Biologisches Centralblatt.

Unter Mitwirkung von

Dr. K. Goebel und Dr. R. Hertwig

Professor der Botanik

Professor der Zoologie

in München,

herausgegeben von

Dr. J. Rosenthal

Prof. der Physiologie in Erlangen.

Vierundzwanzig Nummern bilden einen Band. Preis des Bandes 20 Mark.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

Die Herren Mitarbeiter werden ersucht, alle Beiträge aus dem Gesamtgebiete der Botanik an Herrn Prof. Dr. Goebel, München, Luisenstr. 27. Beiträge aus dem Gebiete der Zoologie, vgl. Anatomie und Entwicklungsgeschichte an Herrn Prof. Dr. R. Hertwig, München, alte Akademie, alle übrigen an Herrn Prof. Dr. Rosenthal, Erlangen, Physiolog. Institut. einsenden zu wollen.

XXVII. Bd. 1. November 1907.

N^o 22.

Inhalt: Bos, Wirkung galvanischer Ströme auf Pflanzen in der Ruheperiode (Schluss). — Garbowski, Über einen extrem verkürzten Entwicklungsgang bei zwei Bakterienpezelen. — Marchand, Die latente Segmentierung der Mollusken. — Dofflein, Ostasienfahrt. — Field, Eine zoologische Festschrift. — Vogler, Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde. — Vogler, Zacharias: Das Plankton als Gegenstand naturkundlicher Unterweisung in der Schule. — Vogler, Zacharias: „Das Süßwasserplankton.“

Wirkung galvanischer Ströme auf Pflanzen in der Ruheperiode.

Von H. Bos (Wageningen).

(Schluss.)

Versuch VII. *Malus Scheideckeri*, eine der sogen. beerenfrüchtigen Zierapfelsträucher. Zwei möglichst gleiche kleine Bäumchen, wie im Vers. VI; I elektrisiert, II zur Kontrolle. I. Der positive Pol mit Nadeln an 9 Zweigen verbunden; die Nadeln sind getrieben in das erste terminale Internodium von einigermaßen beträchtlicher Länge; die Terminalknospe und wenigstens noch eine, auch wohl zwei, ein einzelnes Mal drei Lateralknospen bleiben also vom Strome ausgeschlossen. Negative Elektrode wie gewöhnlich unten am Stamm. Wie aus der Stromtabelle ersichtlich, ist der Strom ziemlich stark im Vergleich zu den vorigen Versuchen, die Entfernung der Elektroden war hier beträchtlich kürzer. Wie die anderen am 20. Dez. im Treibhaus, 20° C. Vom 26. Dez. an (erste Knospenschwellung bei I) eilt I seinem Kontroll-exemplar II immer um etwa 2—3 Tage voraus, es zeigt sich jedoch bald, dass die erste Lateralknospe unter dem Nadelstich sich weit kräftiger und weit schneller entwickelt als die anderen, von denen einzelne gar nicht, andere langsamer, sogar langsamer als bei II austreiben. Alle Knospen oberhalb des Nadelstiches sterben ab, das Zweigende

trocknet ein und hebt sich scharf gegen das lebende Holz ab. Kontrollexemplar (II) lässt alle Terminalknospen austreiben, auch viele Lateralknospen, ziemlich stark und unter sich gleichwertig. Das ganze steht aber der jetzt als Terminalknospe funktionierenden höchsten Knospe von I beträchtlich nach, sowohl was die Zeit, als auch den endgültigen Entwicklungsgrad angeht. Am 11. Jan. hatten sich die einzelnen Blüten dieser Knospe von I beinahe geöffnet, sie hatten Stiele von 2 à 3 cm; bei II waren die Stiele höchstens bis 1 cm. Am 16. Jan. Vollblüte von I; II hat am 18. Jan. einzelne, nur wenige Blüten geöffnet, und diese sind von geringerer Größe, sowohl die Kronen wie die Stiele, welche höchstens 3 $\frac{1}{2}$ cm, während die von I 5—5 $\frac{1}{2}$ cm lang sind. Zuweilen war es nicht nur die oberste, sondern auch dazu die zweite Knospe unter dem Nadelstiele (I), die sich schön und verfrüht entwickelte.

Also der Strom hatte hier den Erfolg, dass das Zweigende oberhalb der Anode abstarb, dass die Blüte der jetzt höchst gestellten, oder auch der zweithöchsten Knospe beschleunigt und auch kräftiger wurde, während die anderen Knospen mit einer einzigen Ausnahme gegen das Kontrollexemplar zurückblieben.

