erweiternde Wirkung und die Vitalische Reaktion aufgefunden werden können. Vorzüglich aber zeigen sie, daß auch bei bestem Gedeihen der Pfropfung $\frac{\text{Datura Stramonium}}{\text{Solanum tuberosum}}$ kein pupillenerweiterndes Alkaloid in die Kartoffelknollen überzugehen braucht.

Mit einigem Vorbehalt sagen die Resultate der qualitativen Untersuchung der Pfropfungen $\frac{\text{Atropa Belladonna}}{\text{Solanum Lycopersicum}}$ durch Laurent (1906/7) aus, daß ein Durchtritt eines pupillenerweiternden und die Vitalische Reaktion gebenden Körpers durch die Pfropfstelle stattgefunden hat. Bei Pfropfungen $\frac{\text{Solanum Lycopersicum}}{\text{Atropa Belladonna}}$ soll ein solcher Durchtritt nicht statthaben.

Die Methode der Versuche von Grafe und Linsbauer ist nachweislich ungenügend, weshalb die Resultate nicht brauchbar sind.

II. Neue Untersuchungen über die Wanderung der Alkaloide durch die Pfropfstellen heteroplastischer Transplantationen.

A. Das Material für die Untersuchungen.

a) Versuche über Pfropfungen $\frac{\text{Datura Stramonium}}{\text{Solanum tuberosum}}$.

Es wurden im Frühjahr 1908 im botanischen Garten Pfropfungen von Datura Stramonium auf Solanum tuberosum hergestellt. Nachdem die Spätkartoffeln ausgetrieben hatten und die Keimpflanzen von Datura genügend groß waren, wurden die Pfropfungen am 13. Juli vorgenommen. Bis zum 11. Juli standen die Pfropfungen unter Glas, im Warmkasten, dann wurden sie in das Freie gepflanzt, gut schattiert und gepflegt, bis sie kräftig entwickelt waren. Die Reiser standen in ihrer Entwicklung kaum den Pflanzen von Datura Stramonium, die daneben im Beete standen, nach. Eine Reihe der Pfropfungen wurden hier, wie in anderen Fällen, zur mikroskopischen, folgende wurden zur makroskopischen Untersuchung benutzt:

Nr. 1. Den drei Datura-Reisern, welche auf die Triebe einer Kartoffel aufgesetzt worden waren, wurden rechtzeitig die Blüten genommen, dann wurden sie am 9. Sept. verdunkelt. Am 25. Sept. wurde die Pflanze gesammelt. Das Reis hatte alle ausgewachsenen Blätter, mit Ausnahme der jungen etiolierten, verloren. Die geernteten Teile hatten im frischen Zustande folgendes Gewicht:

b) Kartoffeln, Frischgewicht . . . . . 690 g,
c) Kartoffelachse mit dünnen Ausläuferbasen, Frischgewicht . 13 g.

b) Versuche über Propfungen $\frac{\text{Nicotiana Tabacum}}{\text{Nicotiana affinis}}$.

α) Normale Pflanzen von N. affinis und von N. Tabacum.

Nr. 2. N. affinis.

A. Es wurde im Frühjahr 1908 zwei Beete von Sämlingen von Nachkommen von Pflanzen, von denen eine in der Trockensubstanz

der Blätter . . . . . 0,0313 %
der Achsen . . . . . 0,0228 % Alkaloid

enthielt, angepflanzt.

Die Pflanzen entwickelten sich üppig und blühten reichlich, als von ihnen am 8. Aug. von neun verschiedenen Pflanzen je alle Blätter gesammelt wurden.

B. Von 10 auf anderen Beeten erwachsenen Pflanzen wurden die unterirdischen Teile, d. h. je das unterirdische Achsenstück mit allen daran sitzenden Wurzeln, von den betreffenden Pflanzen abgeschnitten und dann getrocknet.

Nr. 3. Nicotiana Tabacum.

Es wurde ferner ein Beet von Nicotiana Tabacum im Frühjahr 1908 angelegt, und es wurden am 8. August von 10 Pflanzen die Blätter gesammelt und getrocknet, von 10 anderen Pflanzen die unterirdischen Teile, also jedesmal der unterirdische Teil der Hauptachse mit daran sitzenden Wurzeln.

β) Nicotiana Tabacum auf Nicotiana affinis.

Die Pfropfungen wurden ausgeführt, wie es für Pfropfungen von Datura Stramonium auf Solanum angegeben worden ist.

Nr. 4. Als am 8. August das sehr kräftige Tabakreis blühte und seine unteren Blätter schon etwas gelblich geworden waren, wurde die Pflanze gesammelt, die 7 cm lange Pfropfstelle herausgeschnitten und nicht aufbewahrt, die übrige Pflanze in folgender Weise zerlegt und jeder Teil getrocknet:

a) Nicot. Tabacum: Blätter,
b) „ „ oberirdische Achse, soweit sie Laubblätter trägt,
c) „ „ Blütenstand,
d) „ affinis: unterirdisches Achsenstück,
e) „ „ Wurzeln.

Nr. 5. Von dem Reis, welchem schon am 8. August der Blütenstand genommen worden war, wurden am 17. August die Spreiten rechts und links von den Mittelnerven abgeschnitten, so daß nur Blattstiele und

Mittelnerven an der Pflanze blieben. Nach 8 Tagen wurde die Pflanze, deren Blattstiele noch festsaßen, geerntet. Es wurde, wie immer, die ganze Pfropfstelle verworfen. Es wurden gesammelt:

a) N. Tabacum: Blattspreiten, ohne Hauptnerven,
b) „ „ Blattstiele und Hauptnerven,
c) „ „ Achse,
d) „ affinis: unterirdisches Stück der Hauptachse,
e) „ „ Wurzeln.

Nr. 6. Eine Pflanze, von der am 8. August der Blütenstand entfernt worden war, wurde am 9. September durch Überdecken mit einer Kiste verdunkelt. Das Tabakreis hatte 6 abgestorbene, 1 gelbes, 2 grünliche Blätter. Verworfen wurde die Pfropfstelle. Gesammelt wurde:

a) oberirdische Achse von N. Tabacum von 64 g Frischgewicht,
b) Achse von N. affinis von 4,5 g Frischgewicht.

Nr. 6a. Eine Pflanze, die am 8. August vom Blütenstande befreit worden war, wurde vom 8. bis 17. August verdunkelt. Bei der Ernte waren die oberen Blätter noch grün. Gesammelt wurde:

c) oberirdische Achse von N. Tabacum 12,5 g lufttrocken,
d) Achse von N. affinis 2,5 g „

Von Nr. 6 und Nr. 6a wurden für die makrochemische Untersuchung die Achsen *a* und *c* und die Achsen *b* und *d* gemischt und zusammen untersucht:

a+*c* wogen trocken 20,5 g; *b*+*d* wogen trocken 2,8 g.

Nr. 7. Von 7 Pfropfungen von Nicotiana Tabacum auf Nicotiana affinis wurden am 8. August die Blütenstände entfernt. Am 22. September wurden die Pfropfungen geerntet. Die untersten Blätter der Reiser waren teilweise schon abgestorben, die oberen schon etwas gelb. Wie immer, wurden die Pfropfstellen völlig herausgeschnitten und verworfen. Von allen sieben Pflanzungen wurden gesondert gesammelt die Achsen von N. Tabacum, die Blätter von N. Tabacum, die Achsen von N. affinis und die Wurzeln von N. affinis. Alles wurde getrocknet. Es waren also zur Untersuchung vorhanden:

a) Blätter	von	7	Pflanzen	von	N. Tabacum:	Frischgew.	488 g;	getrocknet	64,5 g
b) Achsen	„	7	„	„	„ „	„	382 g;	„	88,7 g
c) Achsen	„	7	„	„	N. affinis:	„	75,5 g;	„	12,7 g
d) Wurzeln	„	7	„	„	„ „	„	353 g;	„	64 g.

c) Versuche über Pfropfungen von $\frac{\text{Nicotiana Tabacum}}{\text{Solanum tuberosum}}$ 1908.

α) Normale Pflanzen der Kartoffel.

Nr. 8. Kartoffelschalen von gewöhnlichen Kartoffelpflanzen.

1 kg vorjähriger Kartoffeln, die als Unterlage für die Pfropfungen gedient hatten (Magnum bonum) wurden 1909 geschält, und die 100 g frischer Schalen wurden in Spiritus aufbewahrt.

Nr. 8a. Unterirdische Stücke der blattragenden Sprosse (Achsen) der gewöhnlichen Kartoffel mit Wurzel. Es wurden im August 1909 von einigen 1909 gezogenen Kartoffelpflanzen die blattragenden Sprosse mit den Wurzeln geerntet und die im Boden befindlichen, farblosen Stücke mit den Wurzeln abgeschnitten und getrocknet. Diese Stücke entsprechen den „Achsen" der Unterlagen bei den Pfropfungen:

Frischgewicht 58 g; Trockengewicht 21,5 g.

β) Nicotiana Tabacum auf Solanum tuberosum.

Die Pfropfungen wurden im Frührjahr 1908 ebenso ausgeführt wie die von Datura Stramonium auf Solanum tuberosum. Die Tabakreiser waren fast so groß und kräftig geworden wie die im freien Lande erwachsenen Pflanzen von N. Tabacum.

Nr. 9. Eine Pfropfung von N. Tabacum auf Solanum tuberosum wurde am 7. August, also vor voller Entwicklung der Kartoffeln und zur Blütezeit des Tabakreises, geerntet. Die Pfropfstellen wurden wie stets verworfen. Es wurden gesondert geerntet und getrocknet:

a) N. Tabacum: große Blätter,
b) N. Tabacum: Achse,
c) S. tuberosum: Achse,
d) S. tuberosum: Kartoffeln in Scheiben geschnitten,
e) S. tuberosum: Nebenwurzeln.

Nr. 10. Zwei Zweige einer Kartoffel waren mit Tabak gepfropft worden. Sie blühten am 7. August, wurden um diese Zeit vom Blütenstande befreit und am 21. September geerntet.

Es wurden folgende Teile der Propfung geerntet und sofort in Spiritus gelegt:

a) Solanum tuberosum: die unteren Teile der Kartoffelachse und die dünnen Ausläufer, deren Spitze zu Kartoffeln angeschwollen waren; Frischgewicht 17 g.

Es ist besonders hervorzuheben, daß die oberen, unter der verworfenen Pfropfstelle sitzenden Teile nicht mit aufbewahrt wurden, weil sie zur mikroskopischen Untersuchung benutzt worden waren.

b) Solanum tuberosum: Nebenwurzeln der Kartoffelachse; Frischgewicht 8 g.

c) Solanum tuberosum: die Kartoffeln. Sie wurden geschält, und die Schalen und das Innere der Kartoffeln wurde besonders aufbewahrt.

α) Kartoffelschalen; Frischgewicht 42 g.

β) Inneres der Kartoffel; Frischgewicht 750 g.

Nr. 11. Am 8. Aug. wurden von einer Pflanze die Blütenstände nd die Spreitenhälften neben dem Mittelnerven entfernt, so daß die lattstiele mit den daran sitzenden Mittelnerven an der Pflanze blieben. ls die Pflanze am 17. August geerntet wurde, saßen die Stiele noch fest. fropfstelle wie immer verworfen. Es wurden einzeln getrocknet:

a) N. Tabacum: Achse mit den daran sitzenden Blattstielen und Mittelnerven,

b) Sol. tuberosum: Achse,

c) „ „ Wurzel,

d) „ „ Kartoffelknollen.

d) Versuche über Pfropfung $\frac{\text{Nicotiana Tabacum}}{\text{Solanum tuberosum}}$ 1909.

α) Normale Pflanzen von N. Tabacum Ekbolsheim.

Nr. 12. N. Tabacum von Ekbolsheim i. Els.

Im Frühjahr 1909 war Samen einer neuen Elsässer Tabaksorte ıgeschafft worden. Einige Pflanzen wurden in Töpfen gezogen, und dann urden, als sie ungefähr 30 cm hoch waren, die Blätter derselben ge- ntet. Es wurden von den trockenen Blättern die Hauptnerven von den iden ansitzenden Spreitenhälften getrennt und gesondert untersucht. ach dem Trocknen bei 100° waren vorhanden:

18 g Spreite,
8,35 g Hauptnerv.

β) N. Tabacum Ekbolsheim auf Solanum tuberosum.

Nr. 13. Im Frühjahr 1909 wurden acht Pfropfungen von N. ıbacum aus Ekbolsheim auf Sol. tuberosum hergestellt. Die sehr un- ınstige Witterung des Jahres war die Veranlassung, daß die Pfropfungen hr schlecht anwuchsen, so daß am 27. Aug. 1909, als die Reiser zu ühen begannen, die Pflanzen nur 27—68 cm hoch, die Achsen der iser höchstens 1 cm dick waren, während zu gleicher Zeit in das ie Land gekommene Normalpflanzen von N. Tabacum aus Ekbolsheim m 65 cm hoch waren, als sie am 26. Aug. 1909 blühten. Es wurden ch nur 100 g Kartoffeln von den acht Pflanzen geerntet.

