

Theile ihrer mitteldeutschen Wohnstätten¹⁾ nicht spontan. Die Individuen der spontanen mitteldeutschen Wohnstätten beider Arten, sowie diejenigen der spontanen Wohnstätten von *Clematis Vitalba*, welch' letztere ebenfalls in manchen Gegenden Mitteldeutschlands nur verwildert ist, sind Nachkommen von Einwanderern des warmen Zeitabschnittes vor dem trockensten Abschnitte der ersten heissen Periode oder desjenigen nach demselben.

9. Hans Winkler: Ueber die Regeneration der Blattspreite bei einigen Cyclamen-Arten.

(Vorläufige Mittheilung).

Eingegangen am 20. Februar 1902.

In seiner Monographie der Gattung *Cyclamen* giebt HILDEBRAND (898, p. 95) an, bei Keimlingen von *Cyclamen africanum* und *persicum* „die Bildung neuer Blattspreiten aus dem der ersten Spreite beraubten Blattstiel“ beobachtet zu haben. „Es bildeten sich nämlich, wenn der Stiel des ersten Blattes dem Keimling gelassen wurde — so besonders bei *Cyclamen africanum* — an irgend einer Stelle aus seinem Rande rechts und links zwei kleine nierenförmige Flügel aus, in Farbe und Structur ganz der sonstigen Spreite des ersten Blattes gleich, welche nun dessen assimilirende Stelle vertreten konnten.“

Diese Thatsache der Spreitenregeneration aus dem entspreiteten Blattstiele steht im ganzen Pflanzenreiche völlig vereinzelt da. Wird an dem Blatte irgend einer Pflanze die Spreite entfernt, so stirbt gewöhnlich der Blattstiel mehr oder weniger rasch ab und wird, wie bei der herbstlichen Entlaubung, abgestossen. Für den Ersatz der verlorenen Assimilations- und Transpirationsfläche wird in verschiedener Weise gesorgt: durch beschleunigte Entfaltung anderer, schon angelegter Blätter, durch Austreiben der Achselknospe, durch tieferes Ergrünen der restirenden Stengel- oder Stieltheile (vgl. die Angaben von BOIRIVANT, 898) u. dgl., nie aber, soweit bekannt, durch directes Nachbilden einer neuen Blattspreite aus dem Stielstumpf.

Bei dieser grossen Seltenheit und der theoretischen Bedeutung eines solchen Falles echter Regeneration erschien es mir wünschens-

1) *Helleborus foetidus* z. B. an der in der Nähe der Porta Eichsfeldica gelegenen welche von DRUDE (a. a. O. S. 223) erwähnt wird.

werth, ihn einer genaueren Untersuchung zu unterziehen, zumal wir darüber nur die eben citirte, sehr kurze Angabe HILDEBRAND's besitzen, die auf Einzelheiten des Vorganges nicht eingeht. Einige Resultate dieser Untersuchung möchte ich an dieser Stelle mittheilen; eine eingehende, mit Abbildungen morphologischer und histologischer Einzelheiten des Vorganges versehene Darstellung wird in einer ausführlichen Monographie der pflanzlichen Regenerationserscheinungen erfolgen, mit deren Ausarbeitung ich beschäftigt bin.

Die Versuche wurden mit folgenden (aus dem Freiburger botanischen Garten und von HAAGE und SCHMIDT in Erfurt bezogenen) *Cyclamen*-Arten angestellt: *Cyclamen alpinum*, *cilicicum*, *colum*, *europaeum*, *graecum*, *ibericum*, *neapolitanum*, *persicum*, *repandum*, *africanum* × *neapolitanum*. Als regenerationsfähig erwiesen sich nur *C. persicum* und *africanum* × *neapolitanum*. Die Angaben im Folgenden beziehen sich im Wesentlichen auf *C. persicum*.