Versuche VIII und IX. *Asalea mollis* I a und I b; weiter ein Kontrollexemplar II, die drei von möglichst gleichmäßiger Form und Größe. Die Nadeln in a wurden gerade unter der Endknospe (große Blütenknospe) zu zehn, ungefähr vertikal in die Zweige eingesteckt, diese 10 Zweige gehörten zu 6 Bodenästen, an welche die negativen Elektroden in gewöhnlicher Weise angelegt waren. In b wurden die Nadeln nicht in die letztjährigen Zweige, sondern in das 2jährige Holz eingetrieben, und zwar gerade unter dem Ursprung der 3 oder 4 Blütenknospen tragenden letztjährigen Sprosse. Die Zahl war hier selbstredend geringer; nur 6 positive Elektroden, dazu 5 negative, wie bei a angebracht. Die geringere Entfernung der Elektroden gab hier Anlass zu einem ziemlich kräftigen Ströme; da a und b zu derselben Pflanzenart gehörten, darf man hier den Unterschied in der Stromstärke lediglich der anderen Anbringung der Elektroden zuschreiben. In beiden Fällen war der Strom ziemlich stark, nahm jedoch rasch ab.

Das Resultat war folgendes: bei a alle Blütenknospen der elektrisierten Sprosse sterben ab, wahrscheinlich waren sie schon tot, als sie aus dem Strom ausgeschaltet wurden. Die Blattknospen gerade unter der Terminalblütenknospe entwickeln sich kräftig; das Austreiben der nicht elektrisierten Zweige ist gegen II verzögert. In b wurden die oberhalb des Nadelstiches gestellten Zweige unwirksam, etliche starben ganz ab; auch die nicht elektrisierten Zweige verhalten sich so; einige Blütenknospen (elektrisiert) faugen 7. Febr. zu schwellen an; II hatte die erste Blüte 15. Jan. Vollblüte 25. Jan. und war 7. Febr. schon ganz verblüht.

Versuch X. *Viburnum opulus sterile*. I und II, wie die übrigen Sträucher. 9 positive Elektroden in das oberste reife Internodium eingetrieben. Am 11. Jan. war kein Unterschied zwischen I (elektrisiert) und II (Kontroll), hier und da fängt eine Knospe zu schwellen an. Erste Blüte von I 24. Jan., von II 20. Jan.; auch weiter macht sich kein erheblicher Unterschied bemerkbar. Die Strecke oberhalb des Nadelstiches ist tot, keine Bevorzugung des ersten Knospenpaares unter demselben.

Versuch XI. *Rhododendron Everestianum*, eine nicht frühe, sondern mittelfrühe Sorte. I und II wie oben. I Mit 7 Nadeln unmittelbar unter der Terminalblütenknospe; eine davon aber etwas exzentrisch vertikal durch diese Knospe. Negative Elektroden 3. Wie obenstehende Stromtabelle zeigt, ist der Strom ziemlich stark, und bleibt sich gleich. In der Umgebung des Stiches ist das Gewebe stark geschwärzt; die elektrischen Knospen sind tot bis auf eine, welche am 7. Febr. zu schwellen begann. Kontroll-exemplar II zeigte an diesem Tage noch keine Schwellung.

In Versuch XI, wie in VIII und IX war der Strom augenscheinlich zu stark gewesen.

Am besten reihe ich hier einige Versuche an mit abgeschnittenen Zweigen, weil ihr Charakter am meisten zu den der vorigen Versuche stimmt. Doch lagen die Verhältnisse ihrem Wesen nach etwas anders. Ich wählte Zweige von 4 Amygdaleen, nämlich Mandel, Pfirsich, Vogelkirsche und Traubenkirsche, und von der Ölweide (*Eleagnus*); alle frühblühende Gewächse, und da die Zeit bis Mitte Januar vorgeschritten war, durfte man annehmen, die autogene Ruheperiode sei fast vorüber, würde wenigstens beim Treiben nicht stark hemmend mehr auftreten. Man durfte erwarten, dass in kurzer Zeit bei einer Durchschnittstemperatur von 20° C. die Knospen, auch ohne irgendwelche Beihilfe treiben würden.

Ich schnitt Zweige von den genannten Bäumen oder Sträuchern, je zwei von derselben Pflanze, und möglichst genau im Bau und Charakter übereinstimmend: Die Zweige waren $\pm 0,50$ (*Eleagnus*) bis 0,80 und 1,5 m lang. Es ergab sich, dass das Holz großen Widerstand entwickelte; mit oben genannten 6 Leclanché-elementen erzeugte ich nur Ströme von $\pm 0,01$ M.A. Das war mir aber eben Recht, weil ich bei den vorigen Versuchen die Erfahrung gemacht hatte, dass die Ströme leicht zu stark sein können. Und auch die Dauer der Einwirkung beschränkte ich auf ± 42 Stunden, von 14. Jan. 4 Uhr bis 16. Jan. 10 Uhr. Die abgeschnittenen Zweige wurden in Wasser gestellt und blieben während der ganzen galvanischen Behandlung und des Treibens darin. Ich bezeichne diese Versuche mit den Nummern XII, XIII, XIV, XV, XVI.