Es wurden von allen acht Pflanzen gesammelt und gemischt:

a) Von 8 Pflanzen N. Tabacum: Achsen ohne Blätter: Frischgewicht 192 g; Trockengewicht 18,1 g.

b) Von 8 Pflanzen Pfropfstellen[1]) (hier das erste Mal mit untersucht), 3,5 cm lang: Frischgewicht 25 g; Trockengewicht 2,7 g.

c) Von 8 Pflanzen Solanum tuberosum: Achsen ohne Wurzeln und Ausläufer: Frischgewicht 58 g; Trockengewicht 6,4 g.

B. Die quantitative und qualitative chemische Untersuchung des Materials.

a) Pfropfungen $\frac{\text{Datura Stramonium}}{\text{Solanum tuberosum}}$.

Nr. 1. Pfropfung $\frac{\text{Datura Stramonium}}{\text{Solanum tuberosum}}$.

Nr. 1 b. Kartoffelknollen.

Die Untersuchung auf Alkaloide wurde genau so vorgenommen, wie es pag. 351 beschrieben worden ist. Es blieb eine äußerst kleine Menge von Rückstand, welcher sicher seinen Eigenschaften nach nicht nur aus salzsaurem Atropin bestand. Eine Spur des Niederschlags in Wasser gelöst gab mit Kaliumwismutjodid eine schwache Reaktion. Die Vitali'sche Reaktion gelang nicht.

Herr Dr. Gürber, Professor der Pharmakologie an unserer Universität, hatte die Freundlichkeit, die physiologische Prüfung dieses Rückstandes vorzunehmen und sagt darüber folgendes:

Die Substanz steht nur in minimalster Menge zur Verfügung; sie ist in Wasser nicht ganz löslich. Das wässerige Extrakt, in den Konjunktivalsack eines Katzenauges gebracht, ist ohne mydriatische Wirkung, dagegen ruft der mittelst einer Spur Schwefelsäure in Lösung gebrachte unlösliche Rückstand vom Wasserextrakt nach 25 Minuten maximale Pupillenerweiterung hervor. Die Mydriasis ist nach 18 Stunden wieder verschwunden.

Nr. 1c. Achse der Kartoffel mit dünnen Ausläuferbasen. Das kleine, im frischen Zustand 13 g, im trockenen also ungefähr 1,5 g wiegende Achsenstückchen, welches so weit unter der Pfropfstelle abgeschnitten worden war, daß sicher kein Gewebe des Reises mit in das untersuchte Stückchen hineingelangte, wurde nach der auf pag. 351 beschriebenen Methode behandelt. Das Produkt gab mit

Kaliumwismutjodid	starke Fällung, mit
Goldchlorid	deutliche Reaktion.

1) Es wurde auch hier sorgfältig darauf geachtet, daß die Pfropfstellen völlig ausgeschnitten waren, so daß nichts von dem Gewebe des Reises in der Achsenunterlage von Sol. tuberosum geblieben ist.

Die Vitali'sche Reaktion wurde mit ungefähr $^1/_5$ des erhaltenen lkaloids angestellt; sie trat nicht in einwandfreier Deutlichkeit ein. ber die physiologische Wirkung berichtet Herr Professor Gürber das lgende:

Substanz 0,0019 g einer farblosen, sirupösen, viele Kriställchen thaltenden Masse, leicht in Wasser löslich. 2 Tropfen der Lösung on 1:1000 bewirkte bei der Katze innerhalb weniger Minuten maximale ydriasis, die aber schon nach 14 Stunden wieder verschwand. Das it Muskarin gelähmte Froschherz wurde durch 3 Tropfen der Lösung ieder prompt zum Schlagen gebracht.

Aus diesen Untersuchungsresultaten kann man nun folgende Schlüsse ehen:

Die Frage, ob bei Pfropfungen $\frac{\text{Datura Stramonium}}{\text{Solanum tuberosum}}$ Alkaloid in e Unterlage einwandern könne, muß als positiv entschieden betrachtet erden, da die allgemeinen Alkaloidreagentien bei der qualitativen rüfung im Versuch 1 c entschieden stärkere Alkaloidreaktionen gaben s sie reine Kartoffelachsen hätten geben können. Außerdem spricht e starke Mydriasis für das Vorhandensein eines kräftig mydriatisch irkenden Alkaloids. Das undeutliche Eintreten der Vitali'schen Reaktion, e der eine von uns mit dem Auszug aus $^1/_2$ kg Kartoffeln, denen mg Hyoscyamin hinzugefügt worden war, sehr leicht erhalten konnte, ben der mydriatischen Reaktion legt die Vermutung nahe, daß es ch bei den von uns isolierten und untersuchten Basen nicht um eines r in dem Stechapfel in großer Menge vorhandenen Alkaloide handelt. s könnte danach entweder ein bisher unbekanntes Alkaloid, welches r in kleiner Menge in der Stechapfelpflanze enthalten sein könnte, einwandert sein oder es müßten die eingewanderten Datura-Alkaloide in r Kartoffel in gewisser Beziehung eine Umwandlung erfahren haben. ne endgültige Entscheidung in dieser Frage wird erst dann möglich in, wenn es gelungen sein wird, aus in größerem Umfange hergellten Pfropfungen das fragliche Alkaloid in solcher Menge zu isoren, daß eine genaue makrochemische Untersuchung desselben ausführt werden kann.

Daß das Alkaloid bei der Einwanderung aus dem Stechapfel die Kartoffel nicht weit vordringt, dafür scheinen die Tatsachen des chlichen Vorkommens des Alkaloides in dem Achsenstück unter der ropfstelle und der äußerst geringe Gehalt der Kartoffelknollen an Alkaloid sprechen. Wir hatten ja früher keine chemisch und physiologisch chweisbaren Mengen eines mydriatisch wirkenden Stoffes aus den

Kartoffelknollen der Pfropfung $\frac{\text{Datura Stramonium}}{\text{Solanum tuberosum}}$ erhalten können, jetzt ist eine geringe mydriatische Wirkung des Produktes zu konstatieren gewesen, allerdings unter eigenartigen Umständen; denn die bekannten Alkaloidsalze der Datura hätten auch ohne Zusatz von Schwefelsäure sich in Wasser lösen und direkt die mydriatische Wirkung ausüben sollen. So muß man annehmen, und das würde auch die Strasburger-Klinger'sche Beobachtung erklären, daß äußerst kleine Mengen des fraglichen Alkaloids manchmal bis zu den Kartoffelknollen vordringen können, manchmal jedoch nicht bis dorthin gelangten.

b) Die makrochemische Untersuchung der Pfropfungen $\frac{\text{Nicotiana Tabacum}}{\text{Nicotiana affinis}}$ und $\frac{\text{Nicotiana Tabacum}}{\text{Solanum tuberosum}}$.

α) Die Untersuchungsmethoden.

Zuerst mögen die Methoden geschildert werden, welche bei der quantitativen makrochemischen Untersuchung des Materials Verwendung fanden.

I. a) Das an der Luft, bei gewöhnlicher Temperatur, getrocknete Untersuchungsmaterial wurde zunächst fein pulverisiert und alsdann noch $^1/_2$ Stunde lang im Wassertrockenschranke getrocknet. Das so vorbereitete Pulver wurde hierauf nach Kißling mit der Hälfte seines Gewichtes alkoholischer Kalilauge von 6 % befeuchtet, mit dem Pistill gleichmäßig durchgearbeitet und 12 Stunden lang gut bedeckt aufbewahrt. Alsdann wurde das Gemisch in einer Papierhülse im Soxhlet'schen Apparat mit Äther vollständig erschöpft.

b) Der Äther wurde hierauf zur Entfernung von Ammoniak usw. abdestilliert, der Rückstand mit 50 ccm Natronlauge (1 : 250) vermischt und das Gemisch im Wasserdampfstrom destilliert. Aufgefangen wurden je 350 ccm Destillat, welches mit $^1/_{100}$ Normalsalzsäure, bezw. $^1/_{100}$ Normalkalilauge, als Restbestimmung (Jodeosin und Äther als Indikator), titriert wurde.

II. Der nach Ia erhaltene Ätherauszug wurde zur Entfernung von Ammoniak usw. bis auf mindestens $^1/_3$ seines Volums abdestilliert, der Rückstand in einen Scheidetrichter gebracht und das Destillationskölbchen dreimal mit je 5 ccm Äther nachgespült. Diese Ätherlösung wurde dann einmal mit 10 ccm und dreimal mit je 5 ccm Salzsäure von 2 % ausgeschüttelt, die vereinigten Auszüge hierauf mit Sodalösung alkalisiert und viermal mit je 5 ccm Chloroform ausgeschüttelt. Die

vereinigten Chloroformauszüge sind dann, unter Zusatz von Äther, mit 25 ccm $^1/_{100}$ Normalsalzsäure und dann noch viermal mit je 10 ccm Wasser ausgeschüttelt worden. Nach dem Filtrieren durch ein angefeuchtetes Filter wurden letztere Auszüge schließlich mit $^1/_{100}$ Normalkalilauge (Jodeosin und Äther als Indikator) zurücktitriert.

III. Die zerkleinerten Materialien wurden mit Alkohol 4—5 Tage lang bei 25—30° extrahiert, die Rückstände abgepreßt und von neuem mit Alkohol in der gleichen Weise behandelt. Die vereinigten Auszüge wurden hierauf bei sehr mäßiger Wärme eingedampft, der Rückstand mit Sodalösung alkalisch gemacht und viermal mit dem mehrfachen Volumen Äther ausgeschüttelt. Die vereinigten, klaren Ätherauszüge wurden alsdann zunächst von der größeren Hälfte des Äthers und der Hauptmenge des Ammoniaks durch Destillation befreit und hierauf der Rest des Äthers, nach Zusatz von schwach salzsäurehaltigem Wasser, bei mäßiger Wärme entfernt. Die restierende schwach sauere Flüssigkeit ist dann mit Sodalösung alkalisch gemacht und hierauf im Wasserdampfstrom destilliert worden. Es wurden 400 ccm Destillat aufgefangen.

Letzteres Destillat ist dann mit Salzsäure schwach angesäuert und bei sehr mäßiger Wärme bis auf ein sehr kleines Volumen verdunstet worden. Der Verdunstungsrückstand wurde mit Sodalösung alkalisiert und im Scheidetrichter viermal mit je 10 ccm Chloroform ausgeschüttelt. Die vereinigten Chloroformauszüge wurden dann mit dem gleichen Volumen Äther vermischt und zur vollständigen Entfernung des Ammoniaks usw. bis auf die kleinere Hälfte abdestilliert. Der Rückstand wurde hierauf in einen Scheidetrichter gebracht, das Destillationskölbchen wiederholt mit Äther nachgespült, das Gemisch mit 10 bzw. 20 ccm $^1/_{100}$ Normalsalzsäure und dann noch viermal mit je 10 ccm Wasser ausgeschüttelt.

Nach dem Filtrieren durch ein angefeuchtetes Filter wurden letztere Auszüge schließlich mit $^1/_{100}$ Normalkalilauge (Jodeosin und Äther als Indikator) zurücktitriert.

NB. Eine direkte Destillation der Alkoholextrakte mit Wasserdämpfen war, nach Zusatz von Alkali, wegen des starken Schäumens unausführbar.

IV. Die nach Methode II gewonnene, titrierte Alkaloidlösung wurde vom Äther befreit, mit Sodalösung alkalisch gemacht und dann mit Wasserdämpfen 750 ccm Flüssigkeit davon abdestilliert. Das Destillat wurde schwach sauer gemacht, bei sehr mäßiger Wärme bis auf ein sehr kleines Volumen eingedampft, und aus dem Rückstand noch-

mals wie in II das Alkaloid isoliert und von neuem titriert (Jodeosin und Äther als Indikator).

Es wurden also vier Methoden benutzt, die wir kurz folgendermaßen charakterisieren können:

Methode I: Ätherauszug der Trockensubstanz und Destillation.
„ II: Ätherauszug mit Äther und Chloroform gereinigt usw., nicht destilliert.
„ III: Alkoholauszug mit Äther ausgeschüttelt, destilliert; Destillat mit Chloroform ausgeschüttelt usw.
„ IV: Nach II gewonnene, bereits titrierte Alkaloidlösung alkalisch gemacht, destilliert, wiederum nach II ausgeschüttelt und dann nochmals titriert.

Bei der Berechnung der Resultate der Titration wurden 1 ccm der $^1/_{100}$ Normalsalzsäure 0,00162 g Nikotin gleich gesetzt; 0,01 g Nikotin in den mitgeteilten Resultaten entspricht also 6,17 ccm der $^1/_{100}$ Normalsalzsäure.