Die Keimung von *Cyclamen persicum* ist mehrfach Gegenstand der Untersuchung gewesen; ich verweise auf die betreffenden Arbeiten von GRESSNER (874), LUBBOCK (892, II, p. 184), HILDEBRAND (898), GOEBEL (900, p. 590, Fig. 392). Sofort bei der Keimung wird das Knöllchen angelegt, das ziemlich rasch an Umfang zunimmt und zunächst nur ein Blatt trägt. Dieses Blatt, das (wenn man nicht annehmen will, dass die Pflanze überhaupt keine Cotyledonen hat) als erster und einziger Cotyledo, besser vielleicht als Primärblatt zu bezeichnen ist, gleicht in Bezug auf Form und Grösse völlig den späteren Laubblättern. Die Spreite ist anfangs zusammengefaltet und hat verkehrt-herzförmige Gestalt; der Rand ist unregelmässig gekerbt. Der Stiel hat im Allgemeinen einen runden Querschnitt, trägt aber auf der inneren Seite eine vom Spreitenansatz etwa bis zur halben Stiellänge herablaufende Rinne, so dass der Stiel an seiner oberen Hälfte zwei mehr oder weniger hohe Flügel aufweist. Der Gefässbündelquerschnitt ist im ganzen Stiele, auch in dem völlig drehrunden, äusserlich radialen Theil hufeisenförmig, wobei die Oeffnung dieses hufeisenförmigen Bogens natürlich nach innen zu schaut. Das Alles gilt nicht nur für das Primärblatt, sondern ebenso für die folgenden Blätter, für die nur noch, was ihre Entwicklungsgeschichte anbelangt, zu erwähnen ist, dass ihr Stiel am oberen Ende stark zurückgebogen ist, so dass die Spreitenspitze nach unten gerichtet ist. Erst ziemlich spät erfolgt die Geradestreckung des Stieles.

Was die Entwicklung der auf das Primärblatt folgenden Blätter anbelangt, so ist es bei *Cyclamen persicum* die Regel, dass noch im ersten Jahre mehrere, bis zu fünf, sechs hervortreten. Im Allgemeinen erscheint aber das zweite Blatt erst relativ spät, zu einer Zeit, wo das Primärblatt schon eine erhebliche Grösse erreicht hat. Es kommen hier übrigens ziemlich beträchtliche individuelle Verschiedenheiten

vor. Bisweilen erscheint das zweite Blatt schon zu einer Zeit, wo das Primärblatt kaum beginnt, die Samenschale abzustreifen; andererseits habe ich auch Keimlinge beobachtet, die in der ersten Vegetationsperiode überhaupt nur das Primärblatt entwickelten. Auf alle diese Verhältnisse ist das Entspreiten des Primärblattes so gut wie ohne Einfluss; eine correlative Beschleunigung in der Entwicklung des nächstfolgenden Blattes, wie sie nach HILDEBRAND (892, p. 37) z. B. bei Keimlingen von *Oxalis rubella* unter den gleichen Versuchsbedingungen eintritt, ist hier nicht zu beobachten. Dagegen zeigen sich eben jene, von HILDEBRAND (898, p. 95) angeführten eigenartigen Regenerationsvorgänge.

Allerdings nicht stets. Oft stirbt der seiner Spreite beraubte Blattstiel ab und wird abgeworfen. In der Mehrzahl der Fälle aber bilden sich an dem Stielstumpfe zwei, seltener nur eine, noch seltener mehr als zwei neue Blattspreiten aus. Die ersten Anfänge dieser regenerativen Neubildungen werden gewöhnlich etwa 5—6 Tage nach der Operation äusserlich sichtbar und zwar stets in unmittelbarer Nähe (ca. 1—2 mm unterhalb) der Schnittfläche, gleichgiltig, ob der Schnitt nahe dem Spreitenansatz oder nahe der Stielbasis oder ungefähr in der Mitte des Stieles geführt worden war. Diese Lage des Neubildungsherdes am oberen Stielende ist unabhängig von der Schwerkraft; sie ändert sich nicht, wenn der Stiel gezwungen wird, in inverser Lage zu regeneriren. Sie lässt sich aber dadurch in jede beliebige Entfernung von der Schnittfläche verlegen, dass die dieser nächstgelegenen Theile des Stieles mechanisch, durch Eingypsen, am Auswachsen verhindert werden. Die Regeneration geht dann von den direct unterhalb des Gypsblockes gelegenen Theilen des Stieles aus, ohne dass die eingegypste Strecke zunächst abstirbt. Wird der Gypsverband zu einer Zeit, wo das Regenerat noch jung und wenig differenzirt ist, entfernt, so kann es vorkommen, dass an den nunmehr freigelegten, der Schnittfläche benachbarten Stieltheilen ein neuer Regenerationsherd auftritt, der den früheren, unterhalb gelegenen in der Entwicklung überholt. Letzterer bleibt auf dem Stadium stehen, das er bei der Wegnahme des Gypsblockes erreicht hatte, kann aber durch Abschneiden der oberhalb gelegenen Stielpartien zur Weiterentwicklung veranlasst werden.

