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

Nr. 7. 1915

Sitzungsbericht
der
Gesellschaft naturforschender Freunde
zu Berlin
vom 13. Juli 1915.

Vorsitzender: Herr R. Heymons.

Herr W. Magnus sprach über durch Bakterien verursachte Geschwülste bei Pflanzen.
Fräulein Rh. Erdmann sprach über Endomixis und ihre Bedeutung für die Infusorienzelle.
Herr W. Ramme sprach über die Entwicklung von Palingenia.

Durch Bakterien hervorgerufene Neubildungen an Pflanzen.

Von Werner Magnus.

(Mit Taf. IX bis XIII.)

Parasiten mannigfacher Art vermögen im innigen Zusammenleben mit höheren Pflanzen Neubildungen hervorzurufen, die als Pflanzengallen bezeichnet werden. Form und Bau dieser Gallen sind vielfach in solchem Grade vom Normalen abweichend und eigenartig, daß für ihre Entstehung die Wirkung spezifischer gestaltbildender Giftstoffe (Wuchsenzyme, Gallvirus) angenommen wurde. Ich habe für die höchstentwickelten Gallformen, die Hymenopterengallen, zu zeigen versucht[1]), daß bisher kein zwingender Beweis für die Existenz spezifisch gestaltbildender Stoffe geführt worden ist, daß vielmehr neben anderen Reizen (Wundreiz usw.) die Möglichkeit für eine Beeinflussung durch alle diejenigen Reize gegeben ist, welche überhaupt von lebenden Zellen ausgehen können. — Sicherlich werden hierbei Stoffwechselprodukte eine wesentliche Rolle spielen, und es bleibt insbesondere die Frage ungelöst, ob irgendwie von Parasiten Stoffe ausgeschieden werden, welche direkt oder indirekt die Pflanzenzellen zu Wachstum und Teilung über den normalen Organisationsplan hinaus anregen.

[1]) Wern. Magnus, Die Entstehung der Pflanzengallen. Mit 4 Doppeltafeln. Jena, G. Fischer, 1914.

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

Diese Frage scheint leichter nicht sowohl an den hochorganisierten, als vielmehr an möglichst wenig differenzierten, aber dafür möglichst schrankenlos wachsenden Gewebeneubildungen lösbar. Die Analyse der Formgestaltung wird noch dann wesentlich erleichtert werden, wenn durch denselben Parasiten an verschiedenartigen Pflanzen Neubildungen hervorgerufen werden.

Dieser Forderung scheinen Gewebswucherungen zu entsprechen, welche nicht allzu selten, oft in beträchtlicher Größe, an dem Wurzelhals der Obstbäume und anderer Holzgewächse auftreten. Da diese „Crowngalls" in Nordamerika in den Baumschulen ziemlichen Schaden anrichten, sind sie dort vielfach eingehender untersucht worden. Ihre Übertragbarkeit wurde festgestellt und als ihre Ursache Pilze, Myxomyzeten, Bakterien in Anspruch genommen. — Erst den umfassenden Untersuchungen von ERWIN SMITH gelang der zwingende Nachweis, daß sie durch Bakterien hervorgerufen werden. Nach jahrelangem vergeblichem Bemühen isolierte er zuerst aus den Geschwülsten, welche auf den Stengeln und Blättern der Strauchmarguerite, *Chrysanthemum frutescens,* im Warmhaus aufgetreten waren, ein wirksames *Bacterium.* Mit diesem *Bacterium tumefaciens* SMITH konnte er, außer den gleichen Tumoren, typische Wurzelhalsgallen z. B. an Pfirsich und Apfel hervorrufen. Er konnte weiter nachweisen, daß auch die bekannten undifferenzierten, gewaltigen Geschwülste am Wurzelhals der Zuckerrübe (Rübenkropf) durch die gleichen Bakterien hervorgerufen werden, und daß noch viele andere Pflanzen auf eine Infektion durch Gallenbildung reagieren [2]).

Alle diese Neubildungen haben das Gemeinsame, daß sie undifferenzierte Gewebswucherungen sind und eine nicht näher begrenzte Wachstumsfähigkeit besitzen. SMITH [3]) will sogar den Nachweis erbracht haben, daß ihr unbegrenztes Wachstum soweit geht, daß von dem kranken Gewebe (primären Tumor) aus Gewebsfortsätze (Tumorstrands) das gesunde Gewebe durchwachsen und an entfernten Stellen zu neuen Gewebswucherungen (sekundären Tumoren) auswachsen. Da auf diese Weise Tumorgewebe an gesunde Stellen hingeführt wird, vergleicht er diesen Vorgang mit der Metastasenbildung des menschlichen Krebses.

---

[2]) ERW. F. SMITH, NELLIE A. BROWN u. C. O. TOWNSEND, Crown-gall of Plants: its cause and remedy. U. S. Dep. of Agric. Bur. of Plant industry. Bull. N. 213. 1911.

[3]) ERW. F. SMITH, The structure and development of Crown Gall a Plant cancer. U. S. Dep. of Agric. Bur. of Plant Industry. Bull. N. 255. 1912.

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

Es bot sich mir eine erwünschte Gelegenheit, diese Gallbildungen näher kennen zu lernen, als ich die von U. Friedemann im kranken Menschen aufgefundenen Stämme von *Bacterium tumefaciens* auf ihre tumorbildenden Fähigkeiten bei Pflanzen untersuchte[4]). Es ergab sich, daß in der Tat gewisse tierpathogene Stämme sich in ihrer pflanzenpathogenen Wirkung in nichts von den aus Pflanzentumoren isolierten unterscheiden ließen[5]).

