5 + 4, am 3. IV. 9 + 4, am 7. IV. 14 + 3, am 9. IV. 17 + 2, am 12. IV. 19 + 1 Samen mit Keimlingen vorhanden.

Schon am 9. IV. war an den länger ausgewachsenen Hypokotylen die negativ phototropische Krümmung gut sichtbar; die Hypokotyle begannen von der Platte senkrecht weg zu wachsen. Unter den gleichen Bedingungen wurde der Versuch bis 11. V. fortgesetzt und an diesem Tage die in Fig. 5, Taf. I vorliegende photographische Aufnahme gemacht. Das Bild gibt eine Aufnahme

1) Vgl. die Fußnote S. 353.

der Platte im Profil. Die im allgemeinen ziemlich der Senkrechten nahe kommende Stellung der Hypokotyle, als Ausdruck ihres negativen Phototropismus, kommt gut zur Geltung[1]).

Nun sollte erst der Nachweis des negativen Geotropismus folgen. Die Platte, die schon zur photographischen Aufnahme von der Scheibe des Klinostaten abgelöst worden war, wurde in derselben Lage nun senkrecht stehen gelassen[2]). Der negative Geotropismus hätte nun eine Aufkrümmung der Hypokotyle bewirken sollen. Dieser Erfolg blieb aber nahezu völlig aus, weil offenbar der richtige Zeitpunkt zum geschilderten Vorgehen schon überschritten war. Nun waren die Keimlinge zumeist zu alt, nur einige wenige später zur Entwicklung gekommene reagierten noch. Das war schon am 14. V. bemerkbar; einer reagierte besonders gut und richtete das Hypokotyl, das vorher senkrecht von der Platte abstand, nach oben, so daß es nun parallel zur Platte stand. Ich ließ diesen Samen mit Keimling am 22. V. zeichnen (Fig. 7, Taf. II). Im übrigen machten die Hypokotyle leichte Krümmungen nach den verschiedenen Seiten, bald nach oben, bald nach unten, bald wieder seitwärts, es kamen die Nutationskrümmungen an diesen mit der Haftscheibe nicht befestigten Hypokotylen zum Ausdruck. Sie sind in der zweiten Profilaufnahme, die ich von der Kultur am 30. V. anfertigen ließ (Fig. 6, Taf. I), gut ersichtlich, wenn man sie mit Fig. 5, der Aufnahme vom 11. V. vergleicht. Auch ist in dieser Aufnahme der in Fig. 7, Taf. II gezeichnet wiedergegebene Keimling, der noch gut geotropisch reagiert hatte, unten sichtbar, so wie oben einer mit ähnlicher Reaktion.

Der im Versuch IV angewendete Vorgang läßt also — unter Verwertung der gewonnenen Erfahrung — bei Wiederholung einen exakten Nachweis des negativen Geotropismus erwarten. Tatsächlich ist er aber überflüssig, weil ihn schon die in der ersten Versuchsreihe angeführten einfachen Plattenversuche mit aller Klarheit erweisen.

---

1) Nur bei den Hypokotylen von vier Samen war die Reaktion weniger gut, was offenbar auf eine mechanische Hemmung durch den Schleim zurückzuführen ist. Die Hypokotyle blieben mehr minder im Schleime kleben.

2) Ein kurzer, runder Zylinder, oben und unten offen, wurde darüber gestellt und wehrte das Seitenlicht ab. Das Oberlicht hatte Zutritt, die geotrope Krümmung mußte entgegen demselben erfolgen.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