XII. *Eleagnus edulis*. Ölweide I. Strom beinahe 0,01 M.A. ist von den 42 Stunden irrtümlich noch 18 Stunden außerhalb der Stromverbindung gewesen.

XIII. *Persica vulgaris*. Pfirsich I. Strom 0,01 M.A.

XIV. *Prunus padus*. Traubenkirsche I. Strom 0,012 M.A.

XV. *Prunus avium*. Vogelkirsche I. Kulturvar. Spanische K. Strom 0,015 M.A.

XVI. *Amygdalea persicaria*. Pfirsichmandel I. Strom 0,012 M.A. Nehmen wir die Versuche einzeln vor.

Versuch XII. *Eleagnus edulis*. Ölweide. 3 Nadeln. Anfang der Treiberei 16. Jan. Anfang der Knospenschwellung bei I und II + 26. Jan.; am 29. Jan. schon einzelne Blättchen; am 1. Febr. zeigt sich, dass die Knospen oberhalb der Nadelstiche etwas zurückbleiben; weiter halten beide Zweige so ziemlich gleichen Schritt, nur die Zweigenden oberhalb der Nadeln entwickeln keine Blätter und sterben mit angeschwollenen Knospen ab.

Dazu war also dieser schwache Strom von so kurzer Dauer (s. oben) noch befähigt.

Versuch XIII. *Persica vulgaris*. Pfirsich. 3 Nadeln. Anfang der Treiberei 16. Jan. 3 Uhr mittags. Die Exemplare I und II verhalten sich absolut gleich; schon 19. Jan. 4 Uhr mittags macht sich die Knospenschwellung bemerkbar, am 29. sind beide dem Austreiben nahe, am 31. haben beide einzelne geöffnete Blumen, deren Zahl sich im Lauf der folgenden Tage vermehrt. Nur das Zweigende oberhalb der Nadeln stirbt ab und hebt sich scharf ab gegen den am Leben bleibenden Teil. Keine Bevorzugung der jetzt am höchsten stehenden Knospe.

Versuch XIV. *Prunus padus*. Traubenkirsche. 3 Nadeln. Anfang wieder 16. Jan. 3 Uhr mittags. Am 27. fangen bei I die Knospen unter den Nadelstichen zu schwellen an, an den folgenden Tagen geht das allmählich weiter, auch einige etwas weiter nach unten gelegene Knospen schwellen, bis am 31. Jan. schon eine der ersten die Blättchen hervorschiebt; auch einige Knospen an nicht elektrisierten Zweigen fangen zu schwellen an. An diesem Tag fangen auch ein paar Knospen von II an, sich etwas zu verändern, eine Terminal- und zwei Lateralknospen. Am 2. Febr. hat I an einzelnen Stellen Blätter hervorgeschoben (noch gefaltet) von 5 cm, II hat erst eine Knospe, welche nur eine grüne Spitze zeigt. I hat 3. Febr. ausgebreitete Blätter; II an einer Knospe erst am 8. Febr.; I hat an diesem Tage schon neue Sprosse von 7 cm Länge. In diesem Abstand schreitet die Entwicklung weiter.

Der oberhalb der Nadelstiche sich befindende Teil ist abgestorben und eingetrocknet, scharf gegen den lebenden Teil abgehoben; es quellen einzelne Tropfen Gummi bei den Nadelstichen hervor.

Resultat also, dass I 4 bis 5 Tage früher, sonst aber auf gleiche Weise austreibt wie II.

Versuch XV. *Prunus avium*. Vogelkirsche (var. Spanische Kirsche). 3 Nadeln. Anfang 16. Jan. 3 Uhr mittags. Am Morgen des 20. Jan. fangen einige Blütenknospen schon zu schwellen an, welche an Kurztrieben unter einem Nadelstich sich befinden; am 21. mehrere, am 22. auch schon ein paar Blattknospen an einem elektrisierten Langtriebe. Am 24. Anfang der Schwellung bei II; von jetzt an entwickeln sich beide in gleichem Zeitabstand; am 30. sind bei I die einzelnen Blütenknospen schon zu sehen, bei II erst am 2. Febr., am 3. Febr. bei I erste Blüte geöffnet, bei II an den gleichgestellten Zweigen erst 6. Febr.; ein paar an abnormer Stelle angelegte Blütenknospen (am letztjährigen Langspross) waren bei II schon 4. Febr. geöffnet.

Die Sprosssteile oberhalb der Nadelstiche sind nicht abgestorben, sie entwickeln sich ziemlich gut, anfangs sehr gut, doch bleiben einige später etwas zurück gegen II.

Resultat also, dass I $\pm$ 4 Tage früher austreibt als II.