Bei meinen ausgedehnten Infektionsversuchen an verschiedenen Pflanzen stellte sich nun bald heraus, daß außer den bisher ausschließlich beobachteten undifferenzierten Gewebewucherungen durch die eingeführten Bakterien recht verschiedenartige Formen der Neubildungen hervorgerufen werden können. Nur über sie wie über einige ihnen gleichende spontane eigentümliche Pflanzenmißbildungen, die zum Teil auf die Wirkung dieser Bakterien zurückgeführt, zum Teil als durch sie verursacht angesehen wurden, soll im folgenden kurz berichtet werden.

Die Gallbildung durch Bakterien wurde zuerst (1886) von Arcangeli für die Zweigtumoren von Oliven und von Vuillemin (1888) für die der Aleppokiefer festgestellt[6]). In diesen und einigen ähnlichen Fällen lassen sich die Bakterien ziemlich leicht in den Interzellularen nachweisen. Sie bilden hier späterhin große zusammenhängende Massen. Das Gewebe in ihrer Umgebung stirbt ab, und es entstehen größere bakterienerfüllte Hohlräume, die sich durch die Auflösung neugebildeter Zellen weiter vergrößern. — Ganz anders entstehen die von Smith studierten, durch *Bacterium tumefaciens* hervorgerufenen Gallen. In den Interzellularen lassen sich Bakterien nicht auffinden. Smith will sehr vereinzelte Bakterien innerhalb der Zellen durch Goldimprägnation nachgewiesen haben. Nach der Infektion treten im Gewebe zumeist nahe der Wunde reichliche Zellteilungen regellos nach allen Richtungen auf. In diesen oft sehr rasch wachsenden Geschwulsten bilden sich zumeist als einzige Differenzierung Nester von Gefäßbündeln, die sich an die Gefäßbündel des tragenden Organs anschließen. So ähnelt das Gewebe weitgehend dem nach Verwundungen normalerweise auftretenden

---

[4]) U. Friedemann, Bendix, Hassel u. W. Magnus, Der Pflanzenkrebserreger *(B. tumefaciens)* als Erreger menschlicher Krankheiten. Zeitschr. für Hyg. u. Infektionskr. Bd. 80, p. 114. 1915.

[5]) U. Friedemann u. W. Magnus, Das Vorkommen von Pflanzentumoren erzeugenden Bakterien im kranken Menschen. Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. 33, p. 96. 1915.

[6]) Vgl. Literatur bei v. Tubeuf, Knospenhexenbesen und Zweigtuberkulose der Zirbelkiefer. Naturw. Zeitschr. f. Land- u. Forstwissenschaft, 1911, p. 25.

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

Kallusgewebe und dem Wundholz. SMITH unterscheidet zwischen weichen und harten Gallen, je nachdem Parenchym oder Holzmaserbildung überwiegt [7]).

Die Ausbildung des normalen Wundkallus ist bekanntlich außer von äußeren Einflüssen, wie Wärme und Feuchtigkeit, von dem Ort der Verletzung abhängig. Auch die Art der nach Infektion mit *Bacterium tumefaciens* hervorgerufenen nicht weiter differenzierten Tumore ist je nach den Umständen eine recht wechselnde. Als Beispiel möge das Verhalten der Tomate dienen. — Von älteren Pflanzen abgeschnittene Zweigspitzen wurden unten an der Schnittwunde infiziert und als Stecklinge behandelt. Nach kurzer Zeit entwickelt sich im Boden von der Schnittfläche aus eine gewaltige Geschwulst (Fig. 1). Sie gleicht in vieler Beziehung der an manchen Pflanzenstecklingen auftretenden normalen Kallusbildung, die jedoch den nicht infizierten Tomatenstecklingen vollständig fehlt (Fig. 1). In gleicher Weise wurden in einer Gärtnerei in Berlin fast alle Stecklinge von *Chrysanthemum frutescens,* die sehr schwächlich wuchsen, an der Basis mit solchen großen Tumoren angetroffen. Hier ist zwar auch normalerweise eine geringe Kallusbildung vorhanden, die sich aber mit diesen großen Tumoren nicht vergleichen läßt. — Um die Bildung von Wurzelhalsgallen hervorzurufen, wurden Tomaten, die in kleinen Töpfen gezogen waren, am untersten Internodium mit einem feinen Messerchen infiziert. Der Stengel ist hier besetzt mit zahlreichen zumeist schon deutlich erkennbaren Anlagen von Adventivwurzeln. Die kleinen Töpfe wurden dann in größere Blumentöpfe so eingepflanzt, daß das infizierte Internodium von der Erde völlig bedeckt war. Schon nach acht Tagen brachen weiße Gewebewucherungen aus den Stichwunden hervor und wuchsen sehr schnell heran (Fig. 2). Nach etwa fünf Wochen können sie schon typische „Crowngalls“ in der Größe von Hühnereiern bilden (Fig. 3). Während die tumorfreien Teile des unter der Erde befindlichen Internodiums dicht mit den ausgesproßten Adventivwurzeln bedeckt sind, entwickeln sich auf den Tumoren selbst ebenso wie auf den eben geschilderten Basaltumoren nur sehr spärliche, ganz normale Würzelchen. — Etwas anders gestaltet sich die Tumorbildung bei Infektion in die wachsende Knospe. Nach einigen Tagen schwellen alle den Infektionsstellen benachbarten Organe an, ohne daß es anfänglich zum Heraustreten von inneren Gewebspartien kommt. Es entstehen so umfangreiche, von der ursprünglichen Epi-

[7]) Übergangen werden hier die gleichfalls intrazellular lebenden Bakterien der Wurzelknöllchen der Leguminosen.