Das Nikotin bildet die Hauptmasse der Alkaloide des Tabaks. Nach Pictet und Retschy kommen auf 1000 g Nikotin 20 g Nikotein, 5 g Nikotimin und 1 g Nikotellin (fest, kristallisierbar). Die Molekulargewichte dieser Alkaloide sind dem des Nikotins sehr ähnlich, so daß sich deren Titrationswerte folgendermaßen stellen:

1 ccm $^1/_{100}$ Normalsalzsäure: 0,00162 Nikotimin,
1 ccm $^1/_{100}$ „ 0,00160 Nikotein,
1 ccm $^1/_{100}$ „ 0,00156 Nikotellin.

Es ist, bei der überwiegenden Menge des Nikotins, wohl wahrscheinlich, daß dieses die Hauptmenge des durch die Pfropfstelle wandernden Alkaloides ausmacht, doch könnte auch eins der anderen Alkaloide bei der Wanderung bevorzugt werden.

Der Grund dafür, daß nicht überall die gleiche Methode benutzt wurde, liegt darin, daß die verschiedenen Materialien sich nicht nach ein und derselben Methode exakt bearbeiten ließen. So konnten z. B., wie bereits erwähnt, die von den verschiedenen Spirituspräparaten erhaltenen alkoholischen Extrakte weder direkt mit Wasserdämpfen destilliert, noch mit Chloroformäther, bzw. mit verdünnter Salzsäure ausgeschüttelt werden. In dem ersten Falle trat sehr starkes Schäumen, in den beiden letzten Fällen Emulgierung ein. Diese Emulgierung wurde auch in einigen Fällen bei der Untersuchung der Achsen und Wurzeln von Nicotiana affinis nach der Ausschüttelungsmethode beobachtet, so daß hier zur Erreichung exakter Resultate noch eine weitere Reinigung der Alkaloidauszüge durch Destillation mit Wasserdämpfen erforderlich war. Wir haben überhaupt die Beobachtung gemacht, daß bisweilen

scheinbar gleichartige Untersuchungsobjekte sich bei der Bestimmung der darin enthaltenen Alkaloide wesentlich verschieden verhielten, so daß die generell angewandten Untersuchungsmethoden von Fall zu Fall gewisse Modifikationen erfahren mußten.

Da oft sehr kleine Mengen von Material verarbeitet und noch viel kleinere Mengen von Alkaloid bestimmt werden mußten, war von vornherein die größte Vorsicht und Genauigkeit für die Erreichung exakter Resultate geboten. Es gilt dieses nicht nur für die zur Isolierung der in Betracht kommenden Alkaloide angewandten Methoden, sondern auch für die bei der Titration benutzten Indikatoren.

Vorversuche, welche mit reinem Nikotintartrat angestellt wurden, lehrten, daß Rosolsäure, Hämatoxylin und andere Indikatoren bei der Bestimmung der bei unseren Versuchen in Frage kommenden, sehr kleinen Alkaloidmengen unbrauchbar sind. Bei der Titration mit $^1/_{100}$ Normalkalilauge und $^1/_{100}$ Normalsalzsäure, welche sich bei unseren Versuchen unbedingt notwendig erwies, wurden nur unter Benutzung von Jodeosin und Äther als Indikator exakte und eindeutige Resultate erreicht. Selbstverständlich wurde hierbei stets unter Anwendung von allen den Vorsichtsmaßregeln gearbeitet, welche für die Benutzung dieses ungemein empfindlichen Indikators erforderlich sind. Das Eindampfen der Destillate erfolgte, um eine Zersetzung der geringen Nikotinmengen zu verhüten, stets bei sehr niedriger Temperatur und unter Anwendung eines sehr geringen Überschusses an Salzsäure. Zur Titration wurde stets erst dann geschritten, wenn absolut farblose, blanke Lösungen in $^1/_{100}$ Normalsalzsäure vorlagen.

Der Umstand, daß bei der Untersuchung der normalen Kartoffelknollen usw., nach vorheriger sorgfältiger Entfernung des Ammoniaks und der leicht flüchtigen Aminbasen, ein wässeriges Destillat erhalten wurde, in welchem qualitativ und quantitativ die Gegenwart eines Alkaloids nachgewiesen werden konnte, machte es wünschenswert, reines Solanin und Solanidin nach dieser Richtung einer Prüfung zu unterziehen.

Als Solanin gelangte hierzu eine Base zur Verwendung, welche als Solaninum purissimum crystallisatum (frei von Solanidin und amorphen Basen) von E. Merck in Darmstadt bezogen war. Dasselbe bildete ein rein weißes Kristallpulver, welches sich klar und farblos in verdünnten Säuren löste. Schmelzpunkt 247 °. Als Solanidin benutzten wir ein ebenfalls von E. Merck als Solanidinum purum crystallisatum bezogenes Präparat. Auch dieses bildete ein weißes Kristallpulver,

welches als Solanidin durch die Schwerlöslichkeit seines Hydrochlorids in Wasser identifiziert wurde. Schmelzpunkt 204—205°.

Zunächst wurde das Verhalten der beiden Basen gegen die allgemeinen Alkaloidreagentien untersucht.

Solanin.

a) Lösung 1 : 100, mit Hilfe von etwas Salzsäure bereitet.
Wismutjodidjodkalium: braunrote Fällung.
Quecksilberjodidjodkalium: weiße Fällung.
Phosphorwolframsäure: weiße Fällung.
Phosphormolybdänsäure: gelbliche Fällung.
Goldchlorid: keine Veränderung.

b) Lösung 1 : 1000; obige Lösung mit Wasser und wenig Salzsäure verdünnt.
Wismutjodidjodkalium: sehr schwache Fällung.
Quecksilberjodidjodkalium: sehr schwache Trübung.
Phosphorwolframsäure: sehr schwache Fällung.
Phosphormolybdänsäure: sehr schwache Fällung.
Goldchlorid: keine Veränderung.

Bei diesen Reaktionen wurde je ein Tropfen der Alkaloidlösung angewendet und zu demselben dann ein Tropfen des Reagens zufließen gelassen. Goldchlorid reagierte auch bei Anwendung von 1 ccm der Alkaloidlösung nicht.

Solanidin.

Lösung 1 : 1000. Das Solanidin wurde in sehr wenig Eisessig, worin es sehr leicht löslich ist, gelöst und diese Lösung wurde dann verdünnt.
Wismutjodidjodkalium: braunrote Fällung.
Quecksilberjodidjodkalium, Phosphorwolframsäure, Phosphormolybdänsäure, Goldchlorid: sofort flockige Ausscheidung, wesentlich weniger stark als mit Wismutjodidjodkalium.
Salzsäure: allmähliche Abscheidung des Hydrochlorids.

Ausschüttelungsversuche: Je 0,1 g Solanin und Solanidin wurden in sehr wenig Eisessig gelöst und die Lösung sofort zu etwa 20 ccm mit Wasser verdünnt. Diese Flüssigkeiten wurden hierauf mit Natriumkarbonat alkalisch gemacht und alsdann mit Äther und mit Chloroformäther ausgeschüttelt. Die filtrierten Äther- bzw. Chloroformätherauszüge sind hierauf mit wenig Wasser, welches mit einem Tropfen Salzsäure versetzt war, geschüttelt und dann die sauren Flüssigkeiten mit Wismutjodidjodkalium und mit Goldchloridlösung, wie oben angegeben wurde, geprüft worden. Es wurden hierbei sowohl bei dem Solanin als auch bei dem Solanidin deutliche Reaktionen erhalten, und zwar bei dem Solanidin stärker als bei dem Solanin. Ein wesentlicher Unterschied war hierbei zwischen dem Auszug mit Äther und dem mit Chloroformäther kaum zu bemerken. Um das Verhalten des Solanins

und des Solanidins gegen Äther noch direkt zu prüfen, wurde je 0,1 g des trocknen Alkaloids mit 10 ccm Äther geschüttelt, Solanidin löste sich hierbei ziemlich leicht auf, während von dem Solanin nur eine sehr geringe Menge in Lösung ging. Letztere war jedoch ausreichend, um nach dem Verdunsten des Äthers und Auflösen des geringen Rückstandes in wenigen Tropfen salzsäurehaltigen Wassers mit Wismutjodidjodkalium und auch mit Goldchloridlösung deutliche Reaktion zu liefern.

Destillationsversuche: Je 0,1 g Solanin und Solanidin wurden in sehr wenig Eisessig gelöst, diese Lösung mit 100 ccm Wasser sofort verdünnt, hierauf mit Sodalösung alkalisiert und mit Wasserdampf der Destillation unterworfen. Es wurden je 400 ccm Destillat gesammelt. Bei der Destillation des Solanins war große Vorsicht erforderlich, da diese Lösung sehr stark schäumte. Die erhaltenen Destillate wurden hierauf mit Salzsäure sehr schwach angesäuert und bei mäßiger Wärme bis auf etwa 1 ccm eingedampft. Dieser Rückstand wurde schließlich, wie oben angegeben, mit Wismutjodidjodkaliumlösung und mit Goldchloridlösung geprüft. Solanidin gab hierbei mit beiden Reagentien deutliche Reaktionen; Solanin lieferte nur mit Wismutjodidjodkalium eine schwache Trübung.

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß sowohl Solanin als auch Solanidin bei der Destillation mit Wasserdämpfen ein Destillat liefern, welches geringe Mengen von Alkaloid enthält.

Die kleinen Mengen von Alkaloid, welche bei der Untersuchung der normalen Kartoffel in dem Destillat gefunden wurden, dürften daher, wenigstens zum Teil, auf Solanin und Solanidin zurückzuführen sein.

β) Pfropfungen $\frac{\text{Nicotiana Tabacum}}{\text{Nicotiana affinis}}$.

a) Normale Pflanzen von N. affinis und N. Tabacum.

Nr. 2. N. affinis. Untersucht nach Methode I.

A. Blätter. Die Blätter jeder Pflanze wurden für sich untersucht.

Die bei 100° getrockneten Blätter

der	Pflanze	a)	enthielten	0,0213 %	Nikotin
„	„	b)	„	0,0634 %	„
„	„	c)	„	0,04653 %	„
„	„	d)	„	0,07868 %	„
„	„	e)	„	0,05217 %	„
„	„	f)	„	0,0660 %	„
„	„	g)	„	0,04151 %	„
„	„	h)	„	0,0583 %	„
„	„	i)	„	0,0627 %	„
		Durchschn. =		0,0545 %.	

B. Unterirdische Achsen und Wurzeln.

Zuerst wurden die unterirdischen Teile von vier Individuen gesondert untersucht. Die Prozentzahlen beziehen sich auf bei 100° getrocknetes Material. Untersucht nach Methode I.

Achse	+	Wurzel	der	Pflanze	a)	enthielt	0,043 %	Nikotin
„	+	„	„	„	b)	„	0,02878 %	„
„	+	„	„	„	c)	„	0,03526 %	„
„	+	„	„	„	d)	„	0,03124 %	„
						Durchschnitt =	0,0346 %.	

Ferner wurden nun von den unterirdischen Teilen von sechs Pflanzen die Wurzeln und Achsen getrennt und jede Portion für sich untersucht.

Die Wurzeln von sechs Pflanzen, die pulverisiert, gemischt und bei 100° getrocknet worden waren, enthielten 0,0319 % Nikotin.

Die Achsen von sechs Pflanzen, in gleicher Weise behandelt, enthielten 0,0249 % Nikotin.

Es ergab sich also folgendes: Der Nikotingehalt der Blätter der als Unterlage benutzten Pflanze betrug im Durchschnitt 0,054 % und variierte zwischen 0,021 und 0,078 %. Der Nikotingehalt der Wurzeln betrug im Durchschnitt 0,032 %, der der Achsen 0,025 %, der Durchschnitt von (Achsen und Wurzeln) hiernach also 0,028 %.

Der Nikotingehalt von (Achse + Wurzel), direkt bestimmt, betrug im Durchschnitt 0,0346 %. Aus allen Bestimmungen ergibt sich der Durchschnittsgehalt an Nikotin von (Achse + Wurzel) 0,0313 %. Der Gehalt an Nikotin schwankte bei der (Achse + Wurzel) zwischen 0,028 und 0,043 %.

Dieser Gehalt entspricht in der Tat auch den Angaben von Grafe und Linsbauer (pag. 368) nach Preissecker (Fachl. Mitt. d. k. k. österr. Tabakregie, Wien 1902, Heft 1). Danach enthalten die Blätter vom N. affinis 0,048, von geköpften Exemplaren 0,078 % Nikotin.

Nr. 3. Nicotiana Tabacum. Methode I.

Das aus den Blättern von 10 Pflanzen hergestellte, bei 100° getrocknete Pulver ergab bei der ersten Bestimmung 0,12636 % (Methode I), bei einer zweiten 0,1220 % (Methode II), also im Mittel 0,1242 % Nikotin.

