© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Über Wundheilung und Regeneration.

Vortrag, gehalten zu Göttingen in der Sitzung des Niedersächsischen botanischen Vereins am 18. Februar 1911

von **P. Berthold** in Göttingen.

Das Bestreben, die Gesetzmäßigkeiten und die Kräfte wissenschaftlich zu erforschen, auf welchen die Vorgänge der Organisation beruhen, hat in den letzten Jahrzehnten eine Forschungsrichtung entstehen lassen, die als Entwicklungsmechanik, oder Organisationsmechanik, besser als Physiologie der Organisationserscheinungen bezeichnet wird. Ein besonderes Gebiet dieser Forschungsrichtung beschäftigt sich auch mit den Vorgängen der Wundheilung und der Regeneration.

Manche der hierher gehörigen Tatsachen sind schon sehr lange bekannt, vieles entstammt auch den Erfahrungen der gärtnerischen Praxis, systematisch erforscht wird aber das Gebiet erst seit den letzten Jahrzehnten.

Oberflächliche Wunden im saftigen Gewebe schließen sich, nachdem zunächst die freigelegten Zellschichten durch Vertrocknen abgestorben sind, in der Regel durch Bildung von Wundkork, in feuchter Luft aber durch mehr oder weniger typisch entwickelte Callusbildungen. Callöse Schichten entstehen zuweilen auch an Blattwunden an Stelle von Wundkork. Nur durch einfaches Vertrocknen einer Anzahl von Zellschichten unter der Wundfläche schützen sich z. B. ausgewachsene Zuckerrüben.

Werden aber sehr junge Internodien der Länge nach gespalten, so entsteht unter dem Wundkork auch eine neue Rindenzone, und unter dieser, mehr oder weniger typisch, neue Leitbündel, resp. aus ihnen später auch Holz und secundäre Rinde. Junge Wurzeln, deren Spitze auf eine kurze Strecke gespalten wurde, regenerieren aus den Hälften zwei neue, etwas kleinere Vegetationspunkte. Mit einer Lancette zur Zeit der Köpfchenanlage median

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

angestochene Knospen von *Helianthus annuus* zeigen im Herbst ebenfalls eine dichotome Spaltung des oberen Stengels und eine mehr oder weniger vollständige Regeneration der beiden Köpfchenhälften mit mannigfaltigen interessanten Zwischenstadien. Auch die Hochblätter und die Strahlblüten werden dabei an der Wundseite ganz normal entwickelt, und der obere Stengel regeneriert an ihr eine ganz normale Epidermis, mit Borstenhaaren, Spaltöffnungen usw. Eine solche Regeneration der Epidermis ist neuerdings von VÖCHTING auch an jungen, verletzten Kohlrabiknollen gefunden worden.

Einer ähnlichen Regeneration, wie junge Wurzelspitzen und Sonnenblumenstengel, sind auch junge Farnblätter fähig, die an der Spitze ein wenig eingespalten werden, wie in den letzten Jahren bei *Scolopendrium vulgare* und *Polypodium Heracleum* gezeigt werden konnte.

Was das Verhalten an Querwunden anbetrifft, so ist schon seit langer Zeit bekannt, daß nach Abtragung eines ganz kurzen Stückes der Wurzelspitze aus dem auf der Wundfläche entstehenden Callus sich nach kurzer Zeit eine neue Wurzelspitze regeneriert. Wurde aber zuviel von der Spitze abgetragen, so treiben aus dem Stumpfen nur Seitenwurzeln frühzeitig aus. Werden an eingewurzelten jungen Exemplaren von *Acer pseudoplatanus* und *Aesculus Hippocastanum* u. a. sämtliche Knospen fortgenommen, so entstehen an den Wundflächen Callusmassen und an diesen weiterhin neue Knospen, ebenso wie bekanntlich auch an dem Stumpfen bei zahlreichen gefällten Bäumen. Werden aber nur einige Triebe entknospt, während die übrigen ihre Knospen behielten, so bilden sich an den ersteren keine neuen Knospen, sondern sie sterben allmählich von oben nach unten ab, wobei die unteren Partien unter Umständen mehrere Jahre am Leben bleiben können. Auch Internodienstumpfen und Aststumpfen ohne Knospen gehen bekanntlich mit der Zeit zu Grunde.

