Physiologische Studien über den Hopfen.

Von

Dr. Johannes Behrens.

Die im Nachfolgenden mitzutheilenden Versuche und Beobachtungen wurden, soweit lebende Pflanzen dabei in Frage kommen, bis auf die wenigen Ausnahmen, welche jedesmal besonders erwähnt werden, an normalen, im freien Lande stehenden Hopfenpflanzen einer im Jahre 1888 gemachten Culturanlage der landwirthschaftlich-botanischen Versuchsanstalt zu Karlsruhe hauptsächlich während der Vegetationsperiode 1893 angestellt. Dieselbe ist eine niedere Herrmann'sche Drahtanlage, bei der die Hopfensprosse an schräg gespannten Bindfäden bis zu dem 2 m über dem Boden befindlichen Horizontaldraht emporwinden, an den sie dann angeleitet werden müssen. Ausserdem kommen noch ein Hopfenstock, der an den im Abstande von 0,3 m vertikal gespannten Bindfäden einer von Norden nach Süden gerichteten Schlingpflanzenanlage rankte, und andere, die an einem von Osten nach Westen verlaufenden Drahtzaun kletterten, in Betracht. Die dort gepflanzten Sorten sind Spalter, Schwetzinger und Auschaer Grün-Hopfen, deren Uebereinstimmung mit wildem Waldhopfen ausserdem noch festgestellt wurde. Ebenso sind die gelegentlich erwähnten Versuche, welche andere Arten betreffen, mit Freilandpflanzen am natürlichen Standort angestellt.

Die Zahl der Arbeiten, welche sich mit der Physiologie der Hopfenpflanze beschäftigen, ist nur gering. Sieht man von Fleischmann[1]), der die Transpiration der Hopfenblätter im gesunden und kranken Zustande zum Gegenstand seiner Untersuchung machte, ab, so ist es hauptsächlich die Windebewegung des Hopfens, welche in der weitläufigen Litteratur über das Winden der Pflanzen von Mohl und Palm an vielfach behandelt wurde. Das Längenwachsthum des Hopfens hat Sachs[2]) zum Gegenstande seines Studiums gemacht und am

1) W. Fleischmann, Untersuchungen über den Hopfen. Die landw. Versuchsstationen, IX, 1867, S. 337 ff.

2) Sachs, Ueber den Einfluss der Lufttemperatur und des Tageslichts auf die stündlichen und täglichen Aenderungen des Längenwachsthums (Streckung) der Internodien. Arbeiten des bot. Instituts Würzburg, 1872, I, S. 99 ff., insbesondere S. 129 ff. und 178 ff. Gesammelte Abhandlungen, II, 1893, S. 709 und 757

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0367-3

gleichen Orte auch die früheren Beobachtungen Hartings reproduzirt, und kritisch beleuchtet. Sachs hat sich überhaupt des Hopfens häufiger als Versuchspflanze bedient, so bei seinen Untersuchungen „über den Einfluss des Tageslichts auf Neubildung und Entfaltung verschiedener Pflanzenorgane“ [1]) und in dem Aufsatze: Ein Beitrag zur Ernährungsthätigkeit der Blätter.“ [2])

Bezüglich der Chemie des Hopfens, speziell der technisch wichtigen Blüthenstände, sei neben der im folgenden noch öfter zu erwähnenden Dissertation Greshoff's [3]) insbesondere auf die neueste Arbeit von Brown und Morris [4]) hingewiesen.

Weitere Litteratur über die spezielle Physiologie des Hopfens wird im Verlauf der Darstellung gelegentlich angeführt werden.

Die im Nachfolgenden mitzutheilenden Untersuchungen werden übrigens fortgeführt und vervollständigt und die Resultate seinerzeit mitgetheilt werden.

I. Das Rhizom des Hopfens.

Von den oberirdischen Sprossen des Hopfens unterscheiden sich die unterirdischen schon beim ersten Anblick nicht nur durch ihre Färbung, den Mangel der Laubblätter und die Bewurzelung, sondern vor allem auch durch ihre weit grössere Dicke und fleischige Consistenz, welche sie als Reservestoffbehälter charakterisiert. Die Internodien des Rhizoms sind gegenüber denen der Laubsprosse stark verkürzt; in seinen Verzweigungsverhältnissen gleicht es im übrigen den letzteren vollständig; seine Aeste setzen sich direkt in Laubsprosse fort.

Wir gehen aus von den kegelförmigen Winterknospen des Rhizoms, welche in alternirenden zweigliedrigen Wirteln der Blattstellung entsprechend angeordnet sind. Ihre Grösse ist sehr verschieden; die am weitesten ausgebildeten haben schon im Herbst eine Länge von 2 cm und darüber, und ihre untersten Internodien sind mehr oder weniger gestreckt. Bekleidet sind die Knospen von schuppenförmigen Deckblättern, die wie Laubblätter in dekussirten zweigliedrigen Quirlen stehen. Der unterste Wirtel besteht aus 2 getrennten, kurzen, schuppenförmigen Niederblättern, die dann zunächst folgenden Niederplattpaare sind mit einander auf die Hälfte bis Zweidrittel ihrer Länge zu einer Röhre verwachsen, ihr freier Theil gleicht ganz den untersten Knospen-

1) Bot. Ztg. 1863, Ges. Abhandlungen I, 1892, S. 179 ff. (S. 197 und 204).
2) Arb. des bot. Inst. Würzburg, III, S. 1 ff. Ges. Abh. I, 1892, S. 354 ff.
3) Greshoff, Chemische Studien über den Hopfen. Jena 1886.
4) Transaktions of the institute of brewing, 1893, S. 94 ff.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0368-9

schuppen. Sie endigen in einen dreilappigen Zipfel, dessen mittlerer Lappen relativ breit und rundlich ist, während die beiden seitlichen mehr schmalen, spitzen Blattzähnen gleichen und den mittleren überragen, so dass derselbe als Einbuchtung zwischen den Seitenlappen erscheint. Unter jedem der drei Endlappen endet eines der drei die Knospenschuppe durchziehenden Gefässbündel; vor dem mittleren steht am Grunde des Niederblattes die Achselknospe. Danach ist es zweifellos, dass diese Niederblattbildung gleich den Knospenschuppen des Ahorns, der Rosskastanie u. s. w.[1]) der kräftigen Entwicklung des Blattgrundes ihre Entstehung verdankt, indess Blattspreite und Nebenblätter nur als Lappen an der Spitze der Schuppe nachweisbar sind.

Weiter nach oben und innen wird der Knospenschutz indess von Gebilden eines anderen Typus übernommen. Hier übernehmen, ebenso wie an der Endknospe des oberirdischen Stengels, die Stipeln der Laubblätter diese Function. Bei den äusseren Knospenschuppen dieser Kategorie ist die Blattspreite zwischen den Stipeln allerdings normal angelegt, aber viel kleiner als bei den weiter nach innen folgenden derselben Knospe. In den meisten Fällen bleiben ja auch die Stengeltheile, an welchen die ersteren inserirt sind, noch unterirdisch, ihre Spreiten gelangen dementsprechend nicht zur Entfaltung. Nach dem Innern der Knospe, dem Vegetationspunkte, hin nimmt natürlich die Grösse der Blattspreite auf diesem Entwicklungsstadium der Winterknospe ebenfalls wieder ab.

Was den Bau des Sprosses im Knospenstadium betrifft, so gleicht er dem des oberirdischen jungen Sprosses. Die stumpf sechskantigen Internodien zeigen auf dem Querschnitt unterhalb der Epidermis und der parenchymatischen Rinde, ein grosszelliges Mark einschliessend, einen Kreis von sechs Gefässbündelanlagen. Bezüglich des Bündelverlaufs sei auf die eingehende Untersuchung Naegeli's[2]) und auf de Bary[3]) verwiesen. Die Blätter sind dreispurig, die Medianspur gabelt sich im nächsten Knoten und setzt sich mit je einem Ast an die benachbarten Lateralstränge der beiden nächstuntern Blätter an, die beiden Lateralstränge, welche die Nebenblätter innerviren, biegen im nächstuntern Knoten convergirend aus und legen sich denselben

1) Goebel, Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Blattes. Bot. Zeitung 1880, Sp. 753 ff.

2) Naegeli, Beiträge zur wissenschaftlichen Botanik, I, Leipzig 1858, S. 75, 92, 114.

3 De Bary, Vergleichende Anatomie, Leipzig, 1877, S. 254.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0369-7

Lateralsträngen des nächstuntern Blattpaares an, mit denen die Gabeläste des Medianstranges sich vereinigen.

Während es im Herbst (Oktober) nach meinen Erfahrungen nicht gelingt, die Winterknospen des Rhizoms zur Entwicklung zu bringen, geschieht dies im Frühjahr selbst bei relativ niederer Temperatur. Die Knospenachse streckt sich, die Spitze durchbricht unter dem Schutz der sie fest umschliessenden Stipeln die Erdoberfläche und beginnt jetzt auch zu nutiren, worauf endlich auch die typische Windbewegung, die Rotation des überhängenden Sprossgipfels, sich einstellt.

Untersucht man im Laufe des Sommers den diesjährigen Spross wieder, so fällt direct der grosse Unterschied zwischen dem am Licht befindlichen und dem unterirdischen Theil desselben auf: Beide sind von einander sehr scharf und fast ohne Uebergang abgesetzt, und der Unterschied zwischen ihnen sowohl im äussern Aussehen wie im anatomischen Bau verschärft sich noch bis zum Ende der Vegetationsperiode.