1. Die Hypokotyle der Mistelkeimlinge sind in den ersten 3—4 Wochen negativ phototropisch, in den folgenden etwa 2 Wochen negativ geotropisch reizbar; gelingt innerhalb dieser Zeiten die Befestigung mit der Haftscheibe an der Unterlage nicht, so führen sie noch Nutationskrümmungen aus.
2. Der negative Geotropismus des Hypokotyls, der fast durchgehend geleugnet wurde, kommt nicht oder zumeist wenig deutlich zur Äußerung, wenn in der Periode negativ phototropischer Empfindlichkeit die Haftscheibe sich an die Unterlage infolge ihrer rauhen Beschaffenheit anheften konnte insbesonders ist das bei horizontaler Unterlage der Fall.
3. Es läßt sich aber in sehr deutlicher Weise der negative Geotropismus nachweisen, wenn die Samen auf glatten Flächen zur Keimung ausgelegt werden. Eine Befestigung der Hypokotyle kann hier meist nicht erfolgen; nach dem Erlöschen der phototropischen Reizbarkeit kommt der negative Geotropismus an den freien Hypokotylen zur Geltung:
   a) an horizontal ausgelegten, gewöhnlichen Glasplatten wird schließlich die Mehrzahl der Hypokotyle dem Oberlichte zu aufgerichtet; einzelne werden, offenbar durch den zähen Schleim, mechanisch daran verhindert. An horizontalen Platten mit rauher Oberfläche unterbleibt die Aufrichtung des radikularen Hypokotylendes, weil der Phototropismus zur Befestigung mittels der Haftscheiben geführt hat;
   b) an vertikal aufgestellten, glatten Glasplatten findet, wenn die Austrittsrichtung der Hypokotyle beim Auslegen der Samen quer gerichtet wurde, teilweise eine Drehung — auch Verlagerung der Samen infolge Absinkens — statt. Doch ist auch hier die geotropische Reaktion meist deutlich erkennbar. An rauhen Platten (senkrecht stehend, Samen quer), an denen die Hypokotyle sich zu befestigen vermochten, tritt der negative Geotropismus sehr schön hervor. Die Hypokotyle zeigen

sich größtenteils in eine aus dem Zusammenwirken vom negativen Phototropismus und negativen Geotropismus resultierende Richtung eingestellt, doch überwiegt schließlich bei manchen die geotropische Reaktion;

c) auch auf glatten Holzbrettchen (horizontal oder vertikal gestellt) oder auf der horizontalen, glatten Oberfläche eines Gipsblockes kommt der negative Geotropismus bei vielen Hypokotylen der keimenden Samen zum Ausdruck. Rauhe Holzbrettchen eignen sich zum Nachweis des negativen Geotropismus weniger, da an ihnen der Phototropismus schon zur Befestigung der Hypokotyle mit der Haftscheibe führt. Auch eine zu flüssige Beschaffenheit des Mistelschleimes (wasserdurchtränkter Gipsblock als Unterlage), der eine zu geringe Fixierung der Samen an der Unterlage bewirkt, hindert ein gutes Hervortreten der negativ geotropischen Reaktion.

4. Versuche unter Anwendung des Klinostaten (Ausschluß der phototropen Reaktion bei Beleuchtung durch Vorderlicht und horizontal rotierender Platte, oder Ausschluß photo- und geotropischer Reaktion bei vertikal rotierender Platte und einfallendem Oberlichte) mißlingen, weil die den Samen zukommenden Lichtmengen zur Auslösung der Keimung und Erhaltung der Keimfähigkeit nicht genügen. Nur durch vorläufigen Ausschluß des Geotropismus (Samen auf der Hinterwand einer vertikal rotierenden, dem Vorderlichte ausgesetzten Glasplatte) und zunächst erzielte negativ phototrope Orientierung der Hypokotyle läßt sich, wenn die Platte noch vor dem Erlöschen der negativ geotropischen Empfindlichkeit vom Klinostaten abgenommen und vertikal gestellt wird, der negative Geotropismus durch nunmehr erfolgende Aufkrümmung der Hypokotyle nachweisen.

5. Die negativ geotropische Reizbarkeit ist für das Erreichen der Anheftung der Keimlinge an die Nährpflanzen ohne Zweifel von großer Bedeutung. In Fällen, wo dies durch den Phototropismus nicht erzielt wurde — insbesonders bei Samen, welche an der Unterseite von Ästen keimen —, kann der Geotropismus zur Befestigung führen.