An Blättern werden obere Wunden durch mehr oder weniger typischen Wundkork verschlossen, die einzige bekannte Ausnahme bilden die Primärblätter von *Cyclamen persicum*, an denen nach Fortnahme der jungen Spreite, die herablaufenden Flügel sich zu mehr oder weniger großen Ersatzspreiten entwickeln können, es können aber auch auf den Stumpfen des Stiels einige kurzgestielte neue Spreiten auftreten.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

Abgeschittene Sproßstücke können sich, wie bekannt, in vielen Fällen, wenn sie gesteckt werden, neu bewurzeln. Es entsteht dabei an der unteren Schnittfläche ein Callus, in dem sich Mark, Rinde und Bündelzone differenzieren, und in dieser Bündelzone entstehen dann, wie so oft an kriechenden Stengeln und Rhizomen, die neuen Wurzeln. An holzigen Sproßstücken entsteht der Callus nur aus dem Cambium und der Rinde, auch aus dem Mark, wenn es noch lebendig und unverholzt war. Entknospte und gesteckte Triebstücke von der Pappel bilden auch zahlreiche neue Knospen aus dem Endkallus und den seitlichen Callusmassen da, wo die Augen fortgenommen waren. Eine durch Fortnahme der Rinde freigelegte Holzoberfläche kann sich, wenn feucht gehalten, mit Callus von den Markstrahlen aus bedecken und nach der Vereinigung dieser Callusmassen auch mit neuer Rinde überziehen. Freigelegte Stücke der Rinde können, bei der Linde z. B., an der cambialen Seite aus Callus einen neuen Holzkörper und darüber nach innen auch neue Rindenmassen bilden.

Auch Blätter und Blattstücke können in vielen Fällen als Stecklinge benutzt werden, am leichtesten bei den Begonien. Oft entstehen aber an Blattstecklingen wohl Wurzeln, aber keine Knospen, so bei *Citrus aurantium, Aucuba japonica, Hedera Helix* u. a. Solche Blätter können erhebliche nachträgliche Wachstumserscheinungen in der Spreite und besonders in Stiel und Callus zeigen. Beim Epheu können sie bis 6 Jahre lebendig bleiben.

Wurzelstücke können ebenfalls in vielen Fällen als Stecklinge benutzt werden, oft bilden sich sogar neue Knospen an den Wurzelstücken viel leichter als an den Sproßstücken und den Blättern desselben Objektes.

Des Weiteren ist von Interesse die Frage nach der Qualität der bei Regenerationsversuchen entstehenden, resp. austreibenden Knospen. Es ist bekannt, daß nach Fortnahme der jungen Blüten und Blütenstände, bei vielen Stauden z. B., zunächst die zum Ersatz kommenden Triebe wieder Blüten und Blütenstände bringen, daß aber, wenn auch diese wieder fortgenommen werden, zuletzt nur noch vegetative Organe hervorkommen, da die Pflanze schließlich zuviel von ihren Reservevorräten verloren hat. Andererseits ist auch bekannt, daß Pflanzen, die Anstalten machen zu blühen, durch passende Kultur, bei schwacher Beleuchtung, in feuchter Luft usw., oft an der Bildung von Blüten verhindert werden können, so z. B. *Sempervivum*-Rosetten, die eben mit der Streckung der Achse be-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

gonnen haben. So können auch gesteckte junge Blütenstände von einigen *Veronica*-Arten bei Kultur in fruchtbarem Boden und in feuchter und warmer Luft an ihrer Spitze wieder zu vegetativem Wachstum zurückkehren.

Andererseits können aber auch Stecklinge von vegetativen Organen unter Umständen sofort Blütensprosse bilden. In der deutschen Ausgabe der Teratologie von MASTERS ist auf Seite 202 ein Wurzelstück von einer *Pyrus*-Art abgebildet, das sofort Blütenknospen und Blüten hervorgebracht hat, und SACHS hat gezeigt, daß Stecklinge von Begonienblättern ebenfalls sofort Blütenstände bilden können, wenn das gesteckte Blatt von Pflanzen genommen wurde, bei denen die Neigung zum Blühen sehr ausgesprochen war. Dasselbe ist auch für *Gesneraceen* und für *Sempervivum* neuerdings gezeigt worden. Es geht aus diesen Tatsachen hervor, daß die inneren Veränderungen, die eine Pflanze zum Blühen veranlassen, sich in sämtlichen Organen einer solchen in charakteristischer Weise einstellen.

Zu vergleichen ist mit diesen Erfahrungen die Erscheinung, daß bei blühenden Individuen von *Agave americana* und von *Sempervivum*-Arten gelegentlich auch die zuletzt gebildeten, noch ganz kleinen Seitenrosetten, mit der Hauptachse gleichzeitig schon zu blühen beginnen.