Beide sind natürlich in die Dicke gewachsen, indess in sehr verschiedenem Grade. So hatte z. B. von zwei auf einander direkt folgenden Internodien an der Grenze von Luft und Erde das unterirdische 2 cm, das oberirdische 0,8 cm Durchmesser. Dazu kommt noch der funtamentale Unterschied im anatomischen Bau insbesondere des Holzkörpers. Während dieser im oberirdischen Internodium ausschliesslich aus Elementen mit verholzten Zellwänden besteht, ist im Xylem des Rhizoms nur in den Wänden der trachealen Elemente und höchstens noch in den Mittellamellen der Holzfasern mit Phloroglucin und Anilinsulfat Verholzung nachzuweisen. Die secundären Verdickungsschichten der Holzfasern des Rhizoms bestehen aus Cellulose und lassen nur ein enges, meist spaltenförmiges Lumen; sie gleichen darin einigermassen den Holzfasern vieler Leguminosen [1]), ohne dass sich, wie bei diesen, die Innenlamelle mit Jod allein schon blau färben liesse. Die grosse Masse des Xylems besteht im Rhizom aus dünnwandigem Parenchym, das reich mit Reservestoffen erfüllt ist. Die grössere Dicke der unterirdischen Stengeltheile ist indessen weniger durch die quantitative Entwicklung des Holzkörpers bedingt, obgleich allerdings auch dieser den der oberirdischen gleichaltrigen Internodien übertrifft, als durch die gesteigerte Produktion von sekundärem Phloëm, das seiner Hauptmasse nach ebenfalls aus dünnwandigen Parenchymzellen besteht. Auf einem mir vorliegenden Querschnitt durch einen

1) De Bary, Vergl. Anatomie S. 497.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0370-8

diesjährigen Rhizomtheil von 15 mm Durchmesser misst das Mark 2, der Holzring 2,5 und der Rindenring 4 mm im Durchmesser, wovon auf die primäre Rinde nur ein sehr geringer Bruchtheil kommt. Ebenso wie das Holzparenchym speichern auch Mark und Rinde reichlich Reservestoffe. Nach aussen ist das Rhizom umkleidet von einer ziemlich mächtigen subepidermal entstandenen Korkschicht, die von zahlreichen, schon dem blossen Auge als weisse, meist in der Längsrichtung des Organs gestreckte Warzen auffallenden Lentizellen durchbrochen ist. Auch die älteren Internodien des oberirdischen Sprosses besitzen einen subepidermalen Korkmantel, der aber so wenig mächtig ist, dass er die grüne Farbe der Rinde nicht verdeckt; Lentizellen wurden nicht gefunden; die innern Markzellen haben in den ausgewachsenen Internodien ihren Inhalt eingebüsst bis auf die Oxalatdrusen und sind todt, die innersten sind zerrissen und haben einer centralen Markhöhle Platz gemacht.

Im zweiten Lebensjahre entsteht ein innerer Korkmantel in der secundären Rinde und wirft alle äussern Gewebe als längsfaserige Ringelborke ab. Das in der zweiten Vegetationsperiode gebildete Holz ist von dem des ersten Jahres deutlich unterschieden, hauptsächlich dadurch, dass im Beginn der Vegetationsperiode tracheale Elemente in grösserer Anzahl gebildet werden, diese also im Frühjahrsholz gehäuft stehen. So werden die Jahresringgrenzen besonders deutlich.

Der Hopfen besitzt demnach ein von den oberirdischen Sprossen durchaus verschieden gebautes Rhizom, mittels dessen er perennirt. Die blattwinkelständigen Seitenzweige desselben bilden im Frühjahr den Ersatz für die Laubsprosse des Vorjahres. Ihr unterirdischer Basaltheil bildet das Rhizom weiter und liefert die Ersatzsprosse für das nächste Jahr. Schon aus diesem Verhalten wird es wahrscheinlich, dass die Bildung des Rhizoms durchaus nur auf äussere Ursachen zurückzuführen ist, dass mit andern Worten jeder beliebige Theil eines Hopfensprosses durch entsprechende Aenderung der Vegetationsbedingungen beliebig zum Rhizom umgestaltet werden kann.

Diese Vermuthung wurde vollständig bestätigt. Macht man aus beliebigen Laubsprossen, z. B. der Gipfelregion eines Hopfenstockes, Stecklinge, die ausserordentlich leicht wachsen, so findet man bei der Untersuchung im Herbst, dass der unterirdische Theil derselben durchaus Rhizomnatur angenommen hat sowohl in seinem äussern Aussehen wie im anatomischen Bau. Der Holzkörper gibt nur soweit die

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0371-4

Ligninreactionen, als er während des oberirdischen Lebens des Zweiges schon ausgebildet war; der weitere Zuwachs zeigt durchaus den Bau und das Verhalten des im Vorhergehenden beschriebenen Rhizomholzes. Ebenso zeigen Bast und Rinde durchaus den Charakter der gleichen Gewebetheile normaler Rhizome. Auch das quantitative Verhältniss von Holz und Bast ist durch das Einstecken in die Erde funtamental in der für das Rhizom charakteristischen Weise geändert. Dabei ist es gleichgiltig, ob der in die Erde gesenkte Theil des Stecklings Augen besitzt oder nicht, ob man also einen blatt- und knospentragenden Knoten mit in die Erde gebracht hat oder nur einen Theil eines Internodiums, in welch' letzterem Fall die Pflanze natürlich nicht perenniren kann. Ebenso ist es ohne Einfluss, ob der Spross schon ein Rhizom besitzt oder nicht. Auch Absenker, d. h. Sprosse, die man, ohne sie aus ihrem Zusammenhange mit dem Mutterrhizom zu trennen, in die Erde einlegt, bilden die eingelegte Strecke durchaus rhizomartig aus.

Die Rhizombildung beim Hopfen ist also, soweit nicht die inhärente erbliche Fähigkeit, je nach den äussern Bedingungen seine Sprossachsen verschieden auszubilden, in Frage kommt, von aussen inducirt und dadurch von andern untersuchten Fällen der Rhizombildung unterschieden. Bei der Knollenbildung der Kartoffel und anderer Knollengewächse, sowie bei der Rhizombildung von Stachys affinis und palustris wird ja, wie Knight und Vöchting's Versuche lehren[1]), die Bildung der Knolle resp. des Rhizoms unter allen Umständen angestrebt; die Pflanze bildet unter allen Umständen diese Organe; wenn es nicht am naturgemässen Orte, also unterirdisch, geschehen kann, so an andern Stellen, in der Achsel der oberirdischen Blätter. Die Ueberwinterungsorgane dieser Pflanzen sind gleichsam Organe sui generis, ganz verschieden von den andern einjährigen Sprossachsen. Beim Hopfen ist das nicht der Fall. Ebensowenig steht die Rhizombildung hier in korrelativen Beziehungen zu den andern Achsenorganen, wie etwa die Rhizome resp. unterirdischen Ausläufer bei Circaea, Sparganium, Stachys palustris u. s. w.[2])

Die weitere Frage ist die, welche besonderen Umstände unter all den abweichenden Bedingungen, in die der Spross durch das Ein-

1) K. Goebel, Zur Geschichte unserer Kenntniss der Correlationsvorgänge, Flora 1893, S. 38 ff. — Vöchting, Ueber die Bildung der Knollen. Cassel 1887. — Id., Ueber eine abnorme Rhizombildung. Bot. Ztg. 1889, Nr. 31 (Stachys).

2) Goebel, Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Blattes. Bot. Ztg. 1880, Sp. 813.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0372-0

legen in Erde gebracht wird, die rübenartige Ausbildung der Sprosse verursachen. In Betracht kommen dabei die Lichtentziehung, die Verhinderung der Transpiration und endlich die Berührung mit dem Medium, den Bodentheilchen. Auszuschliessen ist zunächst die Verdunkelung als alleinige Ursache der fleischigen Ausbildung der Sprosse. Wie schon Sachs[1]) mitgetheilt hat, und eigene Versuche mir bestätigten, verhindert Verdunkelung der Sprosse die volle Entfaltung der Blätter und das Ergrünen sowohl dieser wie der im übrigen ziemlich normal gestreckten Internodien; die letzteren nehmen jedoch durchaus keine Rhizomstruktur an, und die ersteren erreichen immerhin einen weit höheren Grad der Ausbildung als an den unterirdischen Rhizomen. Es kommen also nur noch die feuchte Umgebung und das Medium selbst (Berührungsreiz) in Betracht. Leider kann ich entscheidende Versuche hierüber noch nicht mittheilen, da mehrere Versuche, Hopfenstecklinge in Wasser theils am Licht, theils bei Verdunkelung ihrer in's Wasser tauchenden Basis zu ziehen, missglückten, und die Jahreszeit inzwischen so weit fortgeschritten war, dass sich auch die oberirdischen Knospen nicht mehr zur Entwicklung bringen liessen. Im feuchten Raume gingen die eingebrachten Hopfenzweige bald zu Grunde, ohne dass sie sich nennenswerth weiter entwickelt hätten. Immerhin dürfte die Annahme, der Berührungsreiz sei die Ursache der fleischigen Ausbildung der Sprosse, wenig Wahrscheinlichkeit für sich haben.

Ueber die Ursache der fleischigen Anschwellungen, die viele Wurzeln in ihrem Längsverlauf zeigen, habe ich keine Vermuthungen. Dieselben sind sehr beträchtlich. So zeigte z. B. eine ziemlich senkrecht nach unten gewachsene Wurzel direct über und unter der 11 mm dicken, mehrere Centimeter langen knollig-spindeligen Anschwellung einen Durchmesser von nur 4 mm; während der Holztheil an beiden Stellen nur etwas über 1 mm im Durchmesser maass, betrug die Dicke des Rindenringes in der Anschwellung kaum weniger als 5 mm, was ausschliesslich auf Rechnung der so stark entwickelten secundären Rinde kam. Uebrigens traf ich solche Wurzelanschwellungen nur an dem alljährlich dem Schnitt unterworfenen Culturhopfen, nicht an nie geschnittenen Stöcken.