6. Zwischen dem Hypokotyl und den jungen Jahresaustrieben der Mistel herrscht insofern Übereinstimmung, als ihnen geotropische Empfindlichkeit nur für kurze Zeit eigen ist.
7. Zur Auslösung der Keimung von Mistelsamen ist eine beträchtliche Lichtsumme nötig; zu geringe Lichtmengen verzögern merklich den Keimverlauf, ja sie verhindern bei gewissen Grenzen, und zwar noch bei relativ hoher Helligkeit, das Keimen gänzlich und führen auch zum Erlöschen des Keimvermögens.
8. Die Empfindlichkeit für die Lichtmengen ist eine beträchtliche.
   a) Eine Verzögerung des Keimverlaufes war bei Verwendung schwarzer gegenüber weißer Unterlage — bei sonst gleichen Lichtverhältnissen — stets nachweisbar.
   b) Pappestürze von 32 cm Höhe und 26 cm Durchmesser, **oben offen,** über die Kulturplatten gestülpt, hemmten bei Verwendung einer schwarzen Platte die Keimung überhaupt und führten zum Erlöschen des Keimvermögens, während bei Verwendung einer weißen Unterlage die Keimung nur sehr verzögert verlief.
   c) Bei einem Klinostatenversuch, mit auf senkrecht rotierender, dunkler Glasplatte ausgelegten Samen, verhinderte ein übergestülpter, quadratischer, **oben offener** Pappesturz (35 cm hoch, 38 cm Seitenlänge) die Keimung und führte zum Erlöschen des Keimvermögens.
   d) Der Unterschied in der Lage der Platten mit den ausgelegten Samen (Horizontal- oder Profilstellung) kommt im Keimungsverlauf immer deutlich zum Ausdruck.
   e) Das Ausscheiden des Vorderlichtes und Belassen des Oberlichtes allein kommt im Keimungsverlauf ebenfalls zum Ausdruck.
9. Die Lichtmenge, die zur Keimung nötig ist, scheint geringer zu sein, als die zur Ausführung der nega-

tiv phototropen Reaktion des Hypokotyls beanspruchte.

10. Bei künstlicher Beleuchtung mit 80 HK im Thermostaten, sonst aber günstigsten Keimungsbedingungen (Zimmertemperatur, Feuchtigkeit zwischen 70 bis 80 %), konnte keine Keimung der Mistelsamen erzielt werden. Diese Lichtstärke ist bei den großen Ansprüchen, welche die Mistelsamen dem Tageslichte gegenüber verraten, wohl zu gering.

Botanisches Institut der Universität Innsbruck
im August 1915.

Nachtrag.

(Gelegentlich der Korrektur im August 1916.)

Das über die Beziehungen zwischen Lichtbezug und Keimung der Mistelsamen hier Mitgeteilte ist inzwischen durch meine fortgesetzten Untersuchungen schon überholt. Man vergleiche meine Abhandlung „Über den Mangel einer durch innere Bedingungen bewirkten Ruheperiode bei den Samen der Mistel (*Viscum album* L.)“ in den Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wiss. in Wien, math.-naturw. Klasse, Abt. I, 125. Bd., 1916. Hier wurde nachgewiesen, daß unter optimalen Bedingungen (entsprechende Lichtintensität, hohe relative Luftfeuchtigkeit und zusagende Temperatur) die Keimung der Mistelsamen jederzeit in kurzer Frist (2—3 Tagen) erreicht werden kann. Weitere Untersuchungen und eine zusammenfassende Darstellung werden späterhin zur Veröffentlichung gelangen.

Figuren-Erklärung.

Tafel I.

Fig. 1. Mistelsamen mit Keimlingen auf gewöhnlicher, horizontal liegender Glasplatte; die Hypokotyle negativ geotropisch aufgerichtet. Text S. 325. Aufnahme schief von oben.