Natürlich betheiligt sich an der Regeneration nicht der gesammte Stielquerschnitt; ihr Ausgangspunkt sind stets und ausschliesslich die oben erwähnten Flügelleisten des Stieles, oder, wenn der Schnitt durch die stielrunde Region des Stieles geführt worden war, die diesen Flügelleisten entsprechenden Stellen, also die in der geradlinigen Verlängerung des bogenförmigen Gefässbündelquerschnittes liegenden Theile der Stielperipherie. Dieser Ausgangspunkt der Regeneration lässt sich in keiner Weise und durch kein Mittel an

eine andere Stelle des Querschnittes verlegen. Werden die betreffenden Stellen irgendwie an der Regeneration verhindert, so tritt eine solche überhaupt nicht ein.

Die ersten Theilungen zeigen sich in den Epidermiszellen und den unmittelbar darunter liegenden grossen Zellen des Stielparenchyms. (Es braucht wohl kaum besonders hervorgehoben zu werden, dass sämtliche Theilungen karyokinetisch verlaufen. Nur oberhalb der Regenerationsstelle, zwischen ihr und der Schnittfläche, finden sich häufig Amitosen, die aber nie Zelltheilung zur Folge haben, so dass viele Zellen dieser Region mehrkernig sind.) In den Epidermiszellen erfolgen nicht nur radiale, sondern auch tangentielle Theilungen; die späteren Pallisaden- und Schwammparenchymzellen der regenerirten Blattspreite sind also zum Theil Abkömmlinge der Stiel-epidermiszellen. Besonders intensiv gehen die Theilungen in den der Epidermis nächstgelegenen Parenchymzellen vor sich, die sich zu einem kleinzelligen Meristem umwandeln. In diesem Stadium wird das Regenerat äusserlich sichtbar als locale punkt- oder strichförmige Wucherung der Flügelleisten des Blattstieles. Nun schreitet die Weiterentwicklung rasch voran. Zunächst tritt die Neubildung zäpfchenförmig, senkrecht zur Längsachse des Primärblattstieles orientirt, aus der Flügelleiste heraus. Sehr bald aber differenzirt sie sich durch vorwiegendes Breitenwachsthum, an dem sich bis auf eine kleine Strecke an der Ansatzstelle die ganze Gewebemasse beteiligt, zu einer Blattspreite, deren Palissadenparenchymseite stets nach innen, nach der zwischen den beiden Flügeln verlaufenden Rinne zu orientirt ist. Da gewöhnlich beide Flügelleisten zur Regeneration schreiten und zwar auf gleicher Höhe des Blattstieles, so liegen die beiden regenerirten Spreiten etwa ebenso mit ihren morphologischen Oberseiten an einander, wie die beiden Spreitenhälften der normalen Laubblätter während der ersten Stadien ihrer Entwicklung. Im Uebrigen aber ist es ein beachtenswerther Unterschied der regenerativen Spreitenentstehung von der normalen, dass bei letzterer die beiden Spreitenhälften zusammengeklappt sind, während bei ersterer von Anfang an die ganze Fläche der Spreite in einer Ebene liegt. — Gleichzeitig mit dem Beginne des Breitenwachsthums in der Neubildung differenzirt sich aus den Parenchymzellen zwischen Regenerationsherd und Gefässbündel des Primärblattstieles ein Procambialstrang, der den Gefässbündelanschluss vermittelt. Es geschieht dies aber im Allgemeinen nicht auf dem kürzesten Wege, also senkrecht zur Stiellängsachse, sondern in einem nach unten geöffneten Bogen.

Späterhin werden dann die zwei regenerirten Spreiten durch eine Drehung ihrer kurzen, stielförmigen Ansatzstücke aus einander gefaltet; rechts und links von der Mittelrinne des Primärblattstieles sitzt dann je eine neue Spreite, die in Aussehen und Gestaltung der

abgeschnittenen vollkommen gleicht, nur ihr gewöhnlich an Grösse etwas nachsteht. Das ganze Gebilde erinnert dann sehr, wie HILDEBRAND (898, p. 95) mit Recht hervorhebt, an „einen Keimling mit zwei Cotyledonen; der Stumpf der ersten Spreite ist aber immer noch deutlich zwischen den beiden kleinen cotyledonähnlichen Spreiten zu sehen“. Unter gewissen Umständen — welche das sind, vermag ich nicht anzugeben — wird aber in dem kurzen Ansatzstück nicht nur die Drehung des Blattes bewirkt, sondern es wächst selbst zu einem Stiel von vollkommen normalem Bau aus. Es kann dies bei beiden regenerirten Spreiten der Fall sein, aber auch nur bei der einen erfolgen. Es kann sogar vorkommen, dass sich für beide Spreiten ein gemeinsamer Stiel ausbildet, dessen Wachstumsrichtung dann einen rechten oder stumpfen Winkel mit der Längsachse des Primärblattstieles bildet.