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

dermis bedeckte Geschwülste an Stengel und Blattrippen (Fig. 4). Sie werden erheblich größer bei der Knospeninfektion jugendlicher Pflanzen, also am unteren Internodium, als an den Folgeinternodien, an denen die Tumoren nur ein ziemlich beschränktes Wachstumsvermögen besitzen. Die größeren unteren Geschwülste brechen späterhin oft auf, und das Innengewebe beteiligt sich an der Oberflächenbildung. — Bei der der Tomate nahe verwandten Kartoffel bricht hingegen auch bei Knospeninfektion sehr jugendlicher Sprosse das Tumorgewebe gleich aus der Wunde hervor[8]). Es hängt dies augenscheinlich damit zusammen, daß der Beginn der Tumorbildung viel langsamer als bei der Tomate erfolgte und dadurch die der Wunde benachbarten Gewebselemente schon in Dauerzustand übergegangen sind, wenn die Tumorbildung einsetzt. — Unter geeigneten Versuchsbedingungen kann aber auch das Stengelgewebe der Kartoffel stets zu neuem Wachstum angeregt werden, wenn nämlich die Infektion auf den Querschnitt von Sprossen erfolgt. Dann verdickt sich anfangs das Stengelende keulenförmig[9]) und wächst zu einer beträchtlichen Geschwulst heran. — Während an den Stengeltumoren der Tomate andere Neubildungen nicht beobachtet wurden, treten sie bei der Kartoffel sehr reichlich auf. Auf den Seitentumoren des Stengels und besonders auf den apikalen Anschwellungen bildet sich häufig eine dicht gedrängte Menge von Adventivsprossen. Solche Adventivknospen bilden sich bekanntlich unter geeigneten Bedingungen auch auf normalem Kallusgewebe. Der Unterschied zwischen ihnen und den auf unseren Tumoren entstehenden Knospenanlagen besteht darin, daß diese sehr bald ihr Wachstum einstellen, während sich gleichzeitig immer neue Anlagen zwischen ihnen ausbilden. So entstehen dichte Konglomerate von Knospen, von denen sich nur selten die eine oder andere weiter entwickelt. Sie ist aber dann fast stets irgendwie mißgestaltet, sei es als Fasziation oder wenigstens durch ganz unregelmäßige Blattstellung. Über eine Länge von 10 cm kamen aber auch diese wenigen Sprosse in meinen Kulturen nicht heraus. Diese Adventivknospenbildung auf Tumoren wird von Smith merkwürdigerweise nirgends erwähnt, obgleich sie auch auf typischen Crowngalls der Birne vorkommt.

Der größte Teil meiner Infektionsversuche wurde mit *Pelargonium zonale* angestellt. Ich hatte diese Pflanze deshalb gewählt, weil mir bekannt war, daß öfters spontan auf ihr mehr oder weniger fleischige

---

[8]) Siehe l. c. Ber. d. deutsch. bot. Ges., Fig. 3—4.

[9]) l. c. Fig. 5.

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

Geschwülste entstehen[10]). Es stellte sich bei meinen Experimenten bald heraus, daß außer einer sehr ergiebigen Geschwulstbildung auch mannigfache Deformationen der Knospen und Blätter sowie reichlich Adventivbildungen auftreten. So lag der Gedanke nahe, daß auch eine andere spontan auftretende Wachstumserscheinung der Pelargonien parasitären Ursprungs sein möchte. — Es ist eine den Gärtnern allbekannte Erscheinung, daß sich besonders im Warmhaus zumeist an Stecklingspflanzen von Pelargonien in oder nahe über der Erde mehr oder wenige blumenkohlartige Klumpen dicht gehäufter Adventivknospen bilden, die durch immer weitergehende Neubildung eine beträchtliche Größe erreichen können, ohne daß es im allgemeinen zu einer Weiterentwicklung der Knospen kommt. In dem abgebildeten Exemplar einer weißrandigen Form von *Pelargonium zonale* (Mädchen aus der Fremde) (Fig. 5) lag das Knospenkonglomerat zum Teil, bis etwa zur Höhe der linken Wurzel, im Boden. Diese häufige Erscheinung ist in der Literatur anscheinend fast unerwähnt geblieben. Den einzigen Hinweis finde ich bei SORAUER[11]), der sie kurz als nicht parasitäre Mißbildung erwähnt. Von den Gärtnern werden sie nach den mir gewordenen Angaben auf ungeeignete zu warme und feuchte Kultur, andererseits aber auch auf eine „Entartung der Rassen" zurückgeführt. Sie scheinen in keiner größeren Warmhauskultur ganz zu fehlen, können aber auch so stark auftreten, daß sie dazu zwingen, die ganze Kultur zu verwerfen. Denn diese Bildungen sind für die Pflanze, da sie die Nährstoffe an sich ziehen, unbedingt schädlich und führen bei starker Ausbildung zum Absterben der Pflanzen.

Diese eigentümlichen Bildungen sind in der Tat parasitärer Natur. Es gelang mir, aus solchen blumenkohlartigen Gebilden von *Pelargonium zonale* Bakterien zu isolieren und in Reinkultur zu erhalten, die sich als zur *Bacterium-tumefaciens*-Gruppe gehörig erwiesen. Mit ihnen können sowohl auf *Pelargonium* als auf den übrigen empfänglichen Pflanzen alle typischen Bakteriengeschwülste ganz wie mit den übrigen aus Pflanzen oder kranken Menschen isolierten aktiven *Bacterium-tumefaciens*-Stämmen hervorgerufen werden.

Die bei Infizierung von *Pelargonium zonale* mit *Bacterium tumefaciens* hervorgerufenen Gallbildungen sind sehr mannigfacher Art. Es können Tumoren an jedem verwundeten Organ, wie Stengel,

---

[10]) W. MAGNUS. Der Krebs der Pelargonien. Gartenflora 1915, p. 66.

[11]) SORAUER, Handbuch der Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl., 1909, Bd. I, p 378.