Versuch XVI. *Amygdalus persicaria*. Pfirsichmandel. 4 Nadeln. Anfang 16. Jan. 3 Uhr mittags. Schon 19. Jan. fangen I und II zu schwellen an, entwickelt sich schneller, so dass in der Nacht vom 26./27. Jan. schon 6 Blüten sich öffnen, 3 Uhr mittags schon 12 u. s. w. Am 28. mittags 2 Uhr haben sich von II auch 6 Blüten geöffnet. Auch die Laubknospen von I entwickeln sich eher als von II.

Die Sprosssteile oberhalb der Nadelstiche sterben nicht ab, sondern entwickeln sich normal bei 3 der elektrisierten Zweige, am vierten ist die Terminalknospe wenig entwickelt und die 2 darauffolgenden (oberhalb des Stiches) fallen ab. Die Knospen unmittelbar unter der Nadelverbindung sind nicht bevorzugt.

Resultat: I hat sich wahrscheinlich 30 bis 36 Stunden eher entwickelt als II, d. h. fast $1\frac{1}{2}$ Tag Unterschied auf im ganzen 10 Tage.

Wenn man die Resultate der obigen Versuche kurz zusammenfasst, so ergibt sich:

I bis V *Syringa vulgaris*.

- I. Großes positives Resultat zugunsten des Stromes.
- II. Kein Resultat (wahrscheinlich zu niedrige Temperatur, ganz abnormaler Versuch, kann nicht gelten).
- III. Der Strom hat gleich großen Reiz ausgeübt wie die Frosttemperatur der Kontroll-exemplare.
- IV und V. Wegen Mangel an Kontroll-exemplar kein zu verzeichnendes Resultat, wahrscheinlich Resultat wie III.
- VI. *Laburnum*. Resultat, nicht genau definierbar, jedenfalls zugunsten des elektrisierten Exemplars.

- VII. *Malus Scheideckeri*. Positives Resultat. I zeigt die erste geöffnete Blüte 6 Tage früher. Starke Bevorzugung der Knospen unmittelbar unter den Elektroden.
- VIII und IX. *Azalea*. Kein Resultat. Strom zu stark, hat die Knospen getötet.
- X. *Viburnum*. Kein Resultat.
- XI. *Rhododendron*. Die Knospen getötet, ausgenommen eine, die viel früher treibt als die Knospen von II.
- XII. *Eleagnus*. Kein Resultat.
- XIII. *Persica*. Kein Resultat.
- XIV. *Prunus padus*. I treibt 4 bis 5 Tage früher aus als II.
- XV. *Prunus arium*. I treibt 4 Tage eher aus als II.
- XVI. *Amygdalus persicaria*. I blüht $1\frac{1}{2}$ Tage früher als II.

Von diesen Versuchen müssen wir 5 aus der Reihe ausscheiden, nämlich II, IV, V, VIII, IX; 3 gaben kein Resultat zugunsten des Stromes, nämlich X, XII, XIII; 7 zeigten eine durch den Strom einfluss beschleunigte Blüte, nämlich I, III (vielleicht auch IV und V), VI, VII, XIV, XV, XVI und einer ebenfalls, insoweit als er nicht ausfallen muss, nämlich XI. Kein einziger Versuch gab Resultate zu ungunsten der Stromwirkung, womit die Möglichkeit, dass die günstigen Resultate auf zufällige individuelle Unterschiede zurückzuführen sein dürften, hinfällig wird.

Weiter möchte ich noch die folgenden Bemerkungen machen:

In vielen Fällen werden die unmittelbar unter dem positiven Elektrode sich befindenden Knospen bevorzugt, sie entwickeln sich rascher und üppiger.

Es beschränkt sich die Nachwirkung des Stromes nicht immer auf die Zweige, durch die der Strom hindurchgegangen; bisweilen erstreckt sich die Wirkung auch auf Seitenzweige, sowohl Kurztriebe wie Langtriebe, an deren Basis nur der Strom passierte.

Die oberhalb der Anoden befindlichen Zweigenden mit ihren Knospen sterben leicht ab, sie ziehen sich zusammen und heben sich scharf ab gegen den am Leben bleibenden Teil. Zumal ist das der Fall, wenn der Strom stark ist, doch auch bisweilen bei sehr geringer Stromintensität. Auf dem Längsschnitt ergibt sich, dass die Umgebung des Nadelstiches schwarz gefärbt ist, und diese Schwärzung ist mehr oder weniger auch auf die etwas weiter liegenden Gewebsschichten übergegangen, bei dickeren Zweigen meist einseitig, bei dünneren über den ganzen Querschnitt sich erstreckend. Oft wird die Schwärzung gehemmt bei dem Übergange von Phloëm und Xylem, so dass das eine oder das andere intakt erscheint. Mikroskopisch erweist sich die Schwärzung als ein in Salzsäure lösliches Präzipitat, das Eisenreaktion zeigt, und sie wird somit herrühren von den an den positiven Elektroden gesammelten Säureresten, durch Elektrolyse entstanden, welche sich mit dem

Eisen der Nadel verbunden haben. Nach Auflösung durch Salzsäure zeigt sich das Gewebe wohl etwas eingeschrumpft, aber nicht desorganisiert. Vielleicht hat das Absterben nur seinen Grund in den mechanischen Hindernissen, welche dieses Präzipitat der Saftsteigerung entgegensetzt. An den negativen Elektroden wurde nichts derartiges beobachtet.