Jedenfalls ist die biologische Aufgabe dieser Anschwellungen sowohl wie des Rhizoms die Speicherung von Reservestoffen für die Dauer der Ruheperiode. Wenigstens sind alle lebenden Elemente

1) Sachs, Ueber den Einfluss des Tageslichtes auf Neubildung und Entfaltung verschiedener Pflanzenorgane (Bot. Ztg. 1863). Ges. Abh. I, 1892, S. 197 und 204.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0373-5

des Rhizoms sowohl wie der Wurzelknollen zu Beginn der Ruheperiode (Oktober) vollgepfropft mit kleinen Stärkekörnchen. Auf dem Querschnitt erweist sich bei Behandlung mit Jod nur das cambiale Gewebe als stärkefrei. Ausserdem ist zu dieser Zeit ein in Wasser lösliches, intensiv süss schmeckendes, Fehlings Lösung erst nach dem Kochen mit verdünnten Säuren reducirendes Kohlehydrat, wahrscheinlich Rohrzucker, reichlichst vorhanden, dessen Darstellung nach E. Schulze's Methode[1]) mir leider nicht gelang. Glykose ist dagegen höchstens in Spuren vorhanden. Die Ablagerung der Reservestoffe war in den bisherigen Versuchen stets an die fleischige Ausbildung der Triebe gebunden; auch an den Stecklingen, welche keine Sprossknospen am unterirdischen Stengeltheil führten, war dieser ausschliesslich mit Stärke erfüllt.

Auffällig verschieden von dem Querschnitt eines Rhizomastes im herbstlichen Zustande verhielten sich solche zur Zeit der wiedererwachenden Vegetation (März). Stärke ist nur noch verhältnissmässig spärlich vorhanden und zwar besonders reichlich im Cambiumringe, der im Herbst überhaupt stärkefrei war; auf dem mit Jodjodkalium behandelten Querschnitt erschien das Cambium sogar makroskopisch als blauer Ring. Von dort nimmt nach Holz und Rinde hin der Stärkegehalt ab, ohne indess diesen Geweben ganz zu fehlen. Dafür ist der Zellsaft, wie seine starke Lichtbrechung schon vermuthen lässt, um so reicher an gelöstem Reservematerial, von welchem neben einem invertirbaren Kohlehydrat (Rohrzucker?) sich jetzt auch ein direct Kupferoxyd reduzirendes (Glykose) nachweisen lässt. Von stickstoffhaltigen Reservestoffen wurde neben Eiweisskörpern Asparagin nachgewiesen und in allerdings nur sehr geringer Menge dargestellt.

Eine quantitative Bestimmung der wesentlichen Bestandtheile von im Frühjahr geschnittenen, vorjährigen Rhizomästen, sog. Fechsern, ergab folgendes:

Es sind enthalten	in 100 Theilen sandfreier	
	Frisch-substanz	Trocken-substanz
Wasser	72,90	—
Gesammt-Stickstoff	0,939	3,46
Eiweiss (Eiweiss-N × 6,25)	3,87	14,28
Nichteiweiss (als Asparagin berechnet)	1,51	5,57
Direct reducirender Zucker ($C_6H_{12}O_6$)	2,61	9,62
Invertirbarer Zucker (als Rohrzucker berechnet)	2,32	8,58
Fett (Aetherextrakt)	0,564	2,08
Asche	1,919	7,08

1) E. Schulze, Ueber den Nachweis von Rohrzucker in vegetabilischen Substanzen. Die landw. Versuchsstationen Bd. XXXIV, 1887, S. 408 ff.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0374-1

Dass der Hopfen eine ausgeprägte Ruheperiode besitzt, wurde schon oben erwähnt. Während im Sommer die unterirdischen Rhizomknospen leicht durch Abschneiden der oberirdischen Sprosse zum Austreiben gezwungen werden können, ihr Verharren im Knospenzustande während dieser Zeit also auf einem Correlationsverhältniss beruht, ist das im Herbst (1893 von Mitte September an) nicht mehr möglich. Im Frühjahr dagegen treiben sie ebenso wie die Kartoffeln selbst unter weit ungünstigeren Temperaturverhältnissen aus. Es liegt nahe, dies Verhalten auf die im Laufe des Winters vor sich gehende Veränderung der Form zurückzuführen, in der die stickstofffreien Reservestoffe abgelagert sind. Zu Beginn der Ruheperiode sind Stärke und Rohrzucker allein (auch in den Knospen) vorhanden; erst im Verlauf der Ruheperiode werden diese direct für den Stoffwechsel unbrauchbaren Reservestoffe in die für die Ernährung geeigneten activen Formen[1]) (Glykose) übergeführt, und erst damit ist die Streckung und das weitere Wachsthum der Knospen ermöglicht. So einleuchtend eine derartige Erklärung der Ruheperiode zu sein scheint, mag doch hier auf die schweren Bedenken hingewiesen werden, die derselben in der Thatsache entgegenstehen, dass in allen untersuchten Fällen das Wachsthum der primäre Vorgang ist, und dass die Reactivirung der Reservestoffe erst durch das Wachsthum von Organen oder Organcomplexen resp. durch den dabei stattfindenden Verbrauch und die damit verbundene Entfernung der Umsetzungsprodukte regulirt wird[2]).

II. Die weibliche Blüthe des Hopfens.

Die weiblichen Blüthenstände des Hopfens stehen an den obern Seitenzweigen traubig geordnet mit Gipfelkätzchen. Im untern Theil sind sie noch opponirt und stehen in der Achsel gewöhnlicher Laubblätter; oberwärts alterniren sie meist und sind ihre Stützblätter auf die Stipeln reduzirt. Der Bau der einzelnen Kätzchen ist nach Eichler[3]) folgender: An der Hauptachse, der Kätzchenspindel, steht meist in zwei Zeilen geordnet, selten decussirt, eine Anzahl Schuppenpaare, die Stipulae unterdrückter Laubblätter. Im Blattwinkel jedes

1) Sachs, Vorlesungen I. Aufl. S. 413. — Hansen, Ueber Fermente und Enzyme. Arbeiten des bot. Inst. Würzburg III, 1888, S. 284 ff. — Müller-Thurgau, Beitrag zur Erklärung der Ruheperioden der Pflanzen. Landw. Jahrb. XIV, 1885, S. 874 ff.

2) Vgl. insbes. Pfeffer, Ueber die Ursachen der Entleerung von Reservestoffen aus Samen. Berichte über die Verhandlungen der kgl. Sächs. Gesellsch. d. Wiss. zu Leipzig, Math.-phys. Classe 1893, IV, S. 421 ff.

3) Eichler, Blüthendiagramme II, 1878, S. 61.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0375-7

Nebenblattpaares stehen meist 4- seltener 2 oder 6 Blüthen, jede eingehüllt von einem Hochblatt, einer Blüthenscheide. Bezüglich der morphologischen Verhältnisse des Blüthenstandes sei auf Eichler verwiesen.

Die eigentliche Blüthe besteht aus einem einfächerigen Fruchtknoten (mit einer Samenknospe), gekrönt von einem kurzen Griffel mit zwei langen, über die Schuppen des Zapfens vorragenden, fadenförmigen Narben und dicht umschlossen von einem ungetheilten, mit Drüsenhaaren dicht besetzten, dünnhäutigen Perigon.

Der zapfenförmige Blüthenstand wird getragen von einem wie die vegetativen Internodien stumpf-sechskantigen und gleich ihnen gebauten Stiel, der an Länge den Zapfen selbst meist übertrifft. Im allgemeinen hat er eine solche Wachsthumsrichtung, dass er den Winkel, welchen Blattstiel und Zweigachse mit einander einschliessen, halbirt, wenigstens wenn der Tragzweig eine ziemlich senkrecht aufsteigende Richtung besitzt. Bei andern Lagen des Tragzweiges ist der Doldenstiel, seinem negativen Geo- und positiven Heliotropismus entsprechend, aus der Ebene, welche den Stiel des Tragblattes und das zugehörige Internodium in sich aufnimmt, verschoben, unter Umständen, nämlich bei senkrecht abwärts hängendem Tragzweig, sogar im Bogen aufwärts und an dem Blattstiel vorbei gekrümmt, so dass der Zapfen senkrecht aufrecht gerichtet ist. Der Hopfen ist, wie bekannt, eine windblüthige Pflanze. Durch den allerdings nicht sehr kräftigen positiven Helio- und negativen Geotropismus seines Stieles wird nun der blühende Zapfen aus dem Laubwerk der Sprosse möglichst herausgestreckt und in die günstigste Stellung für die Bestäubung gebracht, welche freilich für den Culturzweck durchaus nicht erwünscht ist. Das nicht ganz seltene Vorkommen reifer, mit wohl ausgebildetem Keimling versehener Nüsschen in der zu den meisten Versuchen benutzten Culturanlage, die mindestens eine halbe Stunde, getrennt durch Häuser, Baumreihen u. s. w., von den nächsten (wilden) männlichen Hopfenstöcken entfernt liegt, ist ein Zeugniss für die Ausgiebigkeit und Sicherheit der Windbestäubung.