Fig. 2. Dieselbe Kultur im Profil aufgenommen.

Fig. 3. Keimende Mistelsamen auf gewöhnlicher, nahezu vertikal gestellter Glasplatte, bei Ober- und Vorderlicht. Die Samen waren nicht bestimmt orientiert. Die Hypokotyle zeigen negativ phototrope, aber auch negativ geotrope Reaktion. *o* = oben, *u* = unten, *N* = Norden. Text S. 325.

Fig. 4. Keimende Samen auf einem zylinderstutzförmigen Gipsblock. Oberlicht und Vorderlicht (durch Pfeil angedeutet). Negativ phototrope Reaktion der Hypokotyle. Dazu ist die spätere Aufnahme in Fig. 2, Taf. III zu vergleichen. Text S. 347.

Fig. 5. Profilaufnahme einer Glasplatte mit Mistelkeimen, die sich auf der Hinterseite der auf dem Klinostaten in vertikaler Lage rotierenden Glasplatte bei Vorderlicht (Einfall durch den Pfeil bezeichnet) entwickelt haben und die negativ phototrope Reaktion der Hypokotyle zeigen. Text S. 354.

Fig. 6. Dieselbe Kultur wie in Fig. 5, nachdem sie, vom Klinostaten abgenommen, in senkrechter Lage und bei Oberlicht (angedeutet durch Pfeil) vom 11. V. bis 30. V. gestanden hatte. Im allgemeinen zeigt der Vergleich mit Fig. 5, daß nur mehr Nutationskrümmungen von den Hypokotylen ausgeführt wurden, nur die jüngsten (so der unterste) reagierten noch negativ geotropisch.

Tafel II.

Fig. 1. Keimlinge aus Kultur I a, auf rauher, unterseits geschwärzter, horizontaler Glasplatte erwachsen. Die Hypokotyle durch den negativen Phototropismus zur Platte geführt und an ihrer rauhen Fläche mit der Haftscheibe haftend.

Fig. 2. Keimlinge aus Kultur I b, Parallelkultur zu I a, auf glatter, gewöhnlicher Glasplatte mit weißer Porzellanunterlage. Die Hypokotyle konnten sich nicht anheften und wurden nach dem Ausklingen der phototropen Empfindlichkeit durch den negativen Geotropismus aufgerichtet. Text S. 328.

Fig. 3. Ein Same mit zwei Keimlingen (aus der gleichen Kultur I b, von der Fig. 2 stammt) in aufeinander folgenden Zeiten *(a, b)* gezeichnet.

Fig. 4. Zeigt die Lageänderung, die der Same und das Hypokotyl eines Keimlings infolge Verlagerung der Platte um 90° vollführten. Es ist der in der Textfig. 3 vorletzte Same in der obersten Reihe. Seine Stellung vor der Verlagerung ist in der Textfigur gegeben und mit Fig. 4 der Taf. II zu vergleichen. o′ = oben, solange die Platte die in Textfig. 3 gegebene vertikale Lage hatte, o = oben nach erfolgter Verlagerung. Text S. 338.