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

Blütenstandstielen, Blattstiel und -spreiten und Nebenblättern gebildet werden. Alle diese Tumoren können dann wieder Adventivsprosse hervorbringen. Dies kann bald nach ihrer Bildung oder erst später, oft, nachdem sie beträchtlich herangewachsen sind, geschehen. Diese Adventivknospen haben aber fast stets geringe Wachstumsfähigkeit, sterben auch zumeist bald ab, und durch immer weitere Neubildungen entstehen auch hier blumenkohlartige Massen. — Neben anscheinend normalen Knospen treten sehr häufig unförmig verdickte auf (Fig. 6) und Mißbildungen und Verwachsungen aller Art. — Die Neubildungen sind aber noch mannigfaltiger. Unter Umständen entwickeln sich aus den Tumoren statt der Adventivknospen dicht gedrängt stehende Adventivwurzeln, die, wenn sie hoch oben am Stamm entstehen, an dieser Stelle natürlich völlig funktionslos sind und nach kurzer Zeit absterben[12]) (Fig. 8). — Die Weiterentwicklung der Knospen der spontan sich entwickelnden blumenkohlartigen Gebilde ist bei *Pelargonium zonale* ziemlich selten. Als Beispiel mag ein durch Verdickungen stark monströses Blatt dienen (Fig. 7).

Viel häufiger sind die spontan auftretenden Mißbildungen bei den als englische Pelargonien kultivierten *Pelargonium*-Hybriden[13]). Die blumenkohlartigen Bildungen, welche hier oft ziemlich hoch am Stengel sitzen, erreichen Hühnereigröße. Sie bestehen aus einem dichten Gewirr von unentwickelten unförmig verdickten Knospenanlagen, die in etwa gleicher Höhe nach allen Seiten abstehen und dem Gebilde ein igelartiges Aussehen verleihen (Fig. 9). In den deformierten Knospen sind die einzelnen Elemente oft nur schwer als Nebenblätter, Blattanlagen, vielleicht sogar Blütenanlagen, zu identifizieren. In anderen Fällen können die Anlagen mehr oder weniger auswachsen und morgensternartige Gebilde entstehen (Fig. 10). Dabei treten Mißbildungen und Verwachsungen mannigfacher Natur auf. Sehr häufig sind Doppelblätter (Fig. 10 oben), weiter Schlauchblätter (Aszidien) und Fasziationen. Die Schlauchblätter wurden auch ausgesprochenen Tumorbildungen aufsitzend gefunden (Fig. 11), ebenso wie eine Blattmißbildung, bei der etwa 12 Blätter in einer Ebene miteinander verwachsen waren (Fig. 12 oben). Entsprechende Bildungen treten auch öfters bei *Pelargonium roseum* auf, während solche an dem häufig kultivierten *Pelargonium peltatum* nicht aufgefunden werden

---

[12]) Über die Bedingung der Wurzelbildung an Sproßachsen vgl. GÖBEL, Einleitung in die experimentelle Morphologie der Pflanzen, 1908, p. 171.

[13]) Hybriden von *Pelargonium macranthum, quinquevulnerum, diadematum* u. ä.

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

konnten. Es ist bemerkenswert, daß mir auch künstliche Infektionen bei *Pelargonium peltatum* bisher nicht gelangen.

Der Nachweis, daß diese eigentümlichen blumenkohlartigen Gebilde und andere Deformationen bei Pelargonien durch Bakterien hervorgerufen werden, legte den Gedanken nahe, ob nicht ähnliche Krankheitserscheinungen bei anderen Pflanzen durch gleiche Ursachen bedingt seien.

Bei Infektionsversuchen hatte sich *Petunia* als sehr geeignet gezeigt, unter dem Einfluß von Bakterien Adventivknospen zu bilden (Fig. 14 rechts oben). Es treten nun in Gärtnereien nicht allzu selten am Wurzelhals blumenkohlartige Bildungen auf, die durchaus denen von *Pelargonium* an die Seite zu setzen sind (Fig. 15). So erscheint es nicht unwahrscheinlich, daß sie auch durch die gleiche Ursache hervorgerufen werden, wenn es auch bisher nicht gelang, aus diesen Gebilden ein geschwulstbewirkendes *Bacterium* zu isolieren. — Da bekanntlich auch durch andere Parasiten, wenigstens äußerlich, sehr ähnliche Bildungen hervorgerufen werden, wurden alle diese Gebilde natürlich sorgfältig auf die Anwesenheit anderer Parasiten wie Phytopten, Nematoden, Pilze usw. untersucht, stets völlig ergebnislos. — Auch bei Warmhauskulturen von dem *Petunia* nahe verwandten Tabak, der gleichfalls für Bakterieninfektion sich sehr empfänglich zeigte, fanden sich ähnliche Gebilde am Wurzelhals. Als bemerkenswerte Gallbildung des Tabaks nach künstlicher Infektion mögen dicht gedrängte Wurzelanlagen erwähnt werden, welche hoch oben am Stengel hervorbrachen (Fig. 13 unten). — Entsprechende Bildungen sind vielleicht: blumenkohlartige Gebilde am Wurzelhals von *Rehmannia* (*Scrophulariacee*), die bekannten Wurzeldeformationen von *Ailanthus* und die sehr häufig auf der Zimmerlinde (*Sparmannia africana*) auftretenden blumenkohlartigen Gebilde und andere Monstrositäten (Fig. 16), welche durchaus an die von *Pelargonium* geschilderten erinnern und bisher in der Literatur gleichfalls keine Erwähnung gefunden zu haben scheinen. — Natürlich wird man, ehe man ähnliche Bildungen als bakterienverdächtig ansieht, auch zu prüfen haben, ob nicht durch andere Einflüsse eine Stauung des Nährmaterials an ungewohnter Stelle stattgefunden hat, und etwa durch wiederholte Verletzung der Hauptsprosse eine gehäufte Bildung von Adventivsprossen zustande gekommen ist, und hierdurch eine Gallbildung vorgetäuscht wird.