Wenn die Narben nach erfolgter Bestäubung oder ohne solche vertrocknet sind, geht indess eine Aenderung in der Richtung der Zapfen vor sich. Dieselben werden durch entsprechende Krümmungen ihrer Stiele in nickende Lage gebracht, so gerichtet, dass sie senkrecht abwärts hängen, und dadurch unter das Laubdach des Sprosses zurückgezogen. Schon die blosse Betrachtung des kräftigen Doldenstiels, der, wie man sich durch Versuche ausserdem überzeugen kann,

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0376-3

ein weit grösseres Gewicht als den eben abblühenden Zapfen leicht aufrecht tragen kann, schliesst die Annahme aus, es sei diese Krümmung eine blosse Lastkrümmung. Allerdings unterbleibt die Abwärtskrümmung des Blüthenstiels, wenn man den Blüthenzapfen entfernt. Derselbe stellt dann sein Wachsthum ein, wie es bei functionslos gewordenen Organen in der Regel der Fall ist, und es ist unzweifelhaft, dass der Blüthenzapfen, die sog. Dolde, nur correlativ, nicht aber als krümmende Last auf das Wachsthum des Blüthenstieles wirkt, ähnlich wie die Entwickelungsvorgänge in der Blüthenknospe resp. den Samenanlagen beim Mohn etc. in Correlation zu der Nutation des Blüthenstieles stehen.[1])

Ebensowenig wie eine blosse Lastkrümmung ist die Abwärtsneigung des Blüthenstandes eine autonome Nutationsbewegung. Eine solche würde dadurch kenntlich sein, dass die Krümmung stets in bestimmter und constanter Beziehung zum Mutterorgan stehen würde, gleichgültig, wie dessen Lage zum Erdradius wäre. Hier aber macht der Umstand, dass bei jeder Lage des Tragsprosses der Blüthenstände die letzteren stets senkrecht nach abwärts in die Richtung der Schwere gestellt werden, es von vornherein zweifellos, dass die Krümmung eine Wirkung von positivem Geotropismus ist, dass also die Blüthenstände nach dem Verblühen ihre geotropische Reactionsfähigkeit fundamental ändern. Negativer Heliotropismus als Ursache der Abwärtskrümmung ist dadurch ausgeschlossen, dass die Beleuchtung ohne Einfluss auf den Vorgang ist, dass z. B. zwei opponirte ungleich beleuchtete Dolden, von denen die eine auf der Ost-, die andere auf der Westseite der Schlingpflanzenanlage (und entsprechend auf Nord- und Südseite des Drahtzaunes) sich befanden, die Krümmung nach abwärts in ganz gleicher Weise ausführten. Die Richtungsänderung der Blüthenstände bei Lichtabschluss zu erzielen, gelang allerdings nicht, aber wohl nur desshalb, weil die dazu bestimmten, bei Lichtabschluss aufblühenden Zapfen schon vorher sich bräunten und abstarben. Auf das Nichtgelingen von Versuchen, durch Verdunkelung Geradestreckung der Doldenstiele nach schon erfolgter Abwärtskrümmung herbeizuführen, möchte ich wenig Werth legen, da dieselben überhaupt nach Erreichung der Endstellung des Zapfens ihre Wachsthumsfähigkeit sofort oder doch sehr schnell verlieren, so dass auch

1) Vöchting, Die Bewegungen der Blüthen und Früchte, Bonn 1882, S. 107 u. 109 ff. — Max Scholtz, Die Nutation der Blüthenstiele der Papaver-Arten und der Sprossenden von Ampelopsis quinquefolia Michx. Beiträge zur Biologie der Pflanzen, Bd. V, H. 3, 1892, S. 383.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0377-9

der Versuch, bei schon positiv geotrop gekrümmten Stielen durch Befestigung des Tragzweiges in umgekehrter Lage die Krümmung umzukehren, nicht gelang.

Schon oben wurde bemerkt, dass der Blüthenstand radiär gebaut ist. Sein Verhalten bei der gebogenen Krümmung bestätigt das auch insofern, als er sich auch physiologisch durchaus radiär verhält. Stets ist die zufällig oben liegende Seite oder Kante des Zapfenstieles die im Wachsthum geförderte, aus jeder Anfangslage wird die positiv geotrope Abwärtsrichtung des Fruchtzapfens ohne Torsion durch einfache Wachsthumsförderung der zufälligen Oberseite des Stieles erreicht. Das Maximum der Krümmung des positiv geotrop gekrümmten Doldenstieles liegt entsprechend der akropetal erlöschenden Wachsthumsfähigkeit desselben meist in der den Blüthen benachbarten Hälfte.

Vöchting[1]) hat für die Blüthenstiele von Papaver, Tussilago farfara, Erodium cicutarium, Geranium pyrenaicum, Taraxacum officinale festgestellt, dass sie nur dann ihre normalen, geotropen Richtungsbewegungen ausführen, wenn sich die Samenanlagen in der von ihnen getragenen Blüthe entwickeln. Andere, wie Viola, Fritillaria[2]), führen die Bewegungen aus, gleichgültig, ob die Blüthen vorhanden oder weggeschnitten sind. Der Hopfen schliesst sich in seinem Verhalten den erstern an: Die Orientierungsbewegung der abgeblühten Zapfen unterbleibt, wenn der Zapfen selbst abgeschnitten wird. Dagegen ist es für das Zustandekommen der Richtungsänderung der Blüthenstiele gleichgültig, ob eine Befruchtung erfolgt ist, oder ob nicht. Es ist daher wohl möglich, dass das Unterbleiben der Abwärtskrümmung nach der Amputation des Blüthenstandes auf Wachsthumsstörungen im Stiel infolge der Verwundung und auf das schnelle Erlöschen der Wachsthumsfähigkeit desselben zurückzuführen ist. Indessen liegt die Annahme ebenso nahe, dass die Abwärtskrümmung in correlativer Beziehung steht zu andern ebenfalls auch ohne vorhergegangene Bestäubung in den verblühten Dolden vor sich gehende Wachsthumserscheinungen, auf die wir im Folgenden zurückkommen werden.

Scholtz[3]) unterscheidet nach den biologischen Zwecken, denen die Orientirungsbewegungen dienen, Entwickelungs-, Functions- und Schutzorientirungen, wobei er schon darauf aufmerksam macht, dass

1) Vöchting, a. a. O. S. 107 u. 109, 126 u. 127, 171, 175, 181.

2) Vöchting, a. a. O. S. 144, 147.

3) Max Scholtz, Die Orientirungsbewegungen der Blüthenstiele von Cobaea scandens Cav. und die Blütheneinrichtung dieser Art. Beiträge zur Biologie der Pflanzen, VI, 1893, S. 306.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0378-4

in vielen, wenn nicht den meisten Fällen ein- und dieselbe Orientirungsbewegung je nach dem Gesichtspunkte, unter welchem man sie betrachtet, unter verschiedene dieser Kategorien fallen kann. Zunächst kann es keinem Zweifel unterliegen, dass die bei der Postfloration [1]) erfolgende gebogene Krümmung der Blüthenstandsstiele beim Hopfen die Zapfen unter die Laubdecke des Sprosses zurückzieht, sie so weniger sichtbar macht und während des Heranreifens der Samen vor manchen schädlichen äussern Einflüssen schützt. Neben dem Charakter einer Schutzorientirung hat die Bewegung aber in vielleicht noch höherem Grade den einer Functionsorientirung: Sie bringt die Fruchtzapfen in die günstigste Lage für die Ausstreuung der Samen, worauf wir später zurückkommen werden.

Zu der Richtungsänderung des Blüthenstandes kommt als wesentlicher und charakteristischer Theil der Postflorationsvorgänge beim Hopfen noch die Vergrösserung der Deckblätter der Einzelblüthen und der Hochblätter (Stipeln unterdrückter Laubblätter) der Zapfenachse. Während z. B. bei Auschaer Hopfen die ovalen Vorblätter der Einzelblüthen zur Zeit der Narbenreife eine Länge von 4 mm, eine grösste Breite von 3 mm besassen, betrug die Länge der ausgewachsenen Vorblätter 12, ihre grösste Breite 8 mm. Ebenso vergrösserten sich die Stipularblätter von einer Länge von 10 und einem grössten Querdurchmesser von 5 mm auf 12 mm Länge und 13 mm Breite [2]). Die Fläche der Blüthenvorblätter vergrössert sich also etwa auf das Achtfache, die der Deckblätter auf das Dreifache ihrer anfänglichen Grösse. Zugleich entwickeln sich auch die schon zur Blüthezeit vorhandenen Drüsenhaare der Blüthenvorblätter und Perigone, die ihrem Bau nach durch Rauter und Martinet bekannt sind [3]), zu ihrer vollen Grösse. Auf denselben oben gemessenen Vorblättern verhielt sich der Durchmesser der Lupulindrüsen, von der Fläche gesehen, zur Blüthezeit und bei der sog. Reife des Hopfens wie 8 : 13. Erst nachdem die Vorblätter ihre volle Grösse erreicht

1) Ueber die Erweiterung dieses Begriffes und seine Anwendung auf alle an einem Blüthenspross nach dem Verblühen stattfindenden Entwickelungsvorgänge, gleichgiltig, ob dieselben nur nach erfolgter Bestäubung eintreten oder auch ohne solche, vergl. Scholtz, l. c. S. 333.

2) Die Zahlen sind Mittel zahlreicher Messungen an einander opponirter Zapfen derselben Pflanze.

3) Vergl. de Bary, Vergleichende Anatomie S. 100, 101. — Neuerdings Holzner und Lermer, Die trichomatischen Gebilde der Hopfenpflanze. Sep. aus Ztschr. f. d. ges. Brauwesen XVI, 1893.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0379-3

haben, wird das ätherische Oel zwischen Cuticula und Cellulosemembran der vertieften Scheibe des Drüsenhaares reichlicher abgesondert und nimmt die charakteristische goldgelbe Farbe an, welche die Lupulinkörner auszeichnet.