Das bei 100° getrocknete Pulver der unterirdischen Achsenteile und Wurzeln von 10 Pflanzen enthielt 0,11718 % Nikotin (Methode II). Es zeigte sich also, daß der Nikotingehalt der als Pfropfreis benutzten Pflanzen ein ungewöhnlich geringer ist. Aber wir werden sehen, daß dieses Verhältnis gerade Schlüsse ermöglicht, die bei alkaloidreichen

Pflanzen nicht möglich gewesen wären. Grafe und Linsbauer (1906, pag. 370) benutzten N. Tabacum von ungefähr 4 % Nikotingehalt.

b) Nicotiana Tabacum auf Nicotiana affinis.

Nr. 4. Gewöhnliche Pfropfung (Methode I).

Die bei 100° getrockneten verschiedenen Teile der Pfropfung enthielten Nikotin:

a) N. Tabacum-Blätter	0,0379 %
b) N. Tabacum-Achse	0,0251 %
c) N. Tabacum-Blütenstand	0,0991 %
d) N. affinis-Achse	0,1321 %
e) N. affinis-Wurzel	0,0471 %.

Nr. 5. Pfropfung, bei der 8 Tage lang nur die Blattstiele und Mittelnerven an dem Reis geblieben. Methode I.

a) N. Tabacum-Spreite	0,0337 %
b) N. Tabacum-Stiel und Hauptnerv	0,1264 %
c) N. Tabacum-Achse	0,0335 %
d) N. affinis-Achsenstücke	0,5440 %
e) N. affinis-Wurzel	0,1781 %

Nr. 6 und 6a. Pfropfungen, die eine Zeit lang verdunkelt wurden, deren Blätter teilweise abgestoßen waren. Methode II.

a+*c* Nicotiana Tabacum-Achse	0,0248 %.
b+*d* N. affinis-Achse	0,133 %.

Nr. 7. Durchschnittsuntersuchung mit den je gemischten Teilen von sieben Pfropfungen.

a) N. Tabacum-Blätter,	Methode	II	0,0040 %
b) N. Tabacum-Achse	„	II	0,0723 %
c) N. affinis-Achse	„	II	0,0749 %
d) N. affinis-Wurzel	„	IV	0,0251 %.

Diese Untersuchungen beweisen nun einwandfrei zuerst, daß in der Tat, wie schon Grafe und Linsbauer in ihren nicht einwandfreien und deshalb nicht als Beweismaterial brauchbaren Untersuchungen fanden, das Alkaloid in größerer Menge in Nicotiana affinis-Pflanzen auftritt, welche als Unterlage für ein Reis von Nicotiana Tabacum dienen, als in Normalpflanzen von Nicotiana affinis.

Denn wir sahen, daß der Alkaloidgehalt der untersten Achsenstücke der von uns benutzten Nicotiana affinis, wie sie als Unterlage in Betracht kommen, 0,025 % betrug. Der Durchschnittsgehalt von Achse und Wurzel betrug 0,03, der Gehalt schwankte zwischen 0,028 bis 0,043 %. Wir können also annehmen, daß eine Achse unserer Unterlagen höchstens 0,05 % Nikotin enthalten haben kann. Der Nikotin-

gehalt der Blätter betrug ja auch im Durchschnitt nur 0,05 % und schwankte zwischen 0,02 und 0,08 %.

Bei Versuch Nr. 4 fanden wir aber in der Achse der Unterlage 0,13 %, bei Versuch Nr. 5 0,54 % und in der Wurzel 0,18 %, bei Versuch Nr. 6 und 6a 0,133 %. Vorzüglich beweist das Gesagte auch der Versuch Nr. 7, der mit reichlicherem Material unternommen wurde und den Durchschnitt von sieben Fällen darstellt. Während die Achsen der Normalpflanzen im Durchschnitt höchstens 0,05 % Nikotin enthalten, fanden wir in der als Unterlage dienenden Achse 0,075 %.

Ferner zeigen uns die Versuche Nr. 4 und 5 auch klar, daß sich in der von vornherein alkaloidarmen Unterlage mehr Alkaloid in einer größeren Konzentration ansammeln kann, als die ist, in der es in dem Reis vorkommt. Bei Nr. 4 finden wir in der Achse von N. Tabacum 0,025 %, in dem Achsenstücke der Unterlage 0,13 %, bei Nr. 5 0,03 % gegen 0,54 %, bei Nr. 6 0,025 gegen 0,13 %, bei Nr. 7 allerdings nur 0,072 gegen 0,075 %.

Interessant ist das Resultat des Versuchs Nr. 5.

Wir wissen durch die unter unserer Leitung angestellten Versuche von Feldhaus, daß Blattstiele, welche an der Pflanze stehen bleiben, Alkaloid verlieren. Es zeigt sich nun, daß gerade die Pfropfung, welche solche Blattstiele trug (Nr. 5) sehr viel Alkaloid in der Unterlage enthielt. Die Achse der normalen Pfropfung Nr. 4 enthielt 0,13 %, die der Nr. 5 0,54 % Nikotin.

Versuch Nr. 6 lehrt uns, daß die Verdunkelung auf die Ansammlung der Alkaloide in der Unterlage nicht besonders fördernd einwirkt.

Im Versuch Nr. 4 fanden wir für Pfropfungen, deren nicht verdunkeltes Reis bei der Ernte schon gelbliche Blätter hatte:

in der Achse des Reises	0,025 %
„ „ „ der Unterlage	0,132 %.

Bei der verdunkelten Pflanze des Versuches Nr. 6:

in der Achse des Reises	0,025 %
„ „ „ der Unterlage	0,133 %.

Versuch Nr. 7 zeigt, daß in der Unterlage das Alkaloid am reichlichsten in der nächsten Nähe der Pfropfstelle enthalten ist. In der Achse der Unterlage fanden sich 0,075, in der Wurzel nur 0,025 % Nikotin.

Bei Nr. 4 finden wir in den gleichen Organteilen 0,13 % und 0,05 %. Bei Nr. 5 0,544 % und 0,18 %.

Es findet sich also stets eine Beeinflussung der Unterlage durch das Reis in dem Sinne, daß in der Unterlage mehr Alkaloid erscheint

als es dem Normalgehalte entspricht. Diese Beeinflussung scheint am stärksten durch solche Reiser zu geschehen, denen die Spreitenteile der Blätter genommen, denen die Blattstiele gelassen wurden.

Zugleich machten wir die merkwürdige Erfahrung, daß die auf N. affinis gepfropften Nicotiana-Reiser weniger Alkaloid enthalten als gleiche normale Sprosse der Nicotiana-Pflanze.

Die Blätter und Achsen der normalen Pflanzen von N. Tabacum (Nr. 3) enthalten 0,124 % Nikotin, während in den Reisern von N. Tabacum meist viel weniger zu finden war. Nr. 4: Blätter 0,038, Achse 0,025; Nr. 5: Stiel und Mittelnerv 0,126 %, Spreite 0,034 % und später Nr. 9: 0,0162 %; Nr. 6: Achse 0,025 %. Leider wissen wir nichts über die Variation des Gehaltes der Individuen unseres N. Tabacum an Nikotin und können deshalb nicht mit Sicherheit auf eine Beeinflussung des Reises durch die Unterlage in dem Sinne, daß die als Reiser auf einer Unterlage von N. affinis benutzten Zweige von N. Tabacum weniger Nikotin enthalten als die Zweige der gleichen im Boden wurzelnden Pflanze, schließen.

Aus den Erfahrungen, die wir mit den Pfropfungen $\frac{\text{N. Tabacum}}{\text{N. affinis}}$ gemacht haben, können wir nicht ohne weiteres schließen, daß eine Einwanderung von Alkaloid aus dem Reis in die Unterlage stattgefunden habe, da ja auch das Reis auf die Unterlage einen Reiz ausgeübt haben könnte, welcher letztere zur erhöhten Alkaloidproduktion angeregt haben könnte. Immerhin macht es das Resultat des Versuches Nr. 5, welches zeigte, daß die Entfernung der Spreite der Blätter eine starke Erhöhung des Alkaloidgehaltes der Unterlage bewirkte, wahrscheinlich, daß es sich um Einwanderung von Alkaloid aus dem Reis in die Unterlage handelt. Sollte es sich bestätigen, daß die Verbindung des Reises von N. Tabacum mit der Unterlage von N. affinis die Alkaloidmenge des Reises herabmindert, so wäre auch hierdurch wahrscheinlich gemacht, daß die Unterlage gleichsam ansaugend auf das Alkaloid des Reises wirken kann.

γ) Pfropfungen von $\frac{\text{Nicotiana Tabacum}}{\text{Solanum tuberosum}}$, ausgeführt 1908.

a) Normale Kartoffelpflanzen.

Nr. 8. Normale Kartoffelschalen. Methode III.

100 g frische Kartoffelschalen (in Spiritus aufbewahrt) lieferten bei der Untersuchung auf Nikotin so viel Salzsäure neutralisierende Base, daß daraus auf 0,002511 g Nikotin geschlossen werden konnte. —

100 g frischer Schalen sind ungefähr 18 g bei 100° getrockneter Schale. Danach wäre der scheinbare Nikotingehalt auf 0,014 % zu schätzen.

Nr. 8a. Normale Kartoffelachse.

Unterirdische Stücke der Laubsprosse von normalen Kartoffelpflanzen mit Wurzel, den Achsenstücken der als Unterlage dienenden Kartoffelpflanzen in Größe und Ausbildung entsprechend. Frischgewicht 58 g; Trockengewicht 21,5 g. In Arbeit genommen 10 g. Alkaloid (als Nikotin berechnet) 0,0259 % (nach Methode II); 0,0178 % (Methode IV).

b) Nicotiana Tabacum auf Solanum tuberosum.

Nr. 9. Pfropfung $\frac{\text{Nicotiana Tabacum}}{\text{Solanum tuberosum}}$ zur Blütezeit geerntet. Sehr gut gewachsen. Methode II.

a) N. Tabacum-Blätter	0,0162 %	Nikotin	
b) N. Tabacum-Achse	0,0385 %	„	
c) S. tuberosum-Achse	0,0903 %	„	
d) S. tuberosum-Kartoffelknollen	0,0138 %	„	(Methode IV)
e) S. tuberosum-Nebenwurzel	0,0607 %	„	

Alle Prozentzahlen auf Trockensubstanz bezogen.

Nr. 10. Sehr gut gewachsene Pfropfung $\frac{\text{Nicotiana Tabacum}}{\text{Solanum tuberosum}}$ etwas nach der Blütezeit geerntet.

a) Solanum tuberosum: unterer Teil der Achse der Unterlage; ein oberes Stück war zu mikrochemischen Versuchen benutzt worden. Frischgewicht 17 g, Methode IV, 0,00080 g Nikotin. Prozente des Frischgewichts 0,0047 % (nach Versuch Nr. 8a würde das Trockengewicht 6,3, daher der Alkaloidgehalt, bezogen auf Trockengewicht, 0,013 % betragen.

b) Solanum tuberosum-Nebenwurzeln, Methode IV, Frischgewicht 8 g. Kein Nikotin nachweisbar (Menge des Materials zu gering!).

c) *α*) Solanum tuberosum-Knollenschalen, Methode IV, Frischgewicht 42 g; 0,00219 g Nikotin; Prozente des Frischgewichts 0,0052 %.

β) Solanum tuberosum-Knolleninneres, Methode IV, Frischgewicht 750 g; 0,003645 g Nikotin; Prozente des Frischgewichts 0,00048 %.

Nun zeigte es sich, daß die Kartoffelschale (eine andere Portion) 18 % Trockensubstanz lieferte, folglich enthielten die Knollenschalen an Nikotin in Prozenten des Trockengewichts 0,029 %.

δ) Propfungen $\frac{\text{Nicotiana Tabacum}}{\text{Solanum tuberosum}}$, ausgeführt 1909.

a) Normale Tabakpflanzen von Ekbolsheim.

Nr. 12. Normaler Tabak aus Ekbolsheim. Methode II.
Spreitenhälften der Laubblätter 0,438 % Nikotin;
Mittelnerven 0,16 % Nikotin.

Hier haben die Mittelnerven weniger Nikotin als die Spreitenhälften, während in dem Versuche Nr. 5 die Sache umgekehrt war. Man muß hierbei beachten, daß bei Nr. 5 die Mittelnerven und Spreiten gesondert getrocknet wurden, während bei Nr. 12 erst nach dem Trocknen der ganzen Blätter Mittelnerv und Spreite gesondert wurden. Die Frage ist also offen, wie sich die Differenz der beiden Fälle erklären läßt.

b) Nicotiana Tabacum auf Solanum tuberosum.

Nr. 13. Kümmerlich gewachsene Pfropfungen $\frac{\text{Nicotiana Tabacum}}{\text{Solanum tuberosum}}$ Ekbolsheim. Methode II und IV.

a) N. Tabacum-Achse ohne Blätter (in Arbeit genommen 10 g), nach Methode II 0, 04698 %, nach Methode IV 0,04455 %.
b) N. Tabacum-Pfropfstelle 0,141 % Alkaloid nach Methode II; nach Methode IV 0,141 %.
c) S. tuberosum-Achse 0,03163 % nach Methode II; nach Methode IV 0,005 %.