Die Sträucher von *Azalea*, *Rhododendron*, *Laburnum*, *Viburnum* und *Malus* wurden, sowohl die elektrisierten als die Kontroll-exemplare, am 14. April aus dem Treibhause entfernt und im Freien gepflanzt. Dabei ergab sich, dass die jetzt ausbrechenden Knospen, nämlich die, welche im Treibhaus sitzen geblieben waren, bei allen elektrisierten Exemplaren sich etwas früher entwickelt haben als bei den Kontroll-exemplaren.

In kurzem beschreibe ich hier noch der Vollständigkeit halber einige Versuche mit Zwiebeln und Knollen, welche sämtlich negative Resultate gaben, d. h. zwar keine Verzögerung verursachten, aber im allgemeinen den Tod dieser Organe nach kürzerer oder längerer Zeit herbeiführten.

Versuch XVII. *Galanthus nivalis*. Schneeglöckchen. Ich richtete meine Aufmerksamkeit auf diese Pflanze, weil es bis jetzt noch nicht gelungen ist, die Blütezeit wesentlich zu verfrühen.

Am 20. Sept. wurden 12 Zwiebelchen durch Stecknadelstückchen seitlich zu einer Reihe vereinigt, und als ganzes in einer Kiste in schwarze Erde gepflanzt. An den beiden Enden wurde durch Stecknadeln der Strom ein- und ausgeführt. Der Strom wechselte zwischen 0,06 und 0,1 M.A. während 12 Tage. Von 6. Okt. bis 25. Okt. blieben sie in einem nicht erwärmten Pflanzenhaus, von da an in einem Warmhaus von 16—17° C. Es kamen einzelne grüne Spitzen in den ersten Tagen des November zum Vorschein, die meisten starben aber allmählich wieder ab. Am 2. Febr. war nur eine übrig geblieben, und auch diese hatte nur wenig Wurzeln und eine halb zersetzte Zwiebel. Die Zwiebeln der anderen waren größtenteils so stark zersetzt, dass man nur die Stecknadelstücke wiederfand.

Ein Dutzend Kontrollzwiebeln, in einer Reihe, auf ähnliche Weise, aber ohne Strom behandelt, hatte 3 gesunde und 2 schwache Pflänzchen am 2. Febr. ergeben, von den übrigen waren hie und da noch Spuren von Wurzeln und halbzersetzten Zwiebeln zu finden.

Es leuchtet ein, dass die Verhältnisse, in die ich diese Zwiebeln gebracht hatte, sehr ungünstige waren, dass aber die nicht elektrisierten Zwiebeln sich besser durchzuschlagen vermocht hatten.

Versuch XVIII, *Hyacinthus orientalis*, 4 Sorten, von jeder 2 möglichst gleiche Zwiebeln, von denen die eine Reihe I elektrisiert wurde, die andere II zur Kontrolle diente. Durch Stecknadelstücke seitlich verbunden, wurde 48 Stunden lang (7.—9. Nov.) ein Strom von $\pm$ 0,1 M.A. durchgeführt. Nachher wurden sie in

der üblichen Weise auf Gläser über Wasser gesetzt, worin sich bis 20. Dez. im Dunklen und in der Kälte die Wurzeln entwickelten. Von da an bis 2. Febr. im Warmhaus 18—20° C. Es ergab sich in dem Entwicklungsgang kein erheblicher Unterschied, nur dass 2 der elektrisierten Exemplare etwas weniger wurzelreich waren, und vielleicht demzufolge auch ein wenig später aufblühten. Beim Durchschneiden der Zwiebeln erwies sich, dass von den Elektroden aus sich eine Desorganisation ausgebreitet hatte, bei jeder an der einen Seite stärker als an der anderen; ich konnte nicht mehr ausfindig machen, wo die Anode, wo die Kathode gewesen sei; ein Vergleich mit den Versuchen an holzigen Gewächsen lässt die Vermutung nahe treten, dass an der Anode die Zwiebeln am stärksten angegriffen waren. Wie gewöhnlich bei Zwiebelkrankheiten, und speziell bei Hyazinthen verbreitete sich die Zersetzung nur in den Schuppen, wo sie entstand, und ging nicht von der einen Schuppe in die andere über.