Ebensowenig wie die Abwärtskrümmung der Hopfenzapfen sind auch diese Postflorationserscheinungen, auf denen der Werth des Hopfens und seine Cultur beruht, an vorhergehende Befruchtungsvorgänge der Ovula gebunden. Sie treten mit und ohne Bestäubung in gleicher Weise ein; ob indess alle auch in gleichem Grade, ist mir deshalb noch etwas fraglich, weil im Zapfen mit zahlreichen Samen doch ein relativ hoher Prozentgehalt an Lupulindrüsen gefunden ist. So fand Haberland in Wisconsinhopfen bei 21 % Samen 9,76 % Lupulin, im Posener bei 7,8 % reifen Früchten 11,70 % „Hopfenmehl", während der Gehalt anderer Handelshopfen bei 0,02 bis 0,73 % Früchten zwischen 7,92 und 15,70 % Lupulin schwankte.

Was die biologische Bedeutung des Vorblattes der Blüthen und seines postfloralen enormen Wachsthums betrifft, so dient dasselbe als Flugorgan des Nüsschens[1]), mit dem verbunden es sich von der Zapfenachse löst. Nach einigen Bestimmungen beträgt das Gewicht eines Nüsschens mit seinem Flügel 4,8 mg, ohne denselben 2,3 mg[2]). Beim freien Fall stellt sich infolge der Gestalt des nachenförmig gebogenen Vorblattes die Längsachse der Frucht mit dem Nüsschen voran stets in einen sehr stumpfen Winkel, beinahe rechtwinklig zur Richtung des Falles und beschreibt zugleich ausserordentlich schnelle Drehungen um die Fallachse, ebenso wie die Flügelfrüchte des Ahorn, der Hainbuche etc.[3]) Die Verzögerung des Falles durch den Flügel ist eine ziemlich grosse: Die geflügelte Nuss durchfiel im Mittel einiger Versuche eine Strecke von 6 m in 11 Secunden, während sie allein dazu weniger als 3 Secunden gebrauchte (mit Hilfe eines Secundenzählers gemessen). Die Fallverlangsammung beträgt also ungefähr 4.

Die Lupulinkörner wird man ohne Zweifel in ihrer biologischen Bedeutung richtig auffassen, wenn man sie mit Kerner[4]) als Schutzmittel gegen Thierfrass anspricht. Die Beobachtungen Kerner's,

---

1) Vergl. auch Kerner von Marilaun, Pflanzenleben II, S. 789.

2) Nach Greshoff (Studien über den Hopfen. Diss., Jena 1887, S. 55) 2,07 mg, nach Weiss (Der Hopfen. Wien 1878) 2,46 mg.

3) Mit der Fallbewegung der letzteren, welche Dingler (Die Bewegung der pflanzlichen Flugorgane, München 1889, S. 276 u. 277) schildert, hat die der Hopfenfrüchte die meiste Aehnlichkeit.

4) a. a. O. II, S. 441.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0380-4

dass „kein Thier den Versuch macht, sich den Nüsschen zu nähern", kann ich insofern bestätigen, als Mäuse mit Lupulin verunreinigte und darnach riechende Weizenkörner verschmähen, wenn ihnen reine Körner zugleich geboten sind.

Auch die Vergrösserung der Nebenblätter nach der Blüthe wird man als Schutzmittel der heranreifenden Früchte deuten dürfen.

Nach dem eben über die Verbreitung der Früchte Gesagten müssen wir noch einmal auf die postflorale Abwärtskrümmung des Kätzchenstieles zurückkommen, der wir schon im Vorhergehenden neben der Aufgabe einer Schutzorientierung auch die einer Functionsorientirung zugewiesen haben. Sie steht nämlich, wie ich glaube, mit der Ausstreuung der Samen im Zusammenhange. Diese lösen sich sammt ihrem Vorblatt von der Abstammungsachse ab, würden aber bei aufrechter Stellung des Fruchtzapfens in dem Winkel zwischen der Achse und den Nebenblättern derselben passiv liegen bleiben. Bei abwärts gekehrter Stellung der Fruchtkätzchen dagegen vermag der Wind, dem die Verbreitung der Samen anvertraut ist, dieselben aus dem nach unten offenen Deckblattwinkel herauszuschütteln. Demgemäss treffen wir bei vielen, denen des Hopfens ähnlichen Blüthenständen, wenn die Verbreitung der Samen durch den Wind geschieht, dieselbe Abwärtskrümmung, vielfach ebenfalls erst in der Postfloration erfolgend, so insbesondere bei Carpinus betulus, C. orientalis, Ostrya virginica, und den meisten bei uns einheimischen und im Freien aushaltenden Abietineen: Pinus silvestris und Pumilio, Picea excelsa, Tsuga canadensis etc. Ausnahmen bilden unter den letzteren Larix europaea und Abies pectinata, bei welch' letzterer aber die Zapfenschuppen sich zugleich mit den reifen Samen von der Zapfenachse ablösen, trotz senkrecht aufsteigender Stellung des Fruchtzapfens die Ausstreuung der Samen daher nicht beeinträchtigt ist.

Dass die Postflorationsvorgänge beim Hopfen ausnahmslos auch ohne vorhergegangene Befruchtung der Blüthen erfolgen, was übrigens vielfach, so auch bei der von Scholtz beschriebenen Cobaea scandens[1]), der Fall ist und vielleicht gegenüber den nur infolge von vorhergegangener Bestäubung eintretenden Postflorationen als die ursprünglichere Form aufzufassen ist, entspricht auch der von C. F. Gaertner[2]) erwähnten Thatsache, dass der Hopfen sich durch ein besonders

1) Max Scholtz, a. a. O.

2) C. F. Gaertner, Versuche und Beobachtungen über die Befruchtungsorgane der vollkommeneren Gewächse, Stuttgart 1844, S. 561. Dort auch ältere Litteratur.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0381-0

starkes „Fruchtungsvermögen“ auszeichnet, d. h. dass auch ohne Befruchtung bei ihm die Fruchtknoten häufig zu scheinbar normalen, in diesem Falle aber stets leeren und nicht keimfähigen Nüsschen ausreifen. Diese wohl regelmässig in jeder Hopfenanlage zu beobachtende Erscheinung stellt sich der Entstehung der kernlosen und der kleinen, sauern und harten Traubenbeeren beim Weinstock an die Seite, deren Entstehungsursachen Müller-Thurgau klar gelegt hat[1]), von denen indess, genau genommen, nur die letzteren den tauben Nüsschen des Hopfens gleich gesetzt werden dürfen, da erstere nur infolge vorhergegangener Bestäubung entstehen und desshalb samenlos bleiben, weil das Wachsthum der befruchteten Eizelle durch widrige Umstände verhindert ist.

III. Der reife Hopfen und seine Conservirung.

Während es bei Samen und Früchten verhältnissmässig leicht ist, ihre Reife zu definiren, wenn auch praktisch oft sehr schwer, sie richtig zu beurtheilen, fehlt beim Kulturhopfen nicht nur ein sicheres, leicht controlirbares Kriterium der Reife, sondern es ist auch, wenigstens vorerst, ganz unmöglich zu sagen, was man eigentlich unter Reife des Hopfens verstehen soll, da die Bestandtheile, auf welche es ankommt, noch viel zu wenig bekannt sind. Vielleicht dürfte der Hopfen dann als reif zu bezeichnen sein, wenn die im Vorhergehenden beschriebenen Postflorationserscheinungen sämmtlich an ihm vollendet sind, wenn also speciell die Lupulindrüsen prall mit Sekret gefüllt sind.

Der gepflückte Hopfen wird dann bei niederer Temperatur langsam getrocknet, um die Verflüchtigung des ätherischen Oeles möglichst zu vermeiden und um ihm zugleich seine grüne Farbe zu bewahren, auf die grosser Werth gelegt wird. Während des Trocknens, das je nach der angewandten Temperatur und dem Trockenheitsgrade der Luft längere oder kürzere Zeit dauert, verathmet der Hopfen noch einen Theil seiner Bestandtheile. Die Athmungsgrösse reifen Hopfens betrug im Mittel von zwei Bestimmungen in zwei Stunden 1,62 g ausgeschiedener Kohlensäure auf ein Kilo Frischgewicht bei 25° C. Die Athmungsintensität ist also eine ziemlich grosse, und daher erklärt es sich wohl, dass ich in gut getrocknetem Hopfen ausser in den Spaltöffnungsschliesszellen nie mehr Stärke nachweisen konnte, die doch in den Mesophyllzellen der lebenden Deck- und Vorblätter des reifen

1) Müller-Thurgau, Welche Umstände beeinflussen die Entstehung und das Wachsthum der Traubenbeeren? Vortrag, gehalten auf der Generalversammlung des Deutschen Weinbauvereins 1884, Mainz 1885, S. 20 und 25.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0382-5

Zapfens an der Pflanze stets gefunden wurde. Eine tägliche Periodicität im Stärkegehalt, wie sie Sachs auch in den Laubblättern des Hopfens nachwies, also nächtliche Entleerung und Speicherung während des Tags, war indess in den Dolden nicht nachzuweisen. Die in den Zapfenblättern vorhandene Stärke ist also wohl, wenigstens grösstentheils, eingewandert, nur zum geringsten Theil an Ort und Stelle durch Assimilation gebildet, obwohl die Mesophyllzellen Chlorophyll führen.