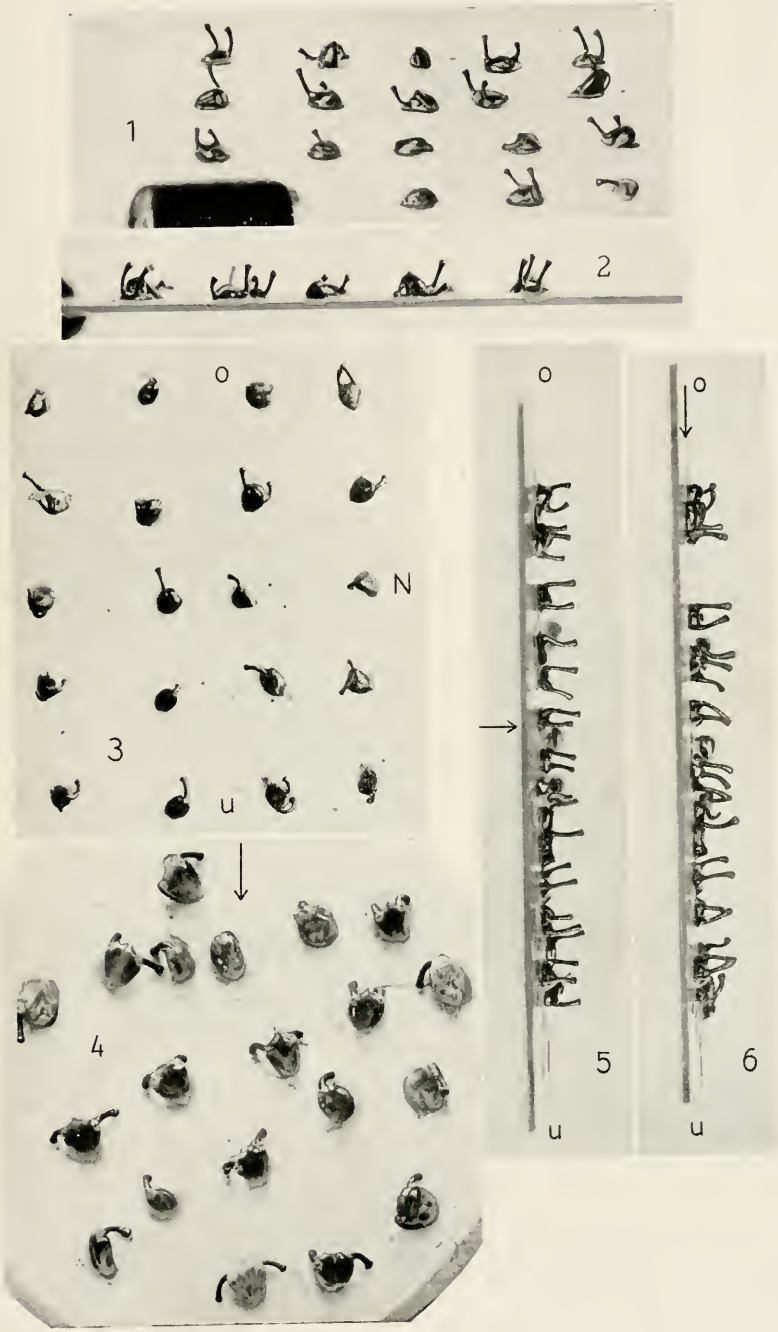
Fig. 5. Eine Auswahl von Samen, bei denen die Hypokotyle der Keimlinge eine sehr vollkommene negativ geotropische Reaktion vollzogen haben. Das Substrat war eine gewöhnliche, glatte Glasplatte, die nahezu senkrecht stand. Licht von oben und vorn (durch Pfeile angedeutet). Die Auslage der Samen erfolgte quer, mit der Austrittsstelle für die Hypokotyle gegen das Vorderlicht. Text S. 340.

Fig. 6. Zwei Samen mit Keimlingen aus einer Kultur auf horizontal liegendem Holzbrettchen; Licht von oben und vorn (mit Pfeil angedeutet). Text S. 344.