Die Erfahrung, daß bei der Destillation usw. von normalen Kartoffelschalen etwa 0,014 % (Versuch Nr. 8) und bei der der Achse ungefähr 0,018 % (Versuch Nr. 8a) flüchtige Basen erhalten werden, macht es wünschenswert, daß der Nachweis geliefert wird, daß das, was aus S. tuberosum-Unterlagen mehr als 0,018 % an Alkaloid gewonnen wurde, wirklich Nikotin ist. Es wurden deshalb folgende Untersuchungen angestellt:

1. Die Alkaloide, welche bei der Untersuchung der als Unterlage benutzten Kartoffel und der Schalen (Versuch Nr. 9 und 10) zur quantitativen Bestimmung gelangten, wurden aus den miteinander vereinigten Flüssigkeiten wieder isoliert. Die schwachsaure Lösung derselben ergab, bei mäßiger Verdünnung, mit Goldchloridlösung eine schwache, mit Wismutjodidjodkalium eine etwas stärkere Fällung. Mit dieser Substanz wurde eine physiologische Untersuchung durch Herrn Professor Gürber ausgeführt. Er versuchte die Peristaltik erregende Wirkung der Lösung auf die Serosa des Froschmagens und auf Mäuse- und Kaninchendarm, sowie die Aufhebung des Muskarinstillstandes des

Froschherzens, was alles auch reines Nikotin leistete, zur Charakterisierung des Nikotins zu verwenden, doch zeigte es sich, daß manche völlig nikotinfreien Pflanzenauszüge ganz ähnliche Wirkungen ausübten wie das Nikotin, so daß eine einwandfreie Beantwortung der Frage, ob das gewonnene Alkaloid Nikotin sei, auf diesem Wege nicht möglich war.

Das Alkaloid der Unterlage wirkte übrigens „nicht stark auf den Froschmagen, deutlicher auf den Mäusedarm und blieb auf das Froschherz ohne Wirkung".

Aus den Resultaten der Untersuchungen mit den Pfropfungen $\frac{\text{N. Tabacum}}{\text{S. tuberosum}}$ geht jedoch mit genügender Sicherheit hervor, daß ein Tabakalkaloid durch die Pfropfstelle hindurch zu wandern vermag, wenn die Pfropfung sehr gut gelungen, das Reis fast zur normalen Größe der normalen Pflanze herangewachsen ist. Versuch Nr. 9 zeigte in der Achse des Tabakreises 0,016 %, in der kurzen Achse der Unterlage 0,09 % Nikotin. Wenn man von diesem letzteren Prozentgehalt auch den in Versuch Nr. 8a für die normale Achse der Kartoffel gefundenen Prozentgehalt abzieht, so bleibt doch noch ein großes Plus von flüchtigem Alkaloid, und es wäre vorläufig, nach den Erfahrungen mit den Datura-Alkaloiden, nicht angebracht, anzunehmen, es sei nicht aus dem Reis eingewandert.

Aber der Versuch Nr. 13 zeigt auch klar, daß die Einwanderung von Nikotin nicht stattfindet, wenn die Pfropfung schlecht gelungen, die Reiser schlecht gewachsen sind. Es fand sich ja in der Achse der Unterlage nur 0,03 % nach Methode II und 0,005 % nach Methode IV, was bei Berücksichtigung der Resultate des Versuchs Nr. 8a = 0 zu setzen ist.

Daß sich die Alkaloide des Tabakreises an der Basis anhäufen, geht aus den Versuchen Nr. 9 und 13 hervor. Bei Nr. 9 finden wir in den Blättern 0,016 %, in der Achse 0,038 % Nikotin; bei Nr. 13 enthält der obere Teil der Achse 0,047 %, die Pfropfstelle aber 0,14 % Nikotin.

Dafür, daß sich das Alkaloid, welches aus dem Reise in die Unterlage einwandert, im oberen Teile der Unterlage ansammelt und mit der Entfernung von dort in immer geringerem Grade angehäuft wird, spricht der Versuch Nr. 9. Dort findet sich in der Achse der Kartoffelpflanze, welche als Unterlage diente, 0,09 %, in den Nebenwurzeln der Achse 0,06 %, in der Kartoffelknolle 0,014 % Alkaloid. Bei Berücksichtigung der Versuche Nr. 8 und Nr. 8a würde man schließen, daß in das kurze Achsenstück viel Nikotin, weniger in die Nebenwurzeln, fast nichts in die Knollen gelangt sei.

Bemerkenswert sind für uns noch folgende Resultate. Aus dem Versuch Nr. 10 geht zuerst hervor, daß in der Kartoffelschale, welche das Periderm enthält, an sich relativ viel mehr Alkaloid (Solanin und Solanidin) vorkommt, als in dem Kartoffelinnern, ja mehr als im unteren Teile der Achse der Unterlage.

Es enthielt:

die Knollenschale	0,005 % des Frischgewichts, 0,03 % des Trockengewichts;
das Kolleninnere	0,0005 % des Frischgewichts;
der untere Achsenteil	0,005 % des Frischgewichts, 0,013 % des Trockengewichts.

Ferner geht daraus hervor, daß in den unteren Achsenteil und die Knollenschale der Unterlage hier nur sehr wenig Alkaloid eingewandert ist. Die normale Knollenschale enthält 0,014 % (Methode III), die Knollenschale des Versuchs Nr. 10 0,03 % (Methode IV), der untere normale Achsenteil höchstens 0,018, hier aber 0,013 % Alkaloid.

Auffallend ist zuletzt in Versuch Nr. 13 wieder der relativ geringe Gehalt der Achse des Reises von N. Tabacum Ekbolsheim an Alkaloid. Dem Gehalt der Achse von 0,0470 % steht der Gehalt der Blätter (Versuch 12) der Normalpflanzen an 0,44 % Nikotin gegenüber. Also auch hier scheint es, als beeinflusse die Unterlage den Alkaloidgehalt des Reises ungünstig.

C. Mikrochemische Untersuchung des Materials.

Wir haben es mit der mikrochemischen Untersuchung dreier Pflanzen zu tun: Solanum tuberosum, Nicotiana Tabacum und Datura Stramonium.

Als Reagens zum Nachweis der Alkaloide benutzten wir Jodjodkalium oder Kaliumwismutjodid. Ersteres hat die Zusammensetzung: 1 g Jod + 1 g Jodkalium + 200 g Wasser, dazu etwas Jod im Überschuß. Das Kaliumwismutjodid wurde nach Kraut (Liebig's Annalen der Chemie, 1881 Bd. CCX, pag. 310) hergestellt; dem 1 + 20 verdünnten Reagens wurde etwas Jod hinzugefügt, damit es dauernd mit Jod gesättigt wäre.

Solanum tuberosum enthält hauptsächlich ein Glykoalkaloid, das Solanin, welches mit den beiden Reagentien, in konzentrierter Lösung auch mit Goldchlorid, einen Niederschlag bildet.

Ferner enthält es aber auch noch ein Alkaloid, das Solanidin. Morissen und Grosjean (Bull. Acad. roy. belg. (3), 1890 Tome XIX, 1, pag. 245), fanden in den Sprossen der Kartoffel 1,5 % freies Solanidin.

Molle (1895, pag. 41) hat schon nachgewiesen, daß in bestimmten Zellen der Kartoffel nicht nur durch Jodjodkalium und Kaliumqueck-

silberchlorid, sondern auch durch Pikrinsäure und Goldchlorid ein Niederschlag entstehen kann, und es ist anzunehmen, daß diese Niederschläge teilweise vom Solanin, teilweise vom Solanidin herrühren. Wenn wir weiter bei der Kartoffel von „Alkaloid" reden, so meinen wir beide Stoffe.

Molle bildet in Fig. 12 braune Niederschläge in den lebenden Zellen des Periderms ab, die augenscheinlich mit einem Jodpräparate hervorgerufen worden sind. Nach seiner Fig. 11 würde er in jungen Wurzelanlagen Alkaloid gefunden haben, und von den uns interessierenden Organen sagt er bezüglich der alten oberirdischen Achsen (pag. 42) folgendes:

„Les parties âgées de la tige ne contiennent de solanine que dans les ébauches des organes en voie de formation." Und von den Knollen (pag. 43): Pendant leur développement, les tubercules se comportent d'abord comme des tiges étiolées, c'est-a-dire que très jeunes, ils renferment dans l'épiderme, de même que dans toutes les cellules de la moelle et de l'écorce, une grande quantité de solanine. Mais dans la suite, elles se localisent dans l'épiderme ou les cellules les plus internes du liège qui en provient, tant que celles-ci ne sont pas subérifiées, et de moins en moins dans quelques (4—5) cellules sous-jacentes. On en trouve encore assez abondamment dans les cellules arrondies des lenticelles. Au voisinage des yeux, la solanine se comporte comme aux points végétatifs, remplissant les ébauches foliaires et s'accumulant dans le parenchyme médullaire situé sous les cellules méristématiques. Toutes les cellules de ce méristème en repos renferment de la solanine".

Die Untersuchung von Basen oberirdischer Achsen, welche den Unterlagen unserer Pfropfungen glichen, zeigte, daß in diesen durch unsere Reagentien kein Niederschlag hervorgebracht wurde. Dagegen ließ sich in den lebenden Peridermzellen der Ausläufer, an denen die Kartoffeln entstanden, und der jüngeren und älteren Kartoffeln stets Alkaloid mit unseren Reagentien nachweisen.

Auf den nachgewiesenen Alkaloidgehalt der Kartoffelpflanze ist bei unseren mikrochemischen Untersuchungen stets Rücksicht genommen worden.

Datura Stramonium enthält in der älteren Achse, auf welche es uns hier allein ankommt, ziemlich reichlich Alkaloid. Feldhaus (Dissertation, Marburg 1903) fand unter unserer Leitung in der Achse folgenden Alkaloidgehalt:

Lebende Rinde . .	0,054 %
Lebendes Holz . .	0,038 %
Lebendes Mark . .	0,073 %.

Wie schon früher gesagt, besteht die Hauptmasse des „Alkaloids" aus Hyoscyamin; Atropin und Scopolamin, wohl auch etwas Apoatropin, sind daneben in kleinen Mengen vorhanden. Alle drei Alkaloide geben selbstverständlich mit den beiden Reagentien Niederschläge. Jodjodkalium liefert mit Hyoscyamin hellbraune Niederschläge, mit Atropin einen mehr violettbraunen Niederschlag. Diese Niederschläge entstehen auch in mit Zitronensäure oder Apfelsäure stark angesäuerten Flüssigkeiten. Wie wir sehen werden, bilden sich die Alkaloidniederschläge mittelst Jodjodkalium in vielen Zellen der Rinde und des Holzes, in denen das Alkaloid sehr konzentriert ist, sehr schön. Man legt die Schnitte am besten 5 Minuten in einen Tropfen der Jodjodkaliumlösung und wäscht sie dann in einem Uhrglase voll Wasser schnell ab, ehe man beobachtet. Für die Reaktion mit Kaliumwismutjodid ist das Auswaschen mit Wasser nicht zu empfehlen.

Während in einer Lösung von Hyoscyamin von 0,07 % durch Jodjodkalium ein reichlicher Niederschlag entsteht, gelingt es nicht in den Markzellen von Datura, welche doch nach Feldhaus mindestens eine Alkaloidlösung gleicher Konzentration enthalten, einen deutlichen Alkaloidniederschlag zu erhalten. Es ist anzunehmen, daß irgend ein Körper die Reaktion etwas stört, so daß der Niederschlag nur in den vorher erwähnten Zellen entsteht, deren Alkaloidlösung konzentrierter ist. Nicotiana Tabacum enthält wesentlich Nikotin. Als Begleitalkaloide kommen nach Pictet und Retschy[1]) (1901) sehr kleine Mengen von Nikotin, Nikotimin und Nikotellin vor. Nikotin ist in relativ großer Menge (meist 0,5—1 %) in der Pflanze vorhanden. Das Nikotin gibt mit Jodjodkalium einen meist tropfenförmigen, violetten bis braunen Niederschlag, der sich in mit organischen Säuren angesäuerten Lösungen ebenso bildet. Der in den Zellen durch Jodjodkalium entstandene Niederschlag widersteht der Auswaschung durch Wasser schlecht. Der durch Kaliumwismutjodid in den Zellen hervorgerufene Niederschlag verändert sich in Chloraljod kaum, in Chloralhydratlösung nur langsam, so daß man mit diesen Reagentien die Präparate nach Hervorrufung des Niederschlages aufhellen kann.

Untersuchung der Pfropfstelle von $\frac{\text{Datura Stramonium}}{\text{Solanum tuberosum}}$.

Im oberen Teile der Hauptachse des Reises fand sich das Alkaloid in einigen Hypodermis- und Epidermiszellen, es fehlte im Außenrindenparenchym und trat allgemein und reichlich in den Markstrahlzellen

1) Berichte d. chem. Ges. 1900, pag. 2353.

der Rinde und des Holzes auf. Wenig Alkaloid lag in einzelnen gestreckten Zellen der Rindenstränge, welche den Markstrahlen direkt anlagen. Frei von Alkaloid waren die Siebröhren.