Die letzteren sind sowohl in den Deckblättern des Zapfens als auch in den Vorblättern der Blüthen in einer Ebene verzweigte, vielarmige Parenchymzellen, die in den erstern meist zwei, in den letzteren nur eine Schicht bilden.[1]) Die Chlorophyllkörner liegen, wie der Zellkern, im wandständigen Protoplasmakörper, der eine grosse Vacuole mit stark sauerem Zellsaft einschliesst. Einzelne Zellen führen Kalkoxalatdrusen. Obere und unterseitige Epidermiszellen sind chlorophyllfrei und besonders die letzteren mit stark gewellten Seitenwänden versehen. Auch sind die Aussenwände der unterseitigen Epidermiszellen entschieden dicker als die der Oberseite, was wohl damit zusammenhängt, dass die Unterseite die nach aussen gewandte und demgemäss lebhafterer Transpiration ausgesetzte ist. Sie führt auch allein Spaltöffnungen; kegelförmige sowie Köpfchenhaare finden sich auf der Epidermis beider Seiten. Die Gefässbündel durchziehen als netziges Aderwerk das Mesophyll.

Im getrockneten Zustande sind Deck- und Vorblätter an „normal“ gebauten Dolden kahnförmig nach innen eingebogen, so die Dolde von den Blättern rings vollständig umschlossen ist. Ein solcher „geschlossener“ Bau der Hopfenzapfen ist sehr erwünscht. Die concave Einbiegung der Oberseite ist wahrscheinlich eine Folge der verschieden starken Schrumpfung der Epidermis auf Ober- und Unterseite der Blättchen. Die Oberhaut, die sich auf der Innenseite befindet, ist meist ebenso wie die Mesophyllzellen völlig zusammengeschrumpft; ihr zelliger Bau ist auf dem Querschnitt kaum zu erkennen, während die mit stärker verdickten und cuticularisirten Aussenwänden versehene Epidermis der Blattunterseite augenscheinlich viel weniger contrahirt ist, und ihre Zellen dieselbe Form wie im Leben behalten haben. Dementsprechend wird der Schluss der Dolden hauptsächlich von dem

1) Genauere Mittheilungen über den anatomischen Bau der Hopfenzapfen machen Lermer und Holzner (Beiträge zur Kenntniss des Hopfens. Entwicklung und Bestandtheile der Frucht, Anatomie des Perigons, des Vor- und Deckblattes. 1882). Vgl. insbesondere S. 3 und 4 des Sep.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0383-1

möglichst soliden Bau der Zellwände, insbesondere der Aussenwände der unterseitigen Epidermis der Zapfenblätter sowie, da dieser besonders durch die Transpirationsverhältnisse beeinflusst wird, davon abhängen, ob die Dolde unter günstigen Transpirationsbedingungen gewachsen ist oder nicht. Damit stimmt die allgemeine Erfahrung überein, dass insbesondere die im Innern des Laubdaches von niederen Drahtanlagen gewachsenen Blüthenstände, sog. Schattendolden, flatterigen Bau zeigen.

In langsam getrockneten Dolden besitzen die zu platten Bändern geschrumpften Mesophyllzellen noch unversehrte, grüne Chlorophyllkörper. Wird die Dolde dagegen getödtet, ehe ihr Wassergehalt eine gewisse untere Grenze erreicht hat, werden z. B. lebende Hopfenzapfen heissen Wasserdämpfen oder Chloroformdämpfen ausgesetzt, so dringt der saure Zellsaft ins Protoplasma ein und zerstört den Chlorophyllfarbstoff. Solche Dolden sehen dann bleich und missfarbig aus.

Während diese Veränderung der Farbe unter den üblichen Verhältnissen allerdings nicht vorkommen dürfte, ist eine andere Farbenänderung um so häufiger und entwerthet den davon betroffenen Hopfen ganz ausserordentlich. Es ist das die sog. „Roth-“ oder vielmehr Braunfärbung des Hopfens.

Dieselbe hat ihren Sitz in den Mesophyllzellen und zwar im Protoplasmakörper derselben, insbesondere in den Zellen in der Umgebung der Nerven. Das Chlorophyll ist dabei unverändert und lässt sich durch Lösungsmittel aus der braunen, die Chlorophyllkörper einschliessenden und ihre Farbe verdeckenden Masse ausziehen und so nachweisen. Das Plasma der chlorophyllfreien Epidermiszellen zeigt die Braunfärbung nicht, dagegen hin und wieder das der Spaltöffnungsschliesszellen. Es scheint demnach, als ob die chlorophyllhaltigen Zellen zu der Braunfärbung besonders disponirt sind, analog wie nach Molisch die Verfärbung des Anthokyans beim Tode nur in chlorophyllreichen oder an solche angrenzenden Zellen stattfindet.[1])

Es werden verschiedene Ursachen der Rothfärbung genannt und darnach auch besondere Arten der „Röthe“ unterschieden. Infolge von Trockenheit tritt in den noch am Stock hängenden Zapfen die „rothe Lohe“ auf; Tetranychus telarius verursacht, wie an den Blättern, so auch an den Dolden rothe Färbung, den Kupferbrand; überreife, zu lange an der Pflanze hängende Zapfen werden „stangenroth“; ebenso

1) Molisch, Ueber den Farbenwechsel anthokyanhaltiger Blätter bei rasch eintretendem Tode. Bot. Ztg. 1889, Nr. 2.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0384-7

färben sich die vom Hopfenschimmel (Sphaerotheca Castagnei Fuck.) befallenen und getödteten Dolden rot; kurz, überall wo Hopfenzapfen aus irgendwelchen Ursachen absterben und ihr Vegetationswasser erst nach dem Tode langsam durch Verdunstung verlieren, tritt leicht die Braunfärbung auf. Aber auch der schon getrocknete Hopfen kann noch die Braunfärbung erleiden, z. B. wenn derselbe, bei ungenügender Trocknung dicht zusammengehäuft, sich erwärmt, also in ihm eine Gährung eintritt. Erst nach der Ernte sich braun färbenden Hopfen bezeichnet man als „bodenroth".

Allen Fällen, wo Hopfendolden nach dem Tode sich roth färben, ist der Umstand gemeinsam, dass der Tod längere Zeit vor dem Verluste des Wassergehaltes erfolgt, dass also der desorganisirte Zellinhalt, in welchem Plasma und Zellsaft nicht mehr getrennt sind, längere Zeit im wasserdurchtränkten Zustande bleibt, wodurch anscheinend für Oxydationen günstige Verhältnisse geschaffen sind. Das ist weder bei sehr schnellem Tocknen bei hoher Temperatur der Fall noch beim langsamen Austrocknen bei gewöhnlicher oder doch unter der tödtlichen Temperatur liegender, indem der Tod in beiden Fällen fast gleichzeitig mit dem Wasserverluste des Zellsaftes eintritt. Bringt man z. B. lebende Hopfenzapfen auf den Boden eines zu verkorkenden Reagircylinders und senkt denselben dann in ein kochendes Wasserbad so ein, dass der obere Theil des Cylinders aus dem Wasser hervorragt, so trocknen die Zapfen zunächst sehr schnell, das Wasser schlägt sich an der Wand des Cylinders oberhalb des Wasserniveaus zum Theil nieder, die Farbe des Hopfens bleibt grün. Wenn dann der Reagircylinder plötzlich abgekühlt wird, so schlägt sich ein Theil des vorher in Dampfform vorhandenen Wassers auch auf den Dolden in Tröpfchenform nieder, und an diesen Stellen, wo nun nachträglich eine Wiederauflösung der Zellsaftbestandtheile und Durchtränkung des Plasmas damit möglich ist, tritt nach einiger Zeit zuerst die Braunfärbung auf. Uebrigens stellt sich wohl in vielen, nicht aber in allen Fällen, wo schon getrockneter, grüner Hopfen wieder feucht wird, die Braunfärbung des Plasmas ein, was aber gegen die hier versuchte Erklärung, wie ich glaube, nicht allzu sehr ins Gewicht fällt, weil einmal hier, wo Plasmaeigenschaften in Betracht kommen, individuelle Differenzen gewiss eine grosse Rolle spielen, ferner aber wohl auch, weil beim Aufbewahren des Hopfens in ihm chemische Veränderungen vor sich gehen, so dass frischer und trockener Hopfen ihrer chemischen Zusammensetzung nach nicht direct mit einander verglichen werden können. Schwerer wiegt das negative Ergebniss

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0385-3

eines Versuchs, wo der durch Chloroformdämpfe getödtete Hopfen bei langsamem Austrocknen keine Braunfärbung annahm.

Auch Wortmann fand den ganz ähnlichen Process der Stippenbildung der Aepfel von sehr verschiedenen Umständen abhängig, unter denen neben der Qualität und relativen Menge der im Zellsaft gelösten Substanzen ganz besonders die verschiedene specifische Organisation des Protoplasmas von wesentlicher Bedeutung ist und die Versuche complicirt.[1])

Wie dem auch sei, jedenfalls darf als sichergestellt gelten, dass die Mischung von Plasma und Zellsaft zum Eintritt der Färbung notwendig ist, wenn dieser auch ausser durch den Wassergehalt der Zellen noch durch andere Umstände, zu denen insbesondere Belichtung des trockenen Hopfens gehört, begünstigt wird. Darnach ist wahrscheinlich im Zellsaft ein farbloses Chromogen vorhanden, das, mit dem Plasma gemischt, an der Luft sich oxydirt. Dass die Braunfärbung auf Oxydation beruht, folgt aus den negativen Ergebnissen von Versuchen, sie in Wasserstoffatmosphäre hervorzubringen, sowie aus der Möglichkeit, sie durch Reductionsmittel (Schwefligsäure) rückgängig zu machen.[2]) Dafür, dass mit dem Tode eintretende Oxydationen im Leben unterbleiben, und ein Chromogen sich trotz der Gegenwart von Sauerstoff in der lebenden Zelle erhält, dafür hat Pfeffer noch neuerdings eine grosse Anzahl von Beispielen aufgeführt.[3])

Der Versuch, das fragliche Chromogen zu isoliren, führte leider nicht zu einem befriedigenden Resultat. Es wurde dabei nach dem Vorgange Reinke's[4]) der wässrige Extrakt von Hopfendolden, der sich wie der aller Hopfentheile an der Luft roth färbt, mit Aether ausgeschüttelt. Nach dem Verdunsten des Aethers restiren neben terpentinartig riechendem amorphen Rückstand feine Nadeln, deren wässrige Lösung mit Eisenchlorid sich grün färbt. Der Rückstand

---

1) Wortmann, Ueber die sog. „Stippen" der Aepfel. Landw. Jahrb. 1892, XXI, S. 663 ff, bes. S. 673.