Nach Infektion mit *Bacterium tumefaciens* tritt unter Umständen noch eine weitere Krankheitsform auf, nämlich die Hexenbesenbildung. Als Hexenbesen werden in der Pflanzenpathologie Wuchsformen bezeichnet, bei denen statt weniger schlanker Äste mehr

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

oder weniger von einem Punkt ausgehende, oft dickere, manchmal mit kleineren Blättern besetzte Zweige entspringen, die dem Gebilde ein besenartiges Aussehen verleihen. Als Ursache dieser auffälligen Bildungen konnten in vielen Fällen Pilze (z. B. *Exoascus*) und andere Parasiten festgestellt werden. In anderen Fällen, z. B. bei den häufigen Hexenbesen der Kiefer, ist die Ursache unbekannt. Sie werden jetzt zumeist als Knospenmutationen angesehen [14]).

Eine großblättrige hybride *Begonia* war im Januar mit *Bacterium tumefaciens* in die Knospen geimpft worden. Erst etwa nach einem Monat begann sich eine Wirkung darin zu äußern, daß sich das infizierte Internodium auffallend verdickte. Das Längenwachstum wurde dann ganz sistiert und der Umfang des Internodiums immer größer. Gleichzeitig begannen alle Achselknospen der darüber stehenden Blätter zu neuen Trieben auszuwachsen. Es folgte die Bildung zahlreicher Adventivknospen, teils als Nebenknospen der Blattachseln, teils unmittelbar auf dem verdickten Internodium. Alle diese Knospen wuchsen, soweit es der beschränkte Raum zuließ, zu ganz normalen, wenn auch etwas kurzen Zweigen aus, die auch vielfach zur Blüte gelangten (Fig. 18). Mißbildungen traten nur recht selten in Form von Blattverwachsungen auf, auch wurde im Beginn der Bildung ein Schlauchblatt beobachtet. — Die so entstandenen Zweigbüschel verleihen der Pflanze ein sehr merkwürdiges Aussehen (Fig. 17) und müssen ihrer Form nach durchaus als Hexenbesen angesprochen werden. — An anderen Knospen der gleichen Pflanze entstanden als Folge der gleichzeitig erfolgten Infektion, nachdem das Internodium nur leicht angeschwollen war, nach etwa zwei Monaten typische seitlich aufsitzende Geschwulste, die im Laufe der verflossenen sechs Monate ziemlich groß wurden, ohne daß es bisher zu einer Adventivbildung gekommen wäre.

Bei einer anderen Begonie (Gloire de Lyon) blieb die Bakterienwirkung ausschließlich auf eine sehr spät, etwa zwei Monate nach der Impfung einsetzende Bildung von kleinen seitlichen Tumoren beschränkt, ohne daß der Stengel verdickt wurde oder Adventivknospen sich gebildet hätten.

Den Übergang zwischen den Hexenbesen der Begonie und den oben beschriebenen blumenkohlartigen Knospenwucherungen vermittelt eine Wuchsform, welche sich nach Bakterieninfektion jugendlicher Sprosse der Fuchsie entwickelte. An den zuerst entstandenen Stengelverdickungen an der Einstichstelle bildeten sich Adventiv-

[14]) C. v. Tubeuf, Vererbung der Hexenbesen. Naturw. Zeitschr. f. Land- u. Forstwissenschaft, 1910, Bd. VIII.

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

knospen (Fig. 19). Während nun ein größerer Tumor hervorwuchs, sproßten aus ihm sukzessive kleine Zweige hervor, die abgesehen von geringen Stengelverdickungen ganz normal waren, nur ihr Wachstum bald sistierten (Fig. 20; sie ist der weiter entwickelte Zustand des Zweiges der Fig. 19, der inzwischen weit in die Länge gewachsen war).

Nachdem somit festgestellt ist, daß eine derartige Zweigsucht, wie auch die Hexenbesenbildung bezeichnet wird, als Folge einer Bakterieninfektion eintreten kann, wird von neuem zu untersuchen sein, ob nicht auch andere derartige Anomalien, die jetzt als nicht parasitären Ursprungs angesehen werden, zum Teil auf Bakterienwirkung zurückgeführt werden können. Es wäre hierbei besonders auch zu denken an jene Fälle, die mit gewissen Blattanomalien verbunden sind, wie das sogenannte Krautern der Weinrebe (Roncet)[15]), oder an die zahlreichen in den Tropen auftretenden Hexenbesen, bei denen vielfach eine parasitäre Ursache bisher nicht aufgefunden werden konnte[16]).

Durch Infektion mit *Bacterium tumefaciens* werden also außer den von SMITH an sehr verschiedenen Pflanzen beschriebenen undifferenzierten Geschwülsten Neubildungen der verschiedensten Art an Pflanzen hervorgerufen. — Wenn nach einem gemeinsamen Charakteristikum aller dieser Formen gesucht wird, dürfte es wohl darin zu finden sein, daß durch die Einwirkungen der Bakterien an der Infektionsstelle die zur normalen Pflanzenform führenden Wachstumshemmungen aufgehoben sind. Das Wachstum resp. die Teilungsfähigkeit der Zellen und Gewebe überschreitet die festen Schranken. Die Korrelationen, die im Gesamtplan den Ort der einzelnen Organe bestimmen, machen sich nicht mehr geltend. Die Organe selbst gehorchen nicht mehr durchaus den normalen Bildungsgesetzen, und es entstehen Anomalien aller Art. — Am meisteln ähneln noch diese Vorgänge den nach eingreifenden Verwundungen auftretenden Kallusbildungen. Auch hier werden die Zellen zu manchmal umfangreichen anfangs undifferenzierten Neubildungen angeregt, auf denen sich in Adventivsprossungen neue Organe ausbilden. Ein deutlicher Unterschied liegt aber darin, daß auch die Kallusbildung neben ihrer Abhängigkeit von äußeren Einflüssen stets den Hemmungen, welche vom

---

[15]) PANTANELLI, Beiträge zur Kenntnis der Roncetkrankheit oder Krautern der Rebe. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh., 1912, Bd. XXII.