Versuch XIX. *Crocus vernus*. Es zeigte sich, dass der Strom von 3 Elementen in 10 hintereinander mit Nadelstücken verbundenen Knollen zuviel Widerstand erfuhr; er war nicht merkbar. Das stimmt zu dem geringeren Wassergehalt, im Vergleich z. B. mit den Zwiebeln von *Galanthus*. Ich nahm daher jede Knolle einzeln; der Strom wechselte jetzt zwischen 0,05 und 0,10 M.A.; jede Knolle wurde 24 Stunden der Stromwirkung ausgesetzt. Am 5. Nov. wurden alle gepflanzt, nebst 10 Kontrollexemplaren. Bis 20. Dez. standen sie im kalten Zimmer, an diesem Tage wurden sie ins Warmhaus versetzt; die meisten Pflanzen zeigen jetzt schon ihre Blätter und es macht sich kein prinzipieller Unterschied bemerkbar. Von jetzt an bekommen die Kontrollexemplare entschieden einen Vorsprung, die behandelten gehen allmählich ein, und produzieren nur einzelne Blüten. Am 2. Febr., da ich alles aufräumte, konnte ich konstatieren, dass von den 10 Kontrollexemplaren 9 normal sich entwickelt und ausgeblüht hatten; von den 10 elektrisierten haben nur 3 geblüht und eine hat Blätter getrieben; von den anderen 6 ist fast gar nichts mehr vorhanden. Auch diese 4 zeigen in den alten Knollen einen eigentümlichen Verwesungsprozess, von den Elektrodenstellen ausgehend; die Stelle zeigt ganz andere Färbung als man bei dem gewöhnlichen Eintrocknen zugunsten der jungen Knollen findet.

Der Strom hat also die Knollen stark geschädigt.

Versuch XX. *Lilium eximians*. 2 Zwiebeln wurden vom 17. — 20. Dez. elektrisiert. Strom 0,06—0,04 M.A. Sie waren nach dem Versuche, wo nicht ganz tot, doch so weit heruntergekommen, dass sie, gepflanzt, im Warmhaus Mitte Januar noch keine Wurzeln getrieben hatten. Von da an habe ich sie zufällig außer acht gelassen. Ein positives Resultat wird jedenfalls nicht erreicht sein.

Keiner von den Versuchen mit Zwiebeln und Knollen hat somit etwas Positives ergeben. Der Strom schädigte alle, er war jedenfalls zu stark oder währte zu lange. Nebenbei bemerke ich aber, dass der Strom in allen Fällen die Organe transversal, nicht in der Achsenrichtung passierte.

Der Zusammenhang zwischen elektrischen Wirkungen und Pflanzenleben ist bis jetzt nur stückweise in vereinzelt dastehenden Versuchen bearbeitet worden. Abgesehen von der Wirkung elektrischer Beleuchtung kann man folgende Beziehungen anführen.

1. Das Leitungsvermögen der Pflanzenstoffe und Pflanzengewebe. Die hierüber angestellten Versuche betreffen meistens ausgepresste Pflanzensäfte und Stammholz; weniger die lebenden Gewebe kleinerer Äste und Zweige.

2. Die in der Pflanze selber entstehenden Ströme, wie diese z. B. zwischen verletzten und intakten, verdunkelten und beleuchteten Stellen entstehen, wie sie unter dem Einfluss von äußeren Agentien, als Stöße, Torsion, Narkose, Temperaturwechsel u. s. w. abgeändert werden können, oder auch, wie sie spontan auftreten, bei spontanen Bewegungserscheinungen, z. B. *Hedysarum gyrrans*.

3. Der Einfluss von Potentialdifferenzen zwischen den oberen und unteren Pflanzenenden, sowohl von stetigen natürlichen Unterschieden zwischen Erd- und Luftpotential, als auch von künstlich angebrachten Unterschieden, welche man durch über das Feld ausgebreitete Metalldrahtnetze den natürlichen gegenüber gesteigert hat. Wenigstens werden während mehrerer Stunden pro Tag diese Netze durch Maschinenwirkung elektrisch erhalten. (Da sie aber nicht von der Luft isoliert sind, verlieren sie ihre Ladung schon bald wieder, zum Teil auch absichtlich, siehe unten bei Nr. 4.) Wahrscheinlich muss man die Wirkung dieser Anordnungen (z. B. von Lemström, Berthelot u. a.) wenigstens zum Teil auf Induktionseinfluss zurückführen. Doch ist neben der Induktion hier auch zu denken an Übergang von Elektrizität durch sogen. „stille Entladungen“. Sowohl die Deutung der Grannen der Getreidearten und der Spitze an den Nadelholzblättern, als auch die Versuchsanordnung, wobei aus dem vom Boden isolierten Metalldrahtnetze Metalldrähte herabhängen, zeigen an, dass es sich hier nicht nur um Induktion, sondern auch um Übergang von Elektrizität handelt. Daher auch die Notwendigkeit, die Maschinen regelmäßig arbeiten zu lassen, um den Potentialunterschied konstant zu erhalten, oder auch den Übergang fort dauern zu lassen.