2) Dabei sei bemerkt, dass auch die Cumarinbildung in absterbenden Organen von Ageratum auf Oxydation beruht; wenigstens tritt der Cumaringeruch nur bei Zutritt von Sauerstoff, dann allerdings sehr schnell auf, nicht an in Wasserstoffatmosphäre durch Erwärmen getödteten Pflanzentheilen, die beim Oeffnen der benutzten Gefässe zunächst nur den gewöhnlichen Krautgeruch aushauchen.

3) Pfeffer, Beiträge zur Kenntniss der Oxydationsvorgänge in lebenden Zellen. Abhandlungen der math.-phys. Classe der kgl. Sächsischen Ges. der Wiss. Bd. XV, Nr. 5, S. 375—518.

4) Reinke, Ein Beitrag zur Kenntniss leicht oxydirbarer Verbindungen im Pflanzenkörper. Ztschr. f. physiol. Chemie VI, S. 263—279.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0386-8

selbst verfärbte sich an der Luft nicht. Barytlauge gibt mit dem wässrigen Extrakt einen hellgelben, sich bald absetzenden flockigen Niederschlag. Alkalien färben gelb. Bromwasser erzeugt im Extrakt, nicht aber im Destillat desselben, einen geringen Niederschlag; das letztere ist auch auf Eisenchlorid ohne Einfluss. Bleiacetat fällt das Chromogen aus der wässrigen Lösung. Dampft man einen wässrigen Hopfenextrakt auf dem Wasserbade ein, so entweicht ein stechend riechender Körper (Chinon?).

Es ist übrigens immerhin fraglich, wenn auch wahrscheinlich, ob das Chromogen des rothen wasserlöslichen Farbstoffs identisch ist mit dem, welches die Braunfärbung des Plasmas verursacht, um so mehr, da der braune Plasmaklumpen in fast allen Lösungsmitteln, vielleicht mit Ausnahmen der konzentrirtesten Säuren und Alkalien, unlöslich ist. Doch dürfte sich das daraus erklären, dass der Farbstoff, von dem wir der Analogie nach wohl vermuthen dürfen, dass er den Chinonen nahe steht, mit den Eiweisskörpern des Plasma eine resistente Verbindung eingeht. Zu den Chinonen gehörende Körper sind ja in den bekannten Fällen die Ursachen postmortaler Färbungen, z. B. das Juglon der Wallnussschalen, Purpurin, Alizarin, Emodin, Frangulin- und Chrysophansäure. Auch die künstlich aus Pyrogallol resp. Phloroglucin dargestellten rothen Oxydationsprodukte, Purpurogallin und Phlorotanninroth [1]), scheinen Chinone zu sein. Der letztere Körper ist um so interessanter, als er in Bildung, Zusammenhang und Eigenschaften den Phlobaphenen gleicht, welchen man ja die in todten Zellen so häufig vorkommenden braunen, ihrer Entstehung nach von Müller-Thurgau [2]) behandelten Inhaltsmassen meist zugerechnet hat, wenn man sie nicht, wie in den meisten Fällen, kurzweg für „humifizirte Inhaltsreste“ erklärte.

Die Chromogene, welche bei nicht zu schnellem Wasserverlust der todten Zellen die Braunfärbung verursachen, dürften zu jenen Stoffen gehören, die man in der Botanik leider meist noch mit dem Sammelnamen „Gerbstoffe“ zu bezeichnen pflegt, also den Phenolen nahe stehen, eine Ansicht, die auch Reinke und Pfeffer [3]) aus-

1) Vgl. Nietzki und Steinmann, Ueber das Purpurogallin. Ber. d. D. chem. Gesellsch. XX, 1887, S. 1277—1280; Th. Waage, Ueber das Vorkommen des Phloroglucins in der Pflanze. Ber. d. D. bot. Ges. VIII, 1890, S. 279 sowie die dort angeführte Litteratur.

2) Ueber das Gefrieren nnd Erfrieren der Pflanzen. II. Landw. Jahrb. 1886, XV, S. 502.

3) Reinke, a. a. O. S. 266/267; Pfeffer, a. a. O. S. 398 (Vicia faba).

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0387-4

sprechen. Von den im Hopfen angeblich vorhandenen Stoffen käme dann neben dem Hopfengerbstoff noch das Phloroglucin als Muttersubstanz des braunen Stoffes in Betracht. Dieser Körper wird indess mit Unrecht als Bestandtheil der Hopfenzapfen angeführt; wenigstens versagte mir die so scharfe Reaction mit Vanillin und Salzsäure stets, und auf die Unzuverlässigkeit der Weselsky'schen Reaction (mit Kaliumnitrit und Toluidinnitrat) hat schon Greshoff[1]) aufmerksam gemacht. Ebenso misslangen alle meine Versuche, das von Wagner angegebene Phloroglycosid Quercitrin im Hopfen nachzuweisen; ich muss daher Lermer beistimmen, der die Anwesenheit von Quercitrin im Hopfen verneint.

Von besonderm Interesse scheint mir ein bodenrother Hopfen, an dem die Braunfärbung erst bei der Aufbewahrung während des Winters auftrat, und bei dem dieselbe sich entschieden als ansteckend erwies. Zum Zweck späterer Untersuchung aufbewahrte Hopfenproben färbten sich zum Theil während des Winters braun und zwar ausschliesslich diejenigen, unter welche schon bei der Ernte stangenrothe Dolden gekommen waren. Die Hopfenproben, welche nur gesunde Hopfen enthielten, behielten am gleichen Aufbewahrungsort ihre grüne Farbe, wurden aber nach einigen Wochen roth, wenn aus den roth gewordenen Proben einige Dolden zugemischt wurden. Die nähere Untersuchung ergab eine reichliche, wenn auch nicht gerade üppige Pilzvegetation auf dem braunen Hopfen, fast ausschliesslich bestehend aus Penicillium (glaucum?), dessen Mycel oft in weissen lockeren Büscheln aus der Spitze der Deckblätter hervorgebrochen war und sich so ohne Zweifel von Dolde zu Dolde verbreitet hatte. Auch bleigraue Fruchtträger fanden sich, obwohl nur spärlich und einzeln, auf den meisten Deckblättern wenigstens der oben liegenden Dolden. Das wenig üppige Wachsthum des Schimmels ist auf Rechnung des geringen Wassergehalts des Substrates zu setzen, der bei einem darauf gerichteten Versuch im Lauf von drei Wochen zwischen 7,7 und 10,44 % je nach der Witterung schwankte. Auf feucht gehaltenem Hopfen bildete dasselbe Penicillium dichte und üppige grüne Fruchtträgerrasen und färbte denselben dabei tief braun. Die Hyphen des Pilzes verlaufen ausschliesslich intercellular, hauptsächlich zwischen den Mesophyllzellen, deren Inhalt in der beschriebenen Weise verfärbt war. Je nach den Witterungsverhältnissen und dem danach wechselnden Wassergehalt des lufttrockenen Hopfens stellte der Pilz sein Wachs-

1) Chemische Studien über den Hopfen. Diss. S. 57.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0388-0

thum ein resp. nahm er es wieder auf. Sporenkeimung dürfte auf dem Hopfen wegen des geringen Wassergehalts desselben nicht möglich gewesen sein und sich daher sich die Nichtansteckung der neben dem pilzbraunen Hopfen offen aufbewahrten, gesunden Proben erklären. In die zuerst erkrankten Hopfen aber muss schon vom Felde her mit den überreifen, todten und braunen Zapfen das Mycel des Schimmelpilzes eingeführt sein.

Worauf die Färbung des Hopfens durch den Pilz beruht, darüber kann ich nur Vermuthungen äussern. Wahrscheinlich wirkt der Pilz durch extracellulare Ausscheidungen oder durch aus seinen kranken und absterbenden Zellen in die Hopfenzellen diffundirende Stoffe Sauerstoff aktivirend [1]), und so erklärt sich die Oxydation von Zellinhaltsbestandtheilen des Hopfens durch den Pilz. Unwahrscheinlicher ist mir die Annahme, dass der Pilz selbst ein Chromogen absondere.

Nebenbei führt übrigens der Pilz noch andere Veränderungen in der Zusammensetzung der Dolden herbei. Der Zuckergehalt desselben wird vom Pilz verbraucht, ferner aber auch der für den Brauereiprozess wichtige Gerbstoff zerstört, der Hopfen also werthlos gemacht, abgesehen von den übel schmeckenden Stoffen, die der Pinselschimmel erzeugt, und der gährungshemmenden Wirkung gewisser Stoffwechselprodukte desselben [2]), die ja bei der geringen Hopfenmenge, welche dem Bier zugesetzt wird, vielleicht nicht in Betracht kommt.