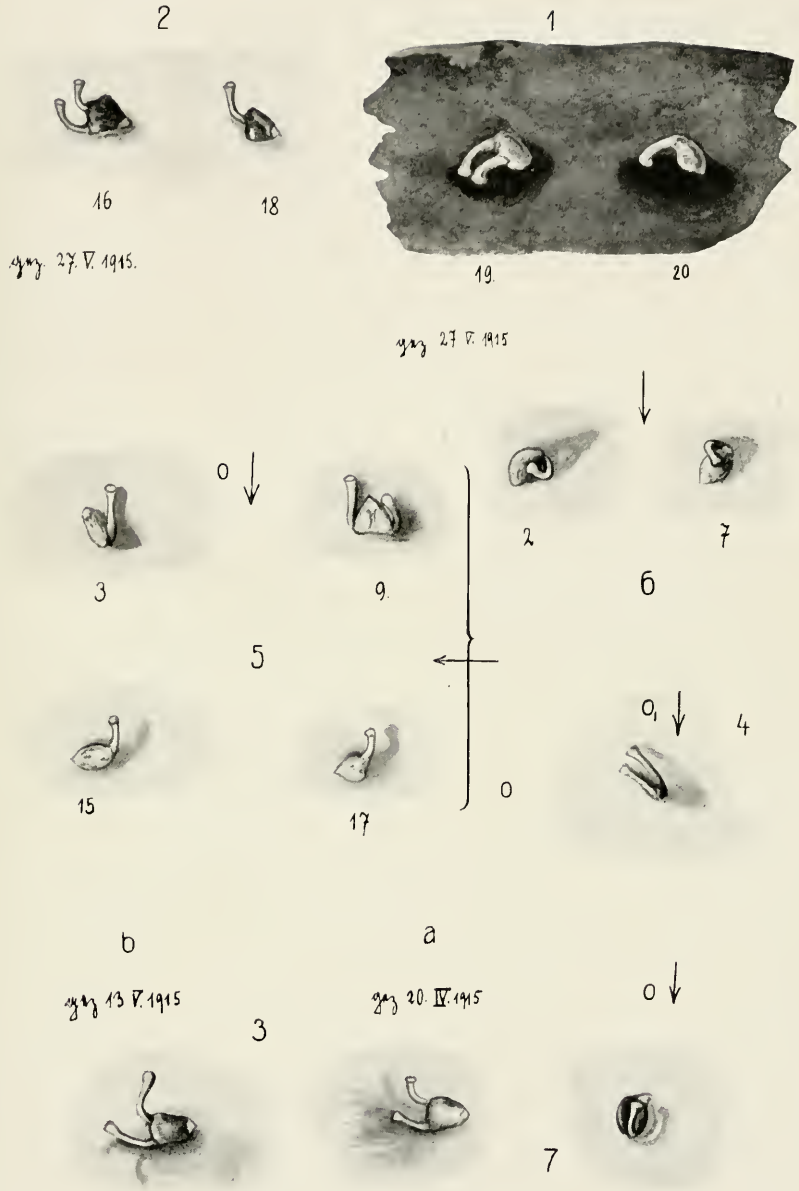
Fig. 7. Ein Keimling, dessen Hypokotyl zunächst auf rotierender Platte bei Vorderlicht senkrecht zur Platte gewachsen war, dann bei ruhender, vertikaler Platte infolge negativen Geotropismus sich parallel zur Platte nach oben (= *o*), dem einfallenden Lichte zu, gekrümmt hat. (Aus Aufnahme in Fig. 6, Taf. I.) Text S. 356.

Tafel III.

Die Erklärung der Bilder auf Taf. III ist im Texte gegeben, da sie ursprünglich dort hätten aufgenommen werden sollen. Die störende Wirkung des Rasters, die leider bei allen Bildern beträchtlich ist, wäre bei den Figuren, die Taf. III bringt, so stark gewesen, daß ihre Wiedergabe auf einer Tafel vorgezogen wurde. Betreffend Fig. 1, vgl. S. 335, betreffend Fig. 2, S. 337.



Prof. Wagner und Dr. Seeger phot.



Paula Würtele gez.

Fig. 2.

Prof. Wagner phot. Fig. 1

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik

Jahr/Year: 1917

Band/Volume: 57

Autor(en)/Author(s): Heinricher Emil

Artikel/Article: Die Krümmungsbewegungen des Hypokotyls von Viscum album, ihre zeitliche Folge, insbesonders der Nachweis seiner negativ geotropischen Reaktion. Beziehungen zwischen Lichtgenuß und Keimung, sowie Erhaltung des Keimvermögens der Mistelsamen. 321-362