In der angeschwollenen Überwallungs- und Verbindungsregion der Datura-Achse (bei *D*, Fig. 1) ist Periderm entstanden. Die Rinde, besonders die Außenrinde, ist relativ dick geworden. In der Phellodermschicht des Periderms lag reichlich Alkaloid. Es hatte den Anschein, als ob alle oben genannten Parenchymzellen des Holzes und der Rinde hier viel reichlicher Alkaloid enthielten als in den normalen Teilen der Achse. Dazu kam, daß auch in dem Parenchym der Außenrinde in den untersten Rindenpartien des Pfropfreises Alkaloid lag. Demgegenüber erschien es — wie gesagt — sonderbar, daß sich an keiner Stelle des Markes deutlich Alkaloid nachweisen ließ.

Die Unterlage, die Achse der Kartoffel, erwies sich mit unseren Reagentien im allgemeinen mikrochemisch alkaloidfrei. Nur an einer Stelle fand sich in der untersuchten Pflanze etwas Alkaloid.

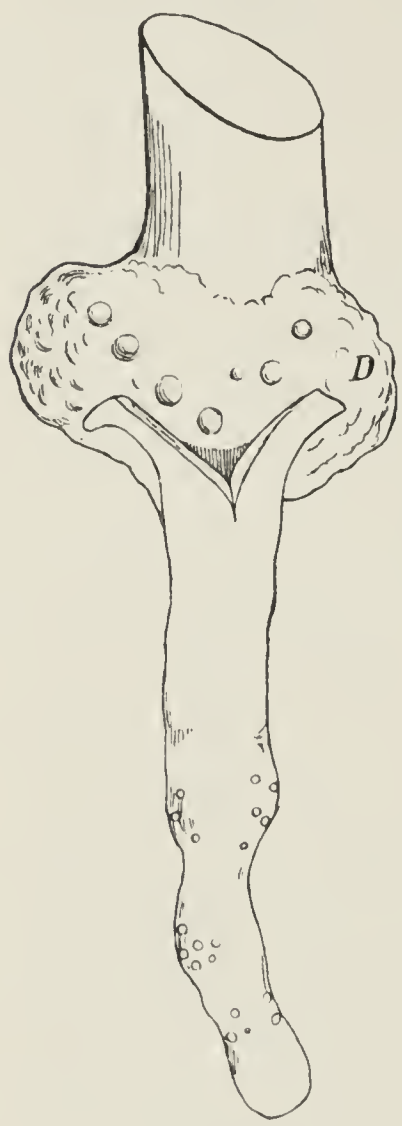

Fig. 1.

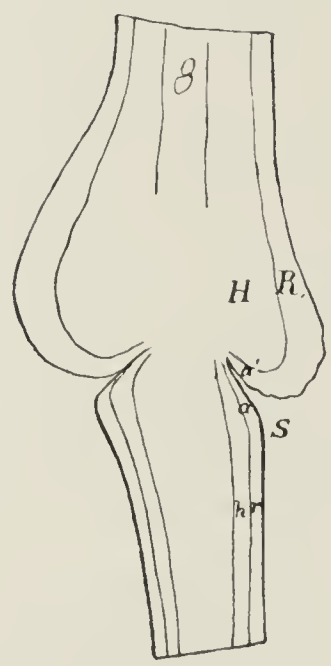

Fig. 2.

Die Pfropfung hatte, da das Reis dünner war als die Unterlage, einseitig in den Spalt stattgefunden. Die Verwachsung war anscheinend im Holze überall eine vollkommene, während wir wohl zufällig an keiner der untersuchten Stellen eine Verbindung der beiden Rinden fanden, die danach relativ schmal sein mußte. Ein parallel zum Spalte der Unterlage lage geführter Längsschnitt lieferte die in Fig. 2 skizzierte Schnittfläche. Bei *S* würde die Spitze des Spaltes gelegen haben. Das Holz der Datura (*H*) ist hier mit dem Holze der Kartoffel (*h*) verbunden: die Rinden *R* und *r* stoßen aneinander, ohne hier miteinander verwachsen zu sein. Die Datura-Achse war mit einer regelmäßigen, die Kartoffelachse mit einer unregelmäßigen Peridermschicht bedeckt; ungefähr bei *a* und *a'* lagen die beiden Periderme aufeinander. Es zeigte sich nun, daß in der Nähe des Periderms der Datura nicht nur im Phelloderm,

sondern auch im Parenchym reichlich Alkaloid lag. Auch in einzelnen Phellodermzellen des Kartoffelperiderms lag ziemlich reichlich Alkaloid, und ich konnte in Längsschnitten noch 1 cm unter der Berührungsstelle der beiden Periderme in einzelnen Phellodermzellen der Kartoffelachse noch relativ reichlich Alkaloid nachweisen. Einen großen Wert kann man auf den gegenüber dem Alkaloidgehalt der normalen Kartoffel anscheinend etwas reichlichen Alkaloidgehalt der Peridermzellen bei der benutzten Kartoffel nicht legen, da die Differenzen nicht groß genug waren, um als sichere Grundlage für den Schluß zu dienen, daß Hyoscyamin zugewandert sei.

Untersuchung der Pfropfstelle $\frac{\text{Nicotiana Tabacum}}{\text{Datura Stramonium.}}$

Nicotiana Tabacum eignet sich für die mikrochemischen Versuche viel besser als Datura, weil das Alkaloid in den Zellen besser nachweisbar und in größerer Menge in den einzelnen Zellen vorhanden ist. Untersucht man die Hauptachse der Tabakpflanze 20 cm über der Pfropfstelle, so findet man folgendes: Das Alkaloid liegt sehr reichlich in der Außenrinde. Die Hypodermiszellen und sehr viele Parenchymzellen enthalten große Mengen von Alkaloid. Auch die sekundäre Rinde ist reich an Alkaloid. Am reichlichsten findet sich dasselbe in langgestreckten Parenchymzellen, welche in den Rindensträngen liegen. Weniger auffällig tritt der Alkaloidgehalt der von Stärke erfüllten Markstrahlzellen hervor. Siebröhren und Geleitzellen scheinen wieder völlig frei von Alkaloid zu sein. Das Mark enthält größere Mengen von Alkaloid nur in den dem Holze anliegenden Zellen, und die Markstrahlen des Holzes sind auch nur im inneren Teile reich an Alkaloid.

Bei einer Pfropfung untersuchten wir die Achse dicht über der Pfropfstelle. Der Gehalt der Zellen an Alkaloid war wohl im allgemeinen etwas reicher. Vorzüglich waren die Zellen des hier relativ dünnen Markes reicher an Alkaloid, und manche längsgestreckte Parenchymzellen des Holzes traten durch ihren starken Alkaloidgehalt hervor. Dafür erschienen die Markstrahlen relativ arm an Alkaloid. Wir möchten darauf aufmerksam machen, daß bei Hyoscyamus niger die Verhältnisse ganz gleich liegen, bis auf das Verhalten des Markes. Siim-Jensen (1901, pag. 82) hat unter der Leitung des einen von uns die Lagerung der Alkaloide in der sekundär verdickten Achse von Hyoscyamus niger untersucht und sagt darüber folgendes:

„In der Epidermis erhielt ich in einzelnen Zellen eine sehr schwache nur auf eine Spur von Alkaloid deutende Reaktion. In der

primären Rinde enthalten einige Parenchymzellen ganz beträchtliche Mengen von Alkaloid, andere weniger oder gar nichts; überhaupt ist es hier ganz unregelmäßig verteilt. In den Rindensträngen befindet sich das Alkaloid unregelmäßig verteilt im Parenchym; am meisten enthalten die den eigentlichen Siebelementen zunächst liegenden Zellen. Bei den inneren, an das Mark grenzenden Siebsträngen ist die Verteilung dieselbe. In den Siebröhren und den Geleitzellen war kein Alkaloidniederschlag wahrzunehmen. In den Markstrahlen von Rinde und Holz traten in den meisten Zellen starke Alkaloidniederschläge auf. Das Mark enthielt sehr reichliche Alkaloidmengen, jedoch in unregelmäßiger Verteilung. Es scheint als ob die Alkaloide mit dem Abstande von den Siebsträngen an Menge abnehmen." Er weist darauf hin, daß seine Beobachtungen mit denen Molle's (1895, pag. 11) nicht übereinstimmen.

Wie wir schon früher bemerkt haben, hatte die Pfropfung mit einem relativ dünnen Reis in den Spalt eines etwas dickeren Kartoffelsprosses stattgefunden, und war das Reis seitlich eingesetzt worden. So hat in allen diesen Pfropfungen die Verwachsung von Rinde mit Rinde nur auf einer relativ kurzen Strecke stattgefunden. Bei einer Pfropfung hatte auch an einer Stelle Verwachsung von Rinde und Mark stattgefunden. Auf der Seite in die das Reis eingesetzt worden war, an der also auch die Rinden miteinander verbunden waren, war das Holz am kräftigsten bei der Unterlage entwickelt.

In den untersuchten Fällen war nun stets sicher Alkaloid der Tabakpflanze in die Unterlage eingedrungen, bei einer Pfropfung reichlicher als bei der anderen. In allen Fällen war die Menge des in den Geweben der oberen Region der Unterlage befindlichen Alkaloides so ungemein groß, daß man nicht daran denken kann, daß die Alkaloidreaktion vom Alkaloide der Kartoffel herrühren könnte, auch das Aussehen des Alkaloidniederschlages sprach durchaus dafür, daß er mit dem Niederschlag in der Tabakpflanze identisch sei. Im allgemeinen nahm der Gehalt der Gewebe an Alkaloid in der ungefähr 10 cm langen relativen Hauptachse der Unterlage von oben nach unten zu ab. Dabei fand sich das Nikotin hauptsächlich in den Geweberegionen, welche senkrecht unter der Verwachsungsstelle der Rinden lagen, reichlich und war im allgemeinen am weitesten von der Pfropfstelle entfernt in den Phellodermzellen nachzuweisen. Bemerkenswert ist es, daß dann, wenn an einer Stelle Periderm gebildet wurde, meist auch in der Außenrinde etwas Alkaloid auftrat. Hervorzuheben ist besonders, daß Geleitzellen und Siebröhren frei von Alkaloid bleiben.

Als Beispiel für das speziellere Verhalten der verschiedenen Regionen einer Kartoffelunterlage wollen wir kurz noch die Sachlage für eine bestimmte Pflanze beschreiben. Die Skizze der Pfropfung mag die Orientierung erleichtern. Auf der linken Seite der Fig. 3 *B* liegt die Verwachsung der Rinden und die Überwallung; rechts sieht man den nicht verwachsenen Teil des Spaltes der Unterlage, in den in diesem Falle ein Bündel von Adventivwurzeln der Tabakpflanze locker hineingewachsen war. Ein bei III gemachter Durchschnitt würde ungefähr das Bild der Fig. 3 *A* geben. In dieser Figur, wie in der Fig. 3 *B* bedeutet *w* die Adventivwurzelquerschnitte, *P* Periderm. Es lag also an der ganzen linken Seite eine auf der Fläche keilförmig gestaltete Peridermschicht. Unter den Blattnarben, über denen die Reste sehr früh abgeschnittener, oberirdischer Zweige angedeutet sind, entsprangen zahlreiche Wurzeln der Kartoffelpflanze und die Kartoffeln tragenden Ausläufer, von denen nur die Schnittnarben gezeichnet sind. *a* und *a'* sind Basen von untersuchten, junge Kartoffeln tragenden Ausläufern; *w'* ist eine untersuchte Wurzel.

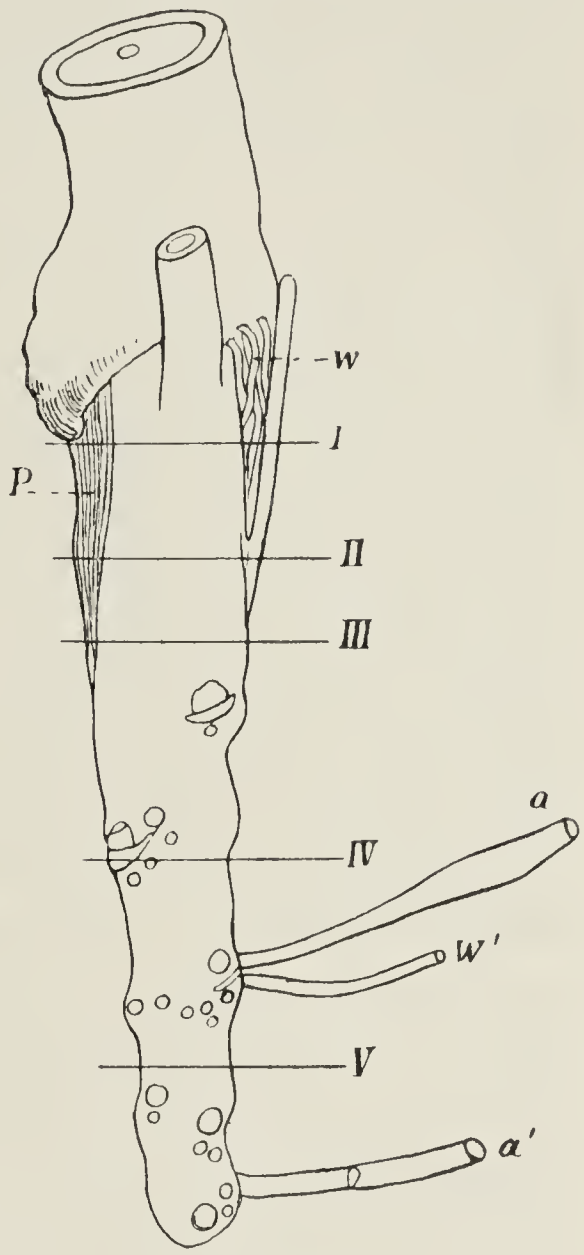

Fig. 3 *B*.