Von Griessmayer wurde in einer Studie über die Alkaloide des Hopfens [3]) Trimethylamin als Bestandtheil desselben nachgewiesen. Er fand dasselbe jedoch schon in zwei Proben besserer Hopfen nicht und deutet an, dass sich hieraus eventuell eine technische Hopfenprobe entwickeln könnte. Bohlig [4]) schlug eine ähnliche Bierprobe vor: Bei Destillation des von Alkohol und Kohlensäure befreiten Bieres mit Magnesia soll man aus guten Bieren ein Destillat mit angenehmem Bierwürzegeruch erhalten, aus schlechtem Bier dagegen ein nach Ammoniak und Aminen (Trimethylamin) riechendes. Greshoff [5]) trat dem entgegen, weil er in allen untersuchten Hopfen

---

1) Vgl. Pfeffer, a. a. O. S. 466 ff. und 475.

2) Vgl. Müller-Thurgau, Ergebnisse neuer Untersuchungen auf dem Gebiete der Weinbereitung. Bericht über die Verhandlungen des XII. Deutschen Weinbau-Kongresses in Worms im September 1890, Mainz 1891, S. 130.

3) Griessmayer, Ueber das Lupulin. Dinglers polytechn. Journal Bd. 212, 1874, S. 67—72.

4) Zeitschr. für analyt. Chemie 1886, S. 19.

5) Greshoff, a. a. O. S. 56.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0389-8

Trimethylamin fand, in feinen Sorten sogar z. Th. mehr als in minderwerthigen. Mir selbst gelang es nicht, in selbst mehr als ein Jahr aufbewahrtem, normalen Hopfen Trimethylamin zu finden. Der Versuch wurde an Hopfen verschiedener Jahrgänge sowie an frisch geerntetem mit dem gleichen negativen Resultate oft wiederholt, und so musste ich es für feststehend halten, dass in ganz normalem Hopfen Trimethylamin nicht vorhanden ist. Wo es also nachweisbar ist, da muss es durch irgend einen Umstand bei der Zubereitung für den Handel oder bei der Aufbewahrung hineingekommen sein. Der Zufall gab den ersten Fingerzeig zur Aufklärung des Ursprungs dieses „Alkaloids" im Hopfen.

Ein Gefäss mit Hopfen, der zur Bereitung eines wässrigen Extracts gedient hatte und ganz durchfeuchtet war, blieb einige Tage stehen und verbreitete, als es dann geleert werden sollte, einen intensiven Geruch nach Häringslake. Es war darnach im höchsten Grade wahrscheinlich, dass das gefundene Trimethylamin erst einer durch Vermittelung von Bakterien erfolgenden Gährung des Hopfens seine Entstehung verdankt. Der Versuch bestätigte diese Vermuthung. Ein Theil eines wässrigen Hopfenextractes, dessen Rest bei der Destillation mit Magnesia nur Ammoniak entwickelt hatte, wurde eine Zeit lang sich selbst überlassen. Zunächst trübte sich die Flüssigkeit, dann trat auf ihrer Oberfläche eine Haut, gebildet aus an einander gereihten Stäbchen, auf; sie reagirte jetzt alkalisch und roch intensiv nach Trimethylamin. Der Extract wurde nun mit Magnesia destillirt, die übergehenden Dämpfe wurden in Salzsäure aufgefangen, und diese mit Platinchlorid zur Trockene verdampft. Das Gemenge von restirenden Platinchloridverbindungen, unter denen die orangefarbenen Krystalle der Trimethylaminverbindung von den gelben des Platinsalmiaks leicht unterscheidbar waren, wurden mit Alkohol gewaschen und zum Theil zu einer Platinbestimmung verwandt, im andern Theil das Trimethylamin durch seinen charakteristischen Geruch, der bei Behandlung mit Alkalien auftritt, noch einmal nachgewiesen. 0,801 g der Platinverbindungen hinterliessen beim Glühen 0,342 g Platin, entsprechend 42,7 % (gegen 43,91 % im Platinsalmiak). Unter der Voraussetzung, dass keine andern Amine vorhanden waren, berechnen sich in den 0,801 g Platinverbindung 0,139 g Trimethylaminplatinchlorid und 0,662 g Platinsalmiak, entsprechend 0,031 g Trimethylamin und 0,051 g Ammoniak. Der Versuch gelang bei jeder Wiederholung.

Wie leicht der Hopfen bei der Aufbewahrung sich erwärmt, also in Gährung geräth, ist bekannt. Ebenso wie nach den Versuchen

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0390-3

Cohn's über die Ursachen der Selbsterwärmung feuchten Grases und des Stallmists sowie der Baumwolle[1]) beruht auch im Hopfen die Selbsterwärmung auf der Entwicklung von Bacterien; bei einem Versuch in dem von Cohn als Thermophor bezeichneten Apparate stieg die Temperatur des Hopfens in 24 Stunden bis zu 44° C. bei einer zwischen 18 und 20° C. schwankenden Lufttemperatur. In dem benutzten Hopfen fand sich eine reiche Bacterienflora, die fast ausschliesslich aus einem zu der Gruppe der fluorescirenden gehörigen, dem Bacillus fluorescens putidus Flügge ähnlichen Bacillus bestand, über den an anderer Stelle Näheres mitgetheilt werden soll. Der Hopfen roch während und nach der Selbsterwärmung intensiv nach Trimethylamin, das ganz zweifellos ein Gährungsprodukt des erwähnten Bacillus fluorescens ist. Auch auf andern eiweiss- resp. peptonhaltigen Substraten bildet derselbe Trimethylamin. Auch im Hopfen dürften die Eiweissstoffe, welche nicht ganz zwei Drittel der stickstoffhaltigen Bestandtheile ausmachen, das Hauptmaterial zur Entwicklung von Trimethylamin liefern. Ausser ihnen könnte vielleicht noch das im Hopfen theils frei, theils in Lecithinform vorhandene Cholin in Betracht kommen. Der Lecithingehalt eines darauf untersuchten Hopfens betrug, nach der Methode von E. Schulze, Steiger und Maxwell[2]) bestimmt, 0,67 % der Trockensubstanz.

IV. Ueber die Abhängigkeit des Blühens der weiblichen Hopfenpflanzen von innern und äusseren Ursachen.

Die Frage nach den ursächlichen Beziehungen der Organbildung speciell auch der Blüthenbildung, ist seitens der Pflanzenphysiologie erst in der jüngsten Vergangenheit aufgeworfen, hat indess schon eine umfangreiche Litteratur hervorgerufen, in welcher ein viel versprechender Anfang für die experimentelle Beantwortung dieser Frage gemacht ist. Indem ich bezüglich derselben, insbesondere der älteren Litteratur, auf die interessante Zusammenstellung von Moebius[3])

1) Ueber Wärmeerzeugung durch Schimmelpilze und Bacterien (Nach einem in der Wanderversammlung der schles. Gesellsch. für vaterländische Cultur in Brieg gehaltenem Vortrage). Sep. S. 4 und 5. — Ueber thermogene Bakterien. Berichte der Deutschen botanischen Gesellschaft XI, 1893, Generalversammlungsheft, S. 66—69.

2) Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung einiger Leguminosensamen. Landw. Versuchs-Stationen. XXXIX. 1891. S. 278.

3) M. Moebius, Welche Umstände befördern und welche hemmen das Blühen der Pflanzen? Mededeelingen van het Proefstation „Midden Java" the Klaten, Semarang 1892; sowie Biol. Centralblatt 1992, Nr. 21—23.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0391-9

verweise, nenne ich ausser den Arbeiten von Sachs, auf die im Folgenden wiederholt zurückgegriffen werden muss, nur die jüngsten Arbeiten über den Einfluss des Lichts auf die Bildung der Blüthen resp. der Fortpflanzungsorgane überhaupt, welche wir Vöchting[1]) und Klebs[2]) verdanken. Andere Arbeiten werden an passender Stelle herangezogen werden.

Im Jahre 1880 stellte Sachs[3]), auf die älteren Botaniker Duhamel und Knight zurückgreifend, der herrschenden, rein formalen Morphologie den Satz entgegen, dass die Form der Pflanzentheile der Ausdruck ihrer materiellen Zusammensetzung ist. Dabei hat Sachs allerdings nicht die bekannten, allgemeinen Baustoffe aller Organe, Eiweisstoffe, Kohlehydrate und Fette, im Auge, sondern vielmehr gewisse, vielleicht nur in äusserst geringen Mengen vorhandene specifisch „organbildende" Stoffe, welche, etwa analog den Fermentwirkungen, es bewirken, dass die oben erwähnten allgemeinen Baustoffe eben jedesmal ganz bestimmte, nach der Qualität der vorhandenen organbildenden Stoffe wechselnde Formen annehmen; die organbildenden Stoffe bestimmen die Form, welche die Baustoffe annehmen, den Charakter des Organes, zu dem sie sich gestalten. Sachs unterscheidet demnach spross-, wurzel-, blüthenbildende Stoffe u. s. w., die natürlich zunächst eine rein hypothetische Existenz führen.

Die Sachs'sche Theorie ist nicht ohne Widerspruch geblieben, und doch ist sie im Gegensatze zu der Darwin'schen Theorie, der Pangenesis, mit der insbesondere Vöchting und Pfeffer[4]) sie verbinden wollten, eine klare und durchsichtige, vom physikalischen Standpunkte durchaus annehmbare Theorie, die, ohne zu den Unmöglichkeiten der Pangenesis zu führen, doch ebensoviel leistet wie diese, welche ja auch keine Erklärung, sondern nur eine