4. Der Einfluss galvanischer Ströme, welche geführt werden durch das Medium, worin die Pflanzen wachsen, oder wenigstens zeitweilig sich befinden (Boden, Wasser, Luft). Insoweit als die Resultate von 3 nicht auf reine Potentialdifferenz, also auf reine

Induktion und Spannungsverschiedenheiten im Pflanzenkörper zurückzuführen sind, gehören sie eigentlich auch hierher, weil sie dann Folge sind von Elektrizitätsübergang, sei es nur durch die Luft. Mehr geradezu gehören in dieser Abteilung die Versuche, welche zeigten, dass angefeuchtete, oder in Wasser getauchte Samen, durch welche ein Strom geführt wurde, eher oder besser keimten als Kontroll Exemplare. Der Strom wird wohl hauptsächlich durch das umgebende Wasser geleitet werden. Als besonderer Fall gehören auch hierzu die Beobachtungen und Versuche über Galvanotropismus (inkl. Elving'sche Krümmung). In diesen Versuchen lässt man einen Strom durch den Boden von einer Elektrode in den andern (z. B. Kohlenstäbe) gehen, und in diesem stetig durchströmten Boden beobachtet man die Wachstumsrichtung der Wurzeln, welche galvanotropische Krümmungen zeigen, die also einigermaßen den rheotropischen an die Seite gestellt werden können, von einigen Autoren aber auch mehr den chemotropischen, von anderen den traumatotropischen gleichgestellt werden. Die in dem Boden ausgebreiteten Drahtnetze, welche, wie die in der Luft, in elektrischem Zustande gehalten werden, können auch rein induktiv auf die Pflanzen wirken, wie obige; da ihre Ladung aber in dem feuchten Medium viel leichter Anlass zu Bodenströmungen gibt, gehören diese Versuche mehr als die mit den Luftnetzen zu denen mit dynamischer Elektrizität.

5. Der Einfluss der Stromrichtung in einem Medium auf die Bewegungsrichtung von darin sich befindenden einzelligen, oder wenigzelligen Lebewesen (Algen, Amöben) nimmt als Galvanotaxis eine etwas aparte Stellung ein.

6. Diesen verschiedenen Beziehungen habe ich jetzt noch eine hinzugefügt, welche sich von der vorigen dadurch unterscheidet, dass ich den Strom regelrecht durch den Pflanzenkörper führte und nur durch diesen Körper, nicht durch das umgebende Medium. Wir haben also einen Fall, der sich sowohl von der event. Induktion durch Potentialdifferenz als von Galvanotropismus unterscheidet. Inwieweit bei 4. der Strom auch die im feuchten Medium (Boden oder Wasser) sich befindenden Wurzeln oder Samen durchsetzt, ist schwerlich auszumachen, jedenfalls wird das besser leitende Medium den weitaus größten Teil desselben an sich ziehen. In meinen Versuchen dagegen hat das Medium gar keinen Anteil an der Stromleitung.

Weiter wurde der Effekt des Stromes nicht während, sondern nach Beendigung der Stromanwendung erzielt; die Wirkung gehört also zu den sogen. „Nachwirkungen“. Die Frage bleibt jetzt noch offen, inwieweit der Effekt auch erreicht, oder vielleicht noch gesteigert sein würde, wenn der Strom während des Treibens, also während der Temperaturerhöhung, appliziert worden wäre.

Auch die Art des Effektes weicht insoweit von den bisherigen anderweitigen Erfolgen ab, dass hier nicht nur eine Steigerung der schon aktiv vorhandenen Lebensenergie auftritt, welche sich kundgibt in Beschleunigung und Verstärkung des schon vorhandenen, oder normalerweise anfangenden (Samen) Wachstums; sondern dass in Vers. I die autogene Ruheperiode abgekürzt, somit die ruhende Pflanze zu neuem Leben erweckt wurde. Inwieweit dieser Unterschied nur als ein oberflächlicher zu betrachten ist, lasse ich dahingestellt sein. Die Samenkeimung bildet vielleicht einen Übergang.

Meine jetzigen Versuche stehen in einem Knotenpunkt von 3 Versuchsreihen. Die eine Reihe ist die der praktischen Versuche, um zugunsten der Treiberei die Ruheperiode abzukürzen oder vielleicht gar aufzuheben. Die zweite ist die Reihe der Erklärungsversuche der Periodizität der Knospenruhe und -entwicklung, oder, wie man sie kurzweg nennt, der Ruheperiode und der Entwicklungsfaktoren. Wie Narkose, Kälte u. s. w. können auch galvanische Ströme stimulierend wirken, und diese Erkenntnis kann etwas zur Aufklärung beitragen. Die dritte Reihe ist die der Erkenntnis von den elektrischen Einflüssen auf das Pflanzenleben; von dieser Versuchsreihe habe ich im obigen einige Richtungen erwähnt.