An solchen Stecklingen von blühbaren Exemplaren besteht aber immer die Tendenz, zum vegetativen Stadium zurückzukehren, da durch die Wundreaktionen, die Bildung der Callusmassen, der neuen Wurzeln und Knospen naturgemäß immer ein beträchtlicher Teil der angesammelten Reservevorräte aufgezehrt wird, besonders wenn die Kultur in entsprechender Weise, bei wenig intensiver Beleuchtung, feucht und warm durchgeführt wird.

Bemerkenswert ist auch die Tatsache, daß Moosblätter, die bei manchen Arten gut als Stecklinge benutzt werden können, nicht sofort Moosknospen, sondern zunächst ein Protonema bilden. Ihre Assimilationskraft ist offenbar zu gering, um sofort eine Moospflanze hervorzubringen. Besonders auffallend im Hinblick auf allgemeinere Fragen ist es, daß bei einigen Farnen auf feuchtem Sande kultivierte Primärblätter weiter wachsen und dabei direkt Prothallien oder Übergangsformen zwischen Blättern und Prothallien bilden können.

Bei höheren Pflanzen bildet der Steckling in der Regel wieder die typische Form, von der er genommen ist, mit all ihren Eigen-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

schaften, dadurch hat ja die Stecklingszucht so große Bedeutung für die Erhaltung und Vermehrung zahlreicher Kulturrassen, die nicht samenbeständig sind. Unter manchen Umständen trifft das aber nicht zu, am bekanntesten sind in dieser Beziehung viele *Gymnospermen,* besonders *Cupressineen,* bei welchen die sogenannten Retinispora-Formen Stecklinge sind von Seitenzweigen junger Exemplare, an denen die wachholderähnlichen Nadeln oft lange beibehalten bleiben. Passend ausgewählte derartige Zweige als Stecklinge benutzt, behalten die langen Nadeln dauernd, Jahrzehnte hindurch, es entstehen buschige Exemplare, die aber niemals zum Blühen gelangen und schließlich zu Grunde gehen. Aber die Fähigkeit, die typische Form zu bilden und zu blühen fehlt solchen Stecklingen keineswegs. Nicht selten entstehen schließlich von selber typische Triebe mit schuppenförmigen Blättern, und Blühen stellt sich ein, leichter können sie aber dazu veranlaßt werden durch energisches Zurückschneiden, wo dann neu hervorkommende Ersatztriebe sofort die typische Form bilden können. Nur die im gesteckten Seitentriebe schon vorhandenen Organisations- und Gleichgewichts-Verhältnisse sind es, die nachwirkend solche Stecklinge in der Regel verhindern, in die typische Form überzugehen.

Auch von *Cryptomeria, Taxus, Araucarien, Cedrus, Abies*-Arten, der Pinie lassen sich aus gesteckten Seitenzweigen fixierte Formen erhalten, die oft von sehr hohem dekorativem Wert sind. Auch für viele Formen unter den Dicotylen trifft wahrscheinlich die Meinung der Gärtner das Richtige, daß die Stecklingsexemplare niedriger bleiben und kurzlebiger sind, als die aus Samen kommenden, wenn auch wohl nicht für alle, wie z. B. für Pappeln, Weiden und zahlreiche Sträucher und Stauden.

Die Bedeutung der im Vorstehenden besprochenen Erscheinungen liegt wesentlich darin, daß sie uns mit Tatsachen bekannt machen, die nicht Folgen einer mehr oder weniger langen und komplizierten Kette von speziellen Anpassungen des Organismus sind, sondern unmittelbare Wirkungen des auch unter normalen Verhältnissen in ihm tätigen inneren Mechanismus. Die eintretenden Reaktionen sind in vielen Fällen in hohem Grade zweckmäßig, in vielen anderen sind sie es aber gar nicht, sondern sind gewissermaßen Entgleisungen dieses Mechanismus unter den ungewöhnlichen Verhältnissen des Experiments, wie sie im normalen Verlauf des Lebens niemals an den Organismus herantreten. Solche Experimente eröffnen uns aber viel weitgehendere und tiefere

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

Einblicke in das ganze innere Getriebe des Organismus, als es auch durch die noch so genaue Beobachtung und Analyse des normalen Ablaufes der Organisationsprozesse geschehen könnte, und werden das auch bei systematischer Weiterführung in Zukunft noch immer mehr tun. Darum sind sie auch von hoher praktischer Bedeutung, indem sie uns mehr und mehr lehren werden, den Organismus in seinem ganzen Entwicklungsverlauf unseren Zielen entsprechend zu lenken.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahresbericht der Naturhistorischen Gesellschaft zu Hannover

Jahr/Year: 1909-1911

Band/Volume: 60-61

Autor(en)/Author(s): Berthold P.

Artikel/Article: Über Wundheilung und Regeneration 5030-5035