Dieser ganze Vorgang der Spreitenregeneration kann erheblich beschleunigt oder in gewissem Sinne modificirt werden, wenn gleichzeitig mit der Spreite des Primärblattes auch der Vegetationspunkt des ganzen Keimlings entfernt wird. Es wurde bereits erwähnt, dass das zweite Blatt sich entwickelt, noch ehe das erste seine Entwicklung abgeschlossen hat, und dass das Entspreiten des Primärblattes so gut wie einflusslos auf die Entfaltung des zweiten Laubblattes ist. Dessen Entwicklung geht aber gleichzeitig mit den Regenerationsvorgängen am Primärblatt vor sich. Wird es und mit ihm der ganze Vegetationspunkt des Knöllchens ebenfalls entfernt, so bildet sich aus der Basis des Primärblattstieles ein neues, dem weggeschnittenen an Gestaltung und Entwicklungsgeschichte gleichendes Blatt und vor diesem weiterhin auch ein neuer Vegetationspunkt. Wird der Knöllchenscheitel aber durch wiederholtes Erneuern der Schnittflächen an diesen Regenerationsvorgängen verhindert, so hat dies eine correlative Beschleunigung der Spreitenneubildung an dem Primärblattstiele und eine viel kräftigere Ausbildung der Ersatzspreiten zur Folge. In manchen Fällen gelingt es auf diese Weise sogar, die Zahl der Ersatzblätter zu erhöhen; während gewöhnlich nur zwei neue Spreiten hervorsprossen, gelang auf diese Weise die Erzeugung von 3–5 wohlausgebildeten, langgestielten Ersatzblättern, die sämmtlich dicht neben einander unterhalb der Schnittfläche inserirt waren. Ob zwischen diesen Blättern dann ein Vegetationspunkt gebildet wird, ob also der Vegetationspunkt des ganzen Keimlings selbst auf den Blattstiel verlegt werden kann, müssen weitere Versuche entscheiden.

Ausser solchen inneren Correlationsbeziehungen erweisen sich gewisse äussere Factoren als von Einfluss auf die Spreitenregeneration. Dass die Bildung der Schwerekraft Art und Ort der Regeneration nicht beeinflusst, wurde bereits erwähnt. Dagegen gelang es mir

bisher nicht, bei totaler oder bei localer Verdunkelung auch nur die ersten Anfänge einer Regeneration zu beobachten. Aber meine dahingehenden Versuche sind noch nicht zahlreich genug, als dass ich mit voller Bestimmtheit den hemmenden Einfluss der Lichtentziehung als sicher hinstellen könnte. — Was die Wirkung der Temperatur anbelangt, so ist diese im Allgemeinen für Regeneration und normales Wachsthum gleich, nur mit dem bemerkenswerthen Unterschiede, dass niedere Temperaturgrade, bei denen noch sehr gut Wachsthum erfolgt, noch nicht genügen, die Regenerationsvorgänge hervorzurufen.

Zu der oben geschilderten Spreitenregeneration sind nicht allein die Primärblätter von *Cyclamen persicum* und *africanum* × *neapolitanum* befähigt, sondern auch die anderen 4—5 in der ersten Vegetationsperiode gebildeten Laubblätter. Zwei- und dreijährige Pflänzchen habe ich noch nicht untersuchen können. Die Blätter älterer blühender Knollen sind jedenfalls nicht mehr dazu befähigt. Werden sie entspreitet, so wird ihr Stiel sehr bald nach der Operation abgeworfen, ohne dass auch nur die ersten Anfänge einer Ersatzbildung sich an dem Stielstumpf gezeigt hätten. Der Ersatz der verlorenen Blattfläche geschieht hier durch beschleunigtes Austreiben anderer Blätter. Bemerkenswerth ist, dass mit den Stielen der entspreiteten Blätter auch die in ihrer Achsel befindlichen Blüten absterben. Auch die Blütenstiele selbst lassen sich, wenn die Blüthe vorn abgeschnitten wird, zu keinerlei Regeneration veranlassen, sondern sterben sehr rasch ab. An diesen Verhältnissen ändert sich nichts, wenn der Vegetationspunkt mechanisch, durch einen Gypsverband, an der Nachbildung neuer Blätter und Blüten verhindert wird.