[16]) W. MAGNUS, Blätter mit unbegrenztem Wachstum in einer Knospenvariation von *Pometia pinnata* FORST. Ann. jard. bot. Buitenz., 2. ser.. suppl. III, 1910.

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

Gesamtorganismus ausgehen, unterworfen bleibt und ein beschränktes Maß nicht überschreitet, wie auch die auf ihm entstehenden Neubildungen sich der Organisation des Gesamtorganismus einfügen. — Lehrreich ist ein Vergleich zwischen Tumor- und Kallusbildung bei Infektion von Wunden, welche schon normalerweise Wundgewebe produzieren. Neben den schon früher beschriebenen Infektionen von Zuckerrüben[17]) erwiesen sich hierfür die Schnittwunden von Weidenstecklingen sehr brauchbar. Während sich unter geeigneten Bedingungen auch auf den nicht infizierten Wunden ein deutlicher Kallus bildete, übertraf die Gewebewucherung der infizierten Zweige ihn um das Vielfache. Hingegen konnte in meinen Versuchen ein Unterschied bei den Stecklingen von Pappel (*Populus nigra*), wo sich unter günstigen Bedingungen schon normal eine gewaltige Kallusbildung einstellt, ein deutlicher Unterschied nach der Infektion nicht aufgefunden werden.

Wenn also die Tumorbildung in gewisser Beziehung einer sehr gesteigerten Kallusbildung zu vergleichen ist, könnte man sich vorstellen, daß in den Tumoren, der Kallusbildung entsprechend, eine so starke Anhäufung von plastischem Nahrungsmaterial stattfindet, daß die Bildung von Adventivsprossen nur als eine direkte Folge hiervon anzusehen ist und in keiner unmittelbaren Beziehung zur Gallwirkung steht. Dies mag in gewisser Beziehung für die Hexenbesenbildung bei *Begonia* mit seinen normalen Zweigen zutreffen. Auch ist *Begonia* bekanntlich an und für sich zur Bildung von Adventivsprossen sehr geneigt. Doch weist auch schon hier die fortdauernde Neubildung der Organe zusammen mit dem beschränkten Längenwachstum der Zweige darauf hin, daß in der tragenden Stengelgeschwulst sich physiologische Prozesse besonderer Natur abspielen müssen. Diese werden dann noch deutlicher, wenn, wie bei den meisten der geschilderten Neubildungen, die Organe überhaupt nicht mehr zur normalen Ausbildung gelangen, sei es daß sie sehr bald absterben, sei es daß sie in ganz unentwickeltem Zustand jene blumenkohlartigen Massen bilden, sei es daß sie durch zahlreiche Mißbildungen auf tiefgreifende ernährungsphysiologische Störungen hinweisen. — Ein weiterer physiologischer Unterschied zwischen Tumor und Kallusbildung scheint darin zu liegen, daß, während das Kallusgewebe normalerweise erhalten bleibt, dies bei unseren Tumoren zumeist nicht der Fall ist. Hier beginnen sehr häufig nach kürzerer oder längerer Zeit die Neubildungen abzusterben. Sie können schlaff werden und vertrocknen oder auch

[17]) l. c. Zeitschrift für Hygiene, 1915, Taf. V, Fig. 1—2.

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

direkt abfaulen, wobei die Gegenwart anderer saprophytischer Organismen mitwirken dürfte. Die Pflanze selbst kann dann nach dieser Selbstheilung ohne weitere Schädigung weiterwachsen oder, wie es häufig geschieht, der tragende Zweig oder auch die ganze Pflanze fast plötzlich wie durch Vergiftung absterben.

Welche Umstände diese oder jene Neubildungsformen entstehen lassen, hängt sicherlich neben den äußeren Lebensbedingungen von dem physiologischen Zustand der Pflanze und der Wirksamkeit der Bakterien ab. Diese Faktoren haben auch darüber zu entscheiden, ob es überhaupt zur Entstehung von Neubildungen kommt. Hierfür mag auf eine auffällige Tatsache hingewiesen werden. Durch die weite Verbreitung der bakteriellen Neubildungen bei *Pelargonium* scheint erwiesen zu sein, daß die *Bacterium-tumefaciens*-Stämme in der Natur sehr häufig sind. Durch Infektionsversuche wurde weiter nachgewiesen, daß die aus solchen Neubildungen isolierten Bakterien auf der Tomate große Tumoren, z. B. an der Basis der Stecklinge, hervorzubringen vermögen. Dennoch konnten irgendwelche Tumore auch in Warmhäusern nicht aufgefunden werden und scheinen auch sonst an der Tomate bisher nicht spontan beobachtet zu sein. Es dürfte daraus zu folgern sein, daß nur die sehr reichliche Zuführung von Bakterien im Experiment imstande ist, die in der Pflanze vorhandenen Kräfte gegen Bakterieninfektion zu überwinden. Es zeigt aber auch die Art des Auftretens der *Pelargonium*-Krankheit, daß die Krankheitsdisposition weitgehend durch äußere Einflüsse und den physiologischen Zustand der Pflanze bedingt ist, Verhältnisse, die sich auch im Experiment zuweilen störend geltend machen. Ihre Klärung müßte für das Verständnis der Krankheitsdisposition der Pflanzen überhaupt von Bedeutung sein.