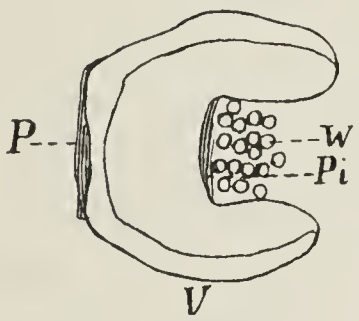

Fig. 3 *A*.

Ein Querschnitt durch die Region I der Kartoffelachse zeigte nun das folgende. Es fand sich ungemein viel Niederschlag im Phelloderm des Peridermkeiles (*P*), welcher unter der Rindenverwachsung lag. Ferner fand sich in vielen Zellen des Außenrindenparenchyms reichlich Alkaloid. In der sekundären Rinde lag in sehr vielen Parenchymzellen der Rindenstränge reichlicher Alkaloidniederschlag. Nach rechts und links von der Peridermschicht aus nahm der Alkaloidgehalt ab. In anormaler Weise hatte sich bei dieser Pfropfung auch innen ein Periderm (*Pi* Fig. 3 *A*) gebildet, und auch in dessen Phelloderm fand sich Alkaloid.

In der Region II waren Alkaloidverteilung und Alkaloidreichtum noch wesentlich die gleichen, und auch in Region III war nur eine geringe Abnahme des Alkaloidgehaltes zu konstatieren.

Im Querschnitt IV war das Alkaloid nur noch reichlich in den Phellodermzellen und in einzelnen Parenchymzellen der Rindenstränge zu finden, und im Querschnitte V war es reichlich nur im Phelloderm vorhanden. Der Querschnitt durch den an der Spitze zu einer kleinen, jugendlichen Knolle angeschwollenen Ausläufer *a* zeigte ein Periderm, in dem Alkaloid in ziemlicher Menge vorhanden zu sein schien, und in einzelnen Zellen der sekundären Rinde fand sich ein Niederschlag. Auch im Periderm der jungen, 2 cm dicken Kartoffel schien etwas reichlicher als im normalen Periderm Alkaloid zu liegen. Der Ausläufer *b* war frei von Alkaloid, besaß aber auch kein Periderm. Die Wurzel erschien alkaloidfrei. Da es unzweifelhaft ist, daß kleine Mengen eines mit Jodjodkalium nachweisbaren Alkaloids in einzelnen Regionen der Kartoffel vorkommen, haben wir eine Pflanze zum Vergleich mit einer normalen Kartoffelpflanze benutzt, um zu entscheiden, wie weit die Differenz der Reaktion geht. Die Vergleichung eines mit Jodjodkalium behandelten Querschnittes durch eine dicke Achsenbasis einer Kartoffelpflanze, die am 20. September aus dem Boden genommen worden war, mit dem ebenso behandelten Querschnitte durch den oberen Teil der Achse der als Unterlage für das Tabakpfropfreis benutzten Kartoffelpflanze zeigte, daß die normale Kartoffelachse keinen Niederschlag enthielt, der als Alkaloidniederschlag anzusehen war, daß ihre Zellen fast durchgängig homogen gelbbraun erschienen, während die als Unterlage benutzte Kartoffelachse deutliche Alkaloidniederschläge in größerer Menge enthielt. Es wurden nun Kartoffeln verschiedener Größe und verschiedenen Alters, die an der normalen Kartoffelpflanze gewachsen waren, mit analogen an der Unterlage gewachsenen verglichen. Sie zeigten folgendes: Eine ganz junge, 1,4 cm große Kartoffel von der normalen Kartoffelpflanze enthielt im Phelloderm, vielleicht auch in einzelnen Phellogenzellen deutlichen Alkaloidniederschlag. Eine gleich große Kartoffel vom obersten Internodium der Unterlage enthielt ungemein viel mehr und dunkleren Niederschlag in den gleichen Teilen. 3,5 cm lange Kartoffeln beider Arten verhielten sich genau so, nur fand sich bei der Nikotinkartoffel sogar teilweise Alkaloid in Außenrindenzellen. Selbst Kartoffeln von 9 cm Durchmesser wichen nicht wesentlich in ihren Eigenschaften von den jüngeren Kartoffeln ab. Obgleich wir glauben, daß auch im Periderm der großen Kartoffeln der Unterlage Nikotin vorkommt, so muß die Entscheidung über diese Frage doch besser der makrochemischen

Untersuchung überlassen werden. Im Periderm der alten, ausgesogenen Kartoffel, auf deren Sprossen die Pfropfung erfolgt war, fand sich kein Alkaloid.

Wenn wir allein die Resultate der mikrochemischen Untersuchung in das Auge fassen, so können wir daraus folgende Schlüsse ziehen:

1. Nikotin, welches in einer Zelle vorkommt, braucht nicht in dieser Zelle entstanden zu sein.

2. Nikotin vermag von der Zelle der Tabakpflanze zu der Zelle der als Unterlage benutzten Kartoffel zu wandern.

3. Es ist auch erwiesen, daß es in der Kartoffel und dem Tabak selbst von Zelle zu Zelle wandert.

4. Wenn wir die bei unseren mikrochemischen Untersuchungen gemachten Erfahrungen zusammenhalten, so scheint es, als ob folgendes bei der Wanderung des Nikotins aus der Tabakpflanze in die Kartoffel statthätte. Die lebenden Zellen des Periderms der Kartoffel wirken als die wichtigsten Speicher der Alkaloide. In der normalen Kartoffel werden dort zuerst in den fertig ausgebildeten Achsen die kleinen Alkaloidmengen gespeichert, und wenn die Kartoffelachse als Unterlage benutzt wird, so wird auch das Nikotin in den lebenden Peridermzellen angehäuft. So entsteht ein Diffusionsstrom des Nikotins, welcher nach diesen, das Konzentrationsgefälle wesentlich schaffenden Zellen hin gerichtet ist. Ist diese Bewegung eingeleitet, so speichern eventuell auch die Parenchymzellen der Rinde und schließlich des Holzes das Alkaloid in größeren Mengen, soweit sie in der Nähe dieses Diffusionsstromes liegen.

5. Wenn wir die Erfahrung im Auge behalten, daß die Siebröhren und die Geleitzellen hier und in anderen Fällen frei von Alkaloid sind, die Parenchymzellen, welche auf dem Wege nach den Speicherorten zu liegen, Alkaloid führen, so könnten wir vermuten, daß die Alkaloide nicht in den Siebröhren, sondern nur in den Parenchymzellen wandern; jedoch ist dieser Schluß nicht ganz sicher, weil die Leitungsorgane nicht reich an dem wandernden Stoffe zu sein brauchen.

Wir möchten aber doch noch darauf hinweisen, daß auch bei anderen Alkaloid enthaltenden Pflanzen die Siebröhren frei von Alkaloid bleiben. Molle (1895) gibt für Atropa Belladonna an, daß das Alkaloid in den Siebröhren fehle. Er sagt: „Les vaisseaux, les tubes criblés et les cellules annexes sont, à cet endroit les seules éléments qui n'en renferment point.“ Ebenso fand Siim-Jensen (1900) — wie wir sahen — die Siebröhren und Geleitzellen von Hyoscyamus niger frei von Alkaloid.

Schluß.

Bisher war nur über die Wanderung der Kohlehydrate durch die Pfropfstellen heteroplastischer Transplantationen sicheres bekannt. Daß nichtplastische Stoffe diese Wanderung ausführen könnten, war nicht genügend bewiesen. Die Versuche über die Wanderung Blausäure liefernder Glykoside ergaben keine sicheren Resultate (pag. 346), ebenso konnte eine Wanderung von Farbstoffen nicht nachgewiesen werden (pag. 347). Bezüglich der Alkaloide lagen einige zweifelhafte Angaben von Moens und Leersum (1882 und 1909), von Strasburger und Klinger (1885), die methodisch unzureichende von Grafe und Linsbauer (1906) und die für die Wanderung der Alkaloide sprechenden qualitativen Versuche von Laurent (1906—08) vor.

Durch den jetzt erbrachten sicheren Nachweise, daß die Alkaloide des Stechapfels und des Tabaks durch die Pfropfstellen zu wandern vermögen, ist klargelegt, daß auch nichtplastische Stoffe diese Wanderung auszuführen vermögen. So erscheint uns jetzt auch eine weitergehende Beeinflussung der sich in den Pfropfstellen mischenden Zellen der beiden Symbionten durch Anstoßreize möglich.

Alkaloide können in den mannigfaltigsten Zellarten der Angiospermen auftreten, in Meristemzellen, Parenchymzellen, Epidermiszellen, Milchröhren, Rhaphidenzellen, Stereiden, noch lebenden Peridermzellen, Endospermzellen (nicht in den Siebröhren). Es ist nun durch unsere Untersuchungen sicher geworden, daß sie nicht immer in den Zellen, in denen sie vorkommen, auch entstanden sind, daß sie auch durch Wanderung in sie hineingelangt sein können.

Ob bestimmte Zellarten oder Organe der Pflanze zur Bereitung der Alkaloide besonders befähigt sind, wissen wir nicht. Sicher ist es, daß das Alkaloid der Belladonna in den Laubblättern nicht unter dem Einflusse des Lichtes (ähnlich wie die Kohlehydrate) entsteht (pag. 321).

Bei Datura und Solanum sind die jungen Peridermzellen besonders zur Speicherung der Alkaloide, auch derjenigen, welche aus einem Symbionten der heteroplastischen Transplantation eingewandert sind und normaler Weise gar nicht in dem Gewebe der Datura- oder der Solanum-Art vorkommen, veranlagt und dienen als Anziehungspunkte für das wandernde Alkaloid.

Die Wanderung der Alkaloide der untersuchten Pflanzen auf weitere Strecken findet anscheinend nur im Parenchym, nicht in den Siebröhren statt. Die Wanderung scheint sehr langsam vor sich zu gehen.

Es ist zu betonen, daß wir ein klares Bild über die Morphologie der Wanderwege in der Pfropfstelle nicht besitzen. Daß die Tracheen

der Symbionten direkt in Verbindung treten, ist sehr wahrscheinlich. Wie sich die Siebröhren verhalten, wissen wir nicht, ebensowenig sind wir darüber aufgeklärt, ob die Protoplasten der beiden Symbionten durch Plasmaverbindungen verbunden sind oder nicht.

Wie die quantitative Analyse lehrt, findet bei der Verbindung $\frac{\text{Nicotiana Tabacum}}{\text{Nicotiana affinis}}$ eine reichliche Einwanderung von Alkaloiden vom Reis in die Unterlage statt.

In geringerem Maße wandern die Tabakalkaloide nach Aussage der quantitativen Analyse bei der Verbindung $\frac{\text{Nicotiana Tabacum}}{\text{Solanum tuberosum}}$, während die mikrochemische Analyse für eine reichlichere Wanderung zu sprechen scheint. Dieser Widerspruch läßt der Vermutung Raum, daß man mittels der quantitativen Methode die Alkaloide nicht alle nachweisen könne, daß diese z. B. vielleicht in eine durch Äther nicht mehr ausschüttelbare Verbindung überführt werden könnten, die die allgemeinen Alkaloidreaktionen zu geben imstande wäre.

In der Pfropfung $\frac{\text{Nicotiana Tabacum}}{\text{Nicotiana affinis}}$ würden die Tabakalkaloide nicht umgestaltet werden.

Bei der Pfropfung $\frac{\text{Datura Stramonium}}{\text{Solanum Lycopersicum}}$ findet die Einwanderung der Daturaalkaloide anscheinend noch verhältnismäßig reichlich statt, nicht so ausgiebig bei der Pfropfung $\frac{\text{Datura Stramonium}}{\text{Solanum tuberosum}}$. Auch in letzterem Falle kann man vermuten, daß die in Solanum tuberosum einwandernden Alkaloide teilweise umgestaltet werden, da die qualitativen Reaktionen nicht so ausfielen, wie man bei dem Vorkommen eines der Daturaalkaloide hätte erwarten sollen (pag. 370).