Zum Schluss noch einige Bemerkungen über die Auslösung der Regeneration. Wenn eine solche erfolgen soll, so ist es unbedingt erforderlich, dass die ganze Spreite entfernt wird. Bleibt auch nur ein kleiner Theil der Blattfläche an dem Stiele zurück — es genügen dazu wenige Quadratmillimeter — so tritt keine Regeneration ein, weder am Blattstiel, noch an den übriggebliebenen Spreiteresten. Die letzteren wachsen heran und vergrössern sich durchaus so, als wenn die weggeschnittenen Partien nicht entfernt worden wären. Schliesslich sei noch einer Beobachtung, obwohl ihre genauere Untersuchung noch zu erfolgen hat, wegen ihrer theoretischen Bedeutsamkeit gedacht: Es gelingt nämlich nicht nur durch Abschneiden der Spreite die regenerative Bildung einer solchen aus dem Blattstiele auszulösen, sondern auch dadurch, dass die Spreite an dem Stiele belassen, aber an der Ausübung ihrer Functionen durch Eingypsen oder Ueberziehen mit Collodium oder Schellack verhindert wird. Es bildet sich in diesem Falle wenig unterhalb des Spreitenansatzes in der eben beschriebenen Art und Weise eine Ersatzspreite, und wenn der

Gypsverband oder der Lacküberzug entfernt wird, ehe die primäre Spreite abstirbt, so erhält man ein Blatt mit zwei etagenförmig über einander gelegenen Spreiten. Nothwendig, um Regeneration hervorzurufen, ist also in diesem Falle nicht die Verwundung und nicht die totale Beseitigung, sondern nur das Ausserfunctionsetzen des zu regenerirenden Organes. Welche von dessen hauptsächlichsten Functionen, die Assimilation, die Transpiration, die Athmung, dabei die nächst betheiligten sind, müssen weitere Untersuchungen ergeben. Betreffs dieser, sowie weiterer Einzelheiten sei auf die ausführliche Darstellung verwiesen, in der auch zu den von DRIESCH (901) und MORGAN (901) entwickelten theoretischen Anschauungen über die Regenerationserscheinungen Stellung genommen werden soll.

Tübingen, Botanisches Institut, Februar 1902.

Litteratur-Verzeichniss.

- A. BOIRIVANT (898), Recherches sur les organes de remplacement chez les plantes. Ann. des sciences nat. Botanique, sér. 8, Tome 6. 1898.
 H. DRIESCH (901), Die organischen Regulationen. Leipzig 1901.
 K. GOEBEL (900), Organographie der Pflanzen. Jena 1893—1901.
 H. GRESSNER (874), Zur Keimungsgeschichte von *Cyclamen*. Botan. Zeitg., Bd. 32, 1874, p. 801.
 FR. HILDEBRAND (892), Einige Beobachtungen an Keimlingen und Stecklingen. Botan. Zeitung, Bd. 50, 1892, p. 1.
 — (898), Die Gattung *Cyclamen*. Jena 1898.
 P. LUBBOCK (892), A contribution to our knowledge of seedlings. 2 Bde. London 1892.
 T. H. MORGAN (901), Regeneration. New-York 1901.

10. H. Seckt: Ueber den Einfluss der X-Strahlen auf den pflanzlichen Organismus.

Eingegangen am 20. Februar 1902.

Ueber die Natur der Röntgenstrahlen sind die Ansichten der Physiker bis jetzt noch getheilt. Dass es sich um bestimmte Aetherschwingungen handelt, die zu den Schwingungen, die wir als Licht wahrnehmen, in einem gewissen, noch nicht näher erkannten Verhältniss stehen, gilt als feststehend. Ihre physiologische Wirkung ist vielfach Gegenstand der Untersuchung gewesen. Von Seiten der Pflanzenphysiologen sind bisher meines Wissens nur wenige Versuche

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1902

Band/Volume: [20](#)

Autor(en)/Author(s): Winkler Hans

Artikel/Article: [Ueber die Regeneration der Blattspreite bei einigen Cyclamen-Arten 81-87](#)