SMITH will die Bildung von sekundären Tumoren durch die Vermittlung von krankhaften, auswachsenden Gewebesträngen (Tumorstrand) beobachtet haben. Er hatte sie mit den Metastasen des menschlichen Krebses verglichen und daraufhin diese Tumoren als „plantcancer“ bezeichnet. Ich habe bei allen meinen vielen Infektionen bisher nichts gesehen, was auf die Existenz solcher Tumorstrands hinwiese, und es fällt damit dieser von SMITH gegebene Vergleich zum menschlichen Krebs.

Dennoch dürfte in anderer Beziehung ein Vergleich der hier beschriebenen, durch *Bacterium tumefaciens* hervorgerufenen Neubildungen zum Menschenkrebs nicht bedeutungslos sein.

Die Isolierung pflanzentumorenerzeugender Stämme von *Bacterium tumefaciens* aus dem kranken Menschen und die Fähigkeit dieser Bakterien, auf Pflanzen der verschiedensten Familien Geschwülste

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

zu erzeugen, hatte uns unwillkürlich die Frage aufgedrängt, ob dieses merkwürdige *Bacterium* nicht auch mit den krebsartigen Neubildungen des menschlichen Körpers in irgendeinem Zusammenhang stehe. — Unzweifelhaft ist momentan die „nicht parasitäre" Theorie des Krebses die herrschende und durch bedeutende Forscher energisch verteidigte; dennoch muß das Krebsproblem als ganz ungelöst angesehen werden. Zwar können durch kräftige Reizwirkung, wie z. B. durch die Einwirkung von Röntgenstrahlen (Röntgenkrebs), typische Krebsbildungen hervorgerufen werden, es weisen aber zugleich die Erfahrungen zahlreicher exakter Beobachter deutlich auf eine Ansteckungsfähigkeit des Menschenkrebses hin.

Aus der Ätiologie unserer Pflanzentumoren dürften sich nun gewisse Rückschlüsse auf die Möglichkeit einer „parasitären" Krebstheorie ziehen lassen. Obgleich das *Bacterium tumefaciens* weit verbreitet ist, ist es doch nur in seltenen Fällen imstande, spontan Neubildungen hervorzurufen, es ist vielmehr dazu eine ganz spezielle Disposition der Pflanze oder die Wirkung großer Bakterienmengen erforderlich. Diese Disposition wird bei der Pflanze zum Teil durch Wundsetzung gegeben. — Es ist bekannt, wie sich auch beim Menschen auf Grund von Verwundungen typische Krebswucherungen ausbilden; aber sie entstehen doch immerhin nur recht selten, und es ist durchaus denkbar, daß erst ein hypothetischer vielleicht weit verbreiteter Parasit hinzutreten muß, um auf der gereizten Stelle einen Krebs hervorzurufen. Bei einer etwaigen Ansteckung kann hingegen vielleicht die Einwirkung großer Bakterienmengen genügen. — Die Einwirkung der Bakterien auf die Pflanze besteht, wie wir sahen, in der Aufhebung der zur normalen Pflanzenform führenden Wachstumshemmungen. An undifferenzierten Gewebewucherungen können dann alle möglichen Organe an hierfür ungeeigneten Stellen angelegt werden. — Als ein Charakteristikum des menschlichen Krebses kann gleichfalls die Aufhebung der Wachstumshemmungen, welche zum schrankenlosen Wachstum führt, angesehen werden, wobei zum Teil normale Gewebselemente an hierfür nicht vorgesehenen Stellen gebildet werden. Der ganz anders geartete Bau des pflanzlichen und tierischen Körpers läßt natürlich einen näheren Vergleich der Wachstumsvorgänge nicht zu. Wichtig aber erscheint, daß hier wie dort die anormale Neubildung eine auffallend große Anziehungskraft auf die Nährstoffe ausübt und sie bei ihrem überraschend schnellen Wachstum dem Mutterorganismus entzieht. Hier wie dort sehen wir dann öfters das Geschwulstgewebe plötzlich absterben und unter Umständen wohl unter dem Einfluß anderer saprophytischer Mikroorganismen verfaulen.

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

Der Nachweis der Bakterien in den Pflanzentumoren kann durch die Smith'schen Angaben nicht als in befriedigender Weise geführt angesehen werden. Er ist jedenfalls äußerst schwer. Soweit meine bisherigen Erfahrungen reichen, finden sich die Bakterien sehr vereinzelt in den Zellen an der Grenze vom gesunden und Tumorgewebe. Diese Ansicht wird durch Isolierungsversuche gestützt. Aus der Nichtauffindung von Bakterien im menschlichen Krebs darf also nicht auf ihre Abwesenheit geschlossen werden. Für die Neubildung operativ entfernter Krebsgeschwülste wird das anscheinend gesunde Gewebe in der Nähe des Krebses als das gefährlichste angesehen, und deshalb bei der Operation auch noch ein beträchtlicher Teil dieses Gewebes entfernt.

Wenn es sich auch vielleicht empfiehlt, für unsere Pflanzengeschwülste den Namen Krebs zu vermeiden, einerseits weil er in der gärtnerischen Literatur für jederlei anormale Wucherungen gebraucht wird, andererseits um nicht laienhafte Vorstellungen über eine Identität zwischen Pflanzen- und Menschenkrebs aufkommen zu lassen, läßt sich somit nicht leugnen, daß durch die hier geschilderten pflanzlichen Neubildungen durch Bakterien auch manche Fingerzeige für das Verständnis der menschlichen Geschwülste gewonnen werden können und sie erneut auf die Möglichkeit eines parasitären Ursprungs des menschlichen Krebses hinweisen.

Die weitere hiervon unabhängige Fragestellung scheint aber nicht minder berechtigt, ob ein eventueller Krebserreger Beziehungen zu *Bacterium tumefaciens* besitzt. Auf diese Frage, die unserer Meinung nach einer Beantwortung bedarf, können nur Experimente entscheiden, die wir nicht versäumen werden, weiter im Auge zu behalten.