Zwar fehlt bis jetzt zu einem Erklärungsversuch der obigen Resultate nur allzuviel; ihre Zahl ist dafür auch gar zu klein. Doch ist es vielleicht nicht nutzlos, zu erforschen, in welchen Richtungen man nach Erklärungen suchen kann.

Zur Knospenentfaltung im Frühjahr sind ohne Zweifel drei Faktoren notwendig, die sich zueinander gesellen müssen. Erstens der physiologische, d. h. die lebenden Zellen müssten zu erneuter Wirksamkeit gereizt werden. Zweitens der chemische, d. h. das Material zum Aufbau resp. Vergrößerung der neuen Teile und zu weiteren Funktionen der Zellen muss in passender (z. B. löslicher) Form und in genügender Menge zur Verfügung stehen. Drittens: der mechanisch-physische, d. h. die ganze Einrichtung muss so gestaltet sein, dass die inneren sowie die äußeren Energieformen (von den letzten z. B. die Bestrahlung), die, wo nicht die Urheber, so doch immerhin die letzten Ausführer der Erscheinungen in der organischen Welt sind, die passenden Vorrichtungen finden, um eingreifen und sich nützlich und geltend machen zu können. Zu diesen Vorrichtungen rechne ich z. B. die nötige Elastizität oder den nötigen Widerstand, die gehörige Abwechslung von Wasser und Luft in den Gefäßen, den erwünschten Unterschied zwischen dem Druck der atmosphärischen und der Gefäßluft, etc.

Ob diese drei Faktoren immer ganz auseinander zu halten sind? Der Satz: „die lebenden Zellen müssen zu neuer Wirksamkeit gereizt werden“, stellt gewiss einen Sammelbegriff dar, es ist viel-

leicht nach genügender Analysierung mancherlei darunter zu verstehen, was sich als zur chemischen oder physischen Seite gehörig herausstellen wird. Auch stehen die drei Faktoren nicht unabhängig voneinander da, indem z. B. eine notwendige chemische Änderung erst als Folge einer physiologischen auftritt; dennoch glaube ich prinzipiell diese Faktorentrennung machen zu dürfen.

Wenn nun in diesen drei Richtungen die Pflanze genügend vorbereitet ist, und der äußere Anlass (z. B. Bestrahlung) tritt auf, so schlägt der Baum aus. Es ist aber nichts weniger als gewiss, dass diese drei Faktoren zu gleicher Zeit gerade ihr Optimum erreicht haben werden. Wenn nun einer hinter den anderen zurücksteht, so folgt entweder noch keine oder eine dürftige und vielleicht abnorme Knospenentwicklung, sobald die Wärme dazu Anlass gibt. Auch dieser Vorgang, gleich wie alle anderen, welche von verschiedenen Faktoren abhängig sind, ist dem Gesetze des Minimums untergeordnet. Wenn einer von den Faktoren oder von den Faktorenreihen weniger günstig gestellt ist als die anderen, so wird der Umfang des Vorganges in erster Linie von dem Grad dieses Faktors abhängen.

Es ist nun sehr gut denkbar, dass die Elektrizität, sei es in statischer oder dynamischer Form, auf jede der genannten Faktorengruppen ihren Einfluss ausübt, also auf die eigentlich physiologischen, auf die elektrolytisch-chemischen und auf die mechanisch-physischen Vorrichtungen und Vorbereitungen, oder jedenfalls auf mehr als eine Gruppe. Diese Einflüsse brauchen nun bei verschiedenen Pflanzenarten nicht immer, auch wenn sie alle fördernd (oder hemmend) wirken, gleichen Schritt zu halten, ja nicht einmal bei verschiedenen Individuen ein und derselben Art, welche ja in Festigkeit, Wassergehalt u. s. w. der Gewebe etwas verschieden sein können. Und wie mit der Knospenentwicklung, so steht es auch mit der Keimung, dem späteren Wachstum, und eigentlich mit allen Lebenserscheinungen. Vielleicht lassen sich die oft einander widersprechenden, noch keineswegs zusammenfassbaren Resultate von Elektrizitätswirkung, außer aus der nicht genügend scharfen Stellung der Probleme und der Fragen in den Versuchsanordnungen, teilweise daraus erklären, dass in verschiedenen Fällen die Verhältnisse der obigen Teilwirkungen nicht die gleichen waren, dass man eben nur die Gesamtwirkung sieht, und nicht auch noch dazu, auf welchen Faktor sie gewartet hat, welcher Faktor also im Minimum war.

Dass außerdem noch Unterschiede zwischen der Wirkung von positiver und negativer Elektrizität besteht und somit auch die Stromrichtung dynamischer Elektrizität nicht gleichgültig sein wird, glaube ich bestimmt, doch wäre dies wohl noch weiter experimentell festzustellen.

Wageningen, 21. Juni 1907.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: [27](#)

Autor(en)/Author(s): Bos H.

Artikel/Article: [Wirkung galvanischer Ströme auf Pflanzen in der Ruheperiode. 705-716](#)