Die Einwanderung ist anscheinend ihrer Stärke nach abhängig von der besseren oder schlechteren Verbindung des Reises mit der Unterlage oder der Energie des Wachstums der Pfropfung. Ferner kann sie beschleunigt werden durch Beeinflussung des Reises. So wird z. B. die Einwanderung ausgiebiger, wenn man die Blattspreiten vom Mittelnerven der Laubblätter des Tabakreises der Pfropfung $\frac{\text{Nicotiana Tabacum}}{\text{Solanum tuberosum}}$ entfernt. Verdunkelung des Reises scheint die Auswanderung der Alkaloide nicht zu begünstigen (pag. 89).

Die Alkaloide scheinen sich im Reis von Datura und Nicotiana an der Basis anzusammeln, ähnlich wie es die Kohlehydrate anscheinend auch tun.

In der unter normalen Verhältnissen an Alkaloid sehr armen Unterlage der Pfropfung $\frac{\text{N. Tabacum}}{\text{N. affinis}}$ sammelt sich das Alkaloid unter Umständen in größerer Konzentration an, als sie das Alkaloid in der normalen Pflanze besitzt, welche das Reis lieferte (pag. 378 und 377), und sicher kann die Konzentration des Alkaloids in der Unterlage unter Umständen 10mal größer sein als im Reis.

Es macht den Eindruck, als werde das Reis von Nicotiana Tabacum durch die Einwirkung der Unterlage von Nicotiana affinis und von Solanum tuberosum ärmer an Alkaloid gemacht, als es als Zweig einer normalen Pflanze sein würde (pag. 379 und 383).

Die, wie gesagt, sehr langsam in die Unterlagen einwandernden Alkaloide von Datura und Nicotiana häufen sich an der Spitze der Unterlage, dicht unter der Pfropfstelle, an (pag. 378 und 382), während sie in um so geringeren Mengen in den Zellen der Unterlage zu finden sind, je weiter diese Zellen von der Pfropfstelle entfernt liegen. Sie gelangen so z. B. nur noch in Spuren oder überhaupt gar nicht mehr in die Knollen der als Unterlage benutzten Kartoffelpflanzen (pag. 369), wenn auch die Zellen unter der Pfropfstelle reich an Alkaloid geworden sind.

Wenn die artfremden Alkaloide in dem Parenchym der Kartoffelpflanze auf der Wanderung begriffen sind, so finden sie sich dabei dort stets in relativ geringer Konzentration, da anscheinend diese Zellform sowohl für das arteigene als für das artfremde Alkaloid keine besondere Speicherfähigkeit besitzt. Gelangt das artfremde Alkaloid jedoch in junge Peridermzellen, die für das arteigene Alkaloid die Speicher- oder Produktionsorte sind, so wird das artfremde Alkaloid ebenfalls dort angehäuft. So muß auch ein kontinuierlicher Diffusionsstrom durch das Parenchym von der Pfropfstelle aus nach den Peridermschichten ziehen.

Die Untersuchungen werden von uns fortgesetzt. Es soll versucht werden, die bei Propfungen $\frac{\text{Datura Stramonium}}{\text{Solanum tuberosum}}$ und $\frac{\text{Datura Stramonium}}{\text{Solanum Lycopersicum}}$ aus dem Reise in die Unterlage übergehenden Alkaloide in etwas größerer, zur chemischen Untersuchung genügenden Menge darzustellen, um womöglich die Fragen zu entscheiden, welches der Daturaalkaloide wandert, und ob chemische Umwandlungen dieser Alkaloide durch die Unterlage stattfinden.

Zuletzt möchten wir nicht unterlassen, unseren Herren Assistenten Dr. R. Gaze und R. Euker, welche uns bei den chemischen und botanischen Arbeiten unterstützt haben, bestens zu danken.

Literatur.

Baur, Erwin, Zur Ätiologie der infektiösen Panachierung. Berichte d. D. Bot. Ges. 1904, pag. 453.

Ders., Über die infektiöse Chlorose der Malvaceen. Sitzungsber. d. Königl. preuß. Akad. d. Wissensch. 1906, a., pag. 11.

Ders., Weitere Mitteilungen über die infektiöse Chlorose der Malvaceen und über einige analoge Erscheinungen bei Ligustrum und Laburnum. Ber. d. D. Bot. Ges. 1906, 6, pag. 416.

Ders., Über eine infektiöse Chlorose von Evonymus japonicus. Ber. d. D. Bot. Ges. 1908, Heft 9, pag. 711.

Ders., Referat über Winkler's Arbeit (1908). Zeitschr. f. induktive Abstammungs- und Vererbungslehre 1909, pag. 400.

Ders., Das Wesen und die Erblichkeitsverhältnisse der „Varietates albomarginatae hort." von Pelargonium zonale. Zeitschr. f. indukt. Abstammungs- und Vererbungslehre 1909, pag. 330.

Clautriau, Localisation et signification des alcaloides dans quelques graines. Recueil de l'Institut botanique, publié par Errera (1894), Tome II, pag. 265.

Daniel, Recherches morphologiques et physiologiques sur la greffe; 2e. Partie. Revue générale de Botanique 1894, X, pag. 60.

Ders., La variation dans la greffe et l'hérédité des caractères acquis. Annales des Sciences Naturelles, „Botanique", 1898, Tome VIII, pag. 1.

Errera, Maistriau, Clautriau. Premières recherches sur la localisation et la signification des Alcaloides dans les plantes. Recueil de l'Institut Botanique Errera. 1906, Tome II (1887 erschienen), pag. 147.

Feldhaus, Quantitative Untersuchung der Verteilung des Alkaloides in den Organen von Datura Stramonium L. Diss., Marburg 1903.

Gräfe u. Linsbauer, Über die wechselseitige Beeinflussung von Nicotiana Tabacum und Nicotiana affinis bei der Pfropfung. Ber. d. D. Bot. Ges. 1906, pag. 366.

Guignard, Recherches physiologiques sur la greffe des plantes à acide cyanhydrique. Annales des Sciences Naturelles „Botanique", 1907, 9e. Série Tome VI, pag. 262.

Griffon, Nouveaux essais sur le greffage des plantes herbacées. Bull. Soc. Bot. Fr. 1908, 4e. Sér., Tome VIII, pag. 397—404.

Herse, Beiträge zur Kenntnis der histologischen Erscheinungen bei der Veredelung der Obstbäume. Arbeit aus der pflanzenphysiol. Versuchsstation Geisenheim. Landwirtsch. Jahrb. 1908, pag. 71.

Kircher, Über die mydriatisch wirkenden Alkaloide der Datura Metel, Datura quercifolia und Datura arborea. Diss., Marburg 1905.

Küster, Pathologische Pflanzenanatomie. Jena 1903, G. Fischer.

Korschelt, Über die Beeinflußung der Komponente bei Transplantation. Medizinisch-naturwissensch. Archiv, Bd. I (1908), Heft 3, pag. 447.

Laurent, Ch., Sur la présence de l'atropine dans des greffes de Belladonne et de Tomate. Assoc. franç. pour l'avancement des sciences 1905.

Laurent, Ch., Sur la variation de la quantité d'atropine et les recherches de cet Alcaloide dans des greffes de Belladonne et de Tomate. Extrait de la Revue Bretonne de Botanique, Nr. 2, 15. Juni 1906.

Ders., Étude sur des modifications que peut amener la greffe dans la constitution des plantes. Rennes. Imprimerie des Arts et Manufactures, 22. Rue de Nemours, 1908.

Van Leersum, Over den invloed die de Cinchona succirubra-onderstam en de daarop geënte Ledgeriana, ten opzichte van het Alcaloidgehalte wederkeerig op elkander uitoefenen, 1899. Natuurkundig Tijdschr. van Ned. Ind. 1900, Deel LIX, pag. 33—43.

Lindemuth, H., Über vegetative Bastarderzeugung durch Impfung. Landwirtsch. Jahrb. 1878, Heft 6, pag. 887.

Ders., Über angebliches Vorhandensein von Atropin in Kartoffelknollen infolge von Transplantation und über die Grenzen der Verwachsung nach dem Verwandtschaftsgrade. Ber. d. D. Bot. Ges. 1906, pag. 428.

Ders., Studien über die sogenannte Panachure und über einige begleitende Erscheinungen. Landwirtsch. Jahrb. 1907, Heft 6, pag. 807.

Lotsy, J. B., Waar wordt het alcaloid geformdt? Physiologische Proeven, genomen met Cinchona succirubra. Mededelingen uit's Landsplantentuin, Deel 36, pag. 9 ff. Batavia 1899.

Meyer, Arthur, Untersuchungen über die Stärkekörner. Jena 1895, G. Fischer.

Ders., Bildung der Stärkekörner in den Laubblättern aus Zuckerarten, Mannit und Glyzerin. Bot. Ztg. 1886, pag. 87.

Ders., Die Plasmaverbindungen und die Fusionen der Pilze der Florideenreihe. Bot. Ztg. 1902, Heft 7 u. 8.

Ders. und Schmidt, Ernst, Die Wanderung der Alkaloide aus dem Pfropfreis in die Unterlage. Ber. d. D. Bot. Ges. 1907, pag. 131.

Ders., Erstes mikroskopisches Praktikum, 2. Aufl., Jena 1907.

Moens, J. C. B., De Kinacultuur in Azie. Batavia, Ernst & Cie.

Molle, Ph., Recherche de microchimie comparée sur la localisation des alcaloides dans les Solanacées. Mémoires couronnés et autres mémoires publiées par l'Academie royale de Belgique, Tome LIII, 1, 1895.

Morren, E., Contagion de la panachure (Variegatio). Bull. de l'Academie royale de Belgique 1896, 2e. Série, Tome XXVIII, Nr. 11, pag. 434.

Noll, Die Pfropfbastarde von Bronvaux. Sitzungsber. d. Niederrhein. Gesellsch. f. Natur- u. Heilkunde, Bonn 1905, Sitzung vom 8. Mai 1905.

Osenbrüg, Über die Entwicklung des Samens der Areca Catechu L. und die Bedeutung der Ruminationen. Diss., Marburg 1891.

Schmitthenner, Über die histologischen Vorgänge beim Veredeln. Diss., Würzburg 1907.

Siim-Jensen, Beiträge zur botanischen und pharmakognostischen Kenntnis von Hyoscyamus niger L. Diss., Marburg 1901.

Steffen, Histologische Vorgänge beim Veredeln, insbesondere bei Okulationen und Kopulationen. Diss., Würzburg 1908.

Strasburger, Über Verwachsung und deren Folgen. Ber. d. D. Bot. Ges. 1885, pag. 34.

Ders., Über Plasmaverbindungen pflanzlicher Zellen. Jahrb. f. wissensch. Botanik 1901, pag. 493.

Ders., Histologische Beiträge zur Vererbungsfrage. Typische und allotypische Kernteilung. Jahrb. f. wissensch. Bot. 1906, pag. 42.

Ders., Zu dem Atropinnachweis in den Kartoffelknollen. Ber. d. D. Bot. Ges. 1906, pag. 599.

Ders., Über die Individualität der Chromosomen und die Pfropfhybridenfrage. Jahrb. f. wissensch. Bot. 1907, pag. 482.

Ders., Meine Stellung zur Frage der Pfropfbastarde. Ber. d. D. Bot. Ges. 1909, pag. 511.

Timpe, Panaschierung und Transplantation. Jahrb. d. Hamburger wissensch. Anstalten 1906, Bd. XXV.

Vöchting, Über Transplantation am Pflanzenkörper. Tübingen 1892.

Ders., Über die durch Pfropfen herbeigeführte Symbiose des Helianthus tuberosus und Helianthus annuus. Sitzungsber. der Kgl. preuß. Akademie der Wissenschaften, 12. Juli 1894.

Voß, Über die durch Pfropfung herbeigeführte Symbiose einiger Vitis-Arten, ein Versuch zur Lösung der Frage nach dem Dasein der Pfropfhybriden. Landwirtschaftl. Jahrb. 1904, pag. 961.

Winkler, Hans, Über Pfropfbastarde und pflanzliche Chimären. Ber. d. D. Bot. Ges. 1907, pag. 568.

Ders., Solanum tubingense, ein echter Pfropfbastard zwischen Tomate und Nachtschatten. Ber. d. D. Bot. Ges. 1908, pag. 595.

Ders., Weitere Untersuchungen über Pfropfbastarde. Zeitschr. f. Bot. 1909, pag. 21.

Zimmermann, Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle, Heft 2, pag. 81. Tübingen 1891.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1910

Band/Volume: 100

Autor(en)/Author(s): Meyer Arthur, Schmidt Ernst

Artikel/Article: Neue Untersuchungen über die Wanderung der Alkaloide durch die Pfropfstellen heteroplastischer Transplantationen. 363-397