Tafelerklärung.

Die Photographien wurden zum Teil von mir, zum Teil von meiner Laboratoriumsgehilfin Frl. Mielentz aufgenommen. Sie sind unretuschiert.

Taf. IX. *Solanum lycopersicum* (Tomate).

Fig. 1. Basaltumor am Steckling, drei Wochen alt. Pflanzenpathogener Stamm „Reichsanstalt“ und die Kontrolle eines gleichalten nicht infizierten Stecklings.

Fig. 2. Wurzelhalsgalle, drei Wochen alt. Tierpathogener Stamm „Peil“, der Kartoffel passiert hat.

Fig. 3. Wurzelhalsgalle, fünf Wochen alt. Pflanzenpathogener Stamm „Kral“.

Fig. 4. Stengelgeschwulst, zwei Wochen alt. Tierpathogener Stamm „Fichte“, der *Pelargonium* passiert hat.

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

Taf. X. *Pelargonium zonale* resp. *inquinans.*

Fig. 5. Spontane blumenkohlartige Geschwulst am Wurzelhals einer weißrandigen Varietät, aus der Bakterienstamm „Pelargonium" isoliert wurde.

Fig. 6. Knospendeformation, vier Wochen alt. Tierpathogener Stamm „Fichte".

Fig. 7. Spontan monströs verdicktes Blatt einer grünen Varietät.

Fig. 8. Gehäufte Adventivwurzelbildung, drei Wochen alt. Pflanzenpathogener Stamm „Kral".

Taf. XI. Englisches *Pelargonium*, spontane Geschwülste.

Fig. 9. Igelartiges Knospenkonglomerat.

Fig. 10. Morgensternartiges Gebilde mit Doppelblättern.

Fig. 11. Wurzelhalsgalle mit Schlauchblättern (Aszidien).

Fig. 12. Wurzelhalsgalle mit vielfach zusammengesetztem Blatte.

Taf. XII.

Fig. 13. Tabakstengeltumore und Bildung von dicht gedrängten Adventivwurzeln, vier Wochen alt. Pflanzenpathogener Stamm „Charitee".

Fig. 14. *Petunia.* Tumoren zum Teil mit Adventivsprossen. Stamm „Pelargonium", drei Wochen alt.

Fig. 15. *Petunia.* Spontane blumenkohlartige Wurzelhalsgalle.

Fig. 16. *Sparmannia africana.* Blumenkohlartige Knospenhäufungen und monströse Blätter.

Taf. XIII.

Fig. 17. *Begonia.* Hexenbesenbildung, sechs Monate alt. Pflanzenpathogener Stamm „Jensen".

Fig. 18. Desgleichen. Detail.

Fig. 19. *Fuchsia.* Stengeltumor mit beginnender Adventivsproßbildung, vier Wochen alt. Pflanzenpathogener Stamm „Jensen".

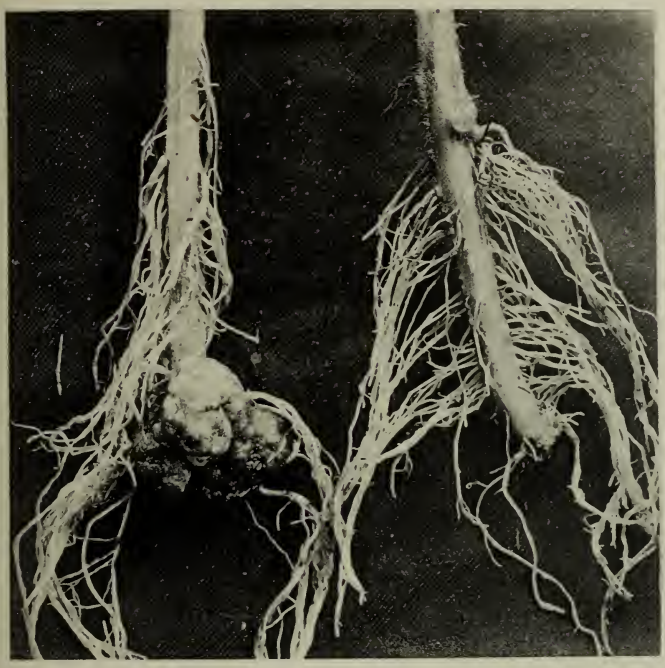
Fig. 20. Der gleiche Sproß hat sich zu einer hexenbesenartigen Bildung weiter entwickelt. Drei Monate alt.

Endomixis und ihre Bedeutung für die Infusorienzelle.

Von Rh. Erdmann.

Mit dem von Woodruff und Erdmann 1914 neugebildeten Wort „Endomixis" ist folgender biologischer Vorgang bezeichnet. In einem *Paramaecium* findet eine Umordnung des Chromatinmaterials statt, auf die die Neubildung des gesamten Kernapparates folgt. Diese Neubildung des Kernapparates, die nach einer bestimmten Anzahl agamer, also vegetativer, asexueller Teilungen eintritt, steht in keinem äußeren Zusammenhange mit dem Sexualvorgang bei Infusorien, der Konjugation, auf die stets eine Erneuerung des Kernapparates folgt. Endomixis ist bis jetzt nur allein beschrieben für die Infusorienzelle, und zwar haben Woodruff und Erdmann dies für *Paramaecium*

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



1

2

3

4

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

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

5

6

7

8

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

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

9

10

11

12

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

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

13

14

15

16

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

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

17

18

19

20

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin

Jahr/Year: 1915

Band/Volume: 1915

Autor(en)/Author(s): Magnus Werner

Artikel/Article: Durch Bakterien hervorgerufene Neubildungen an Pflanzen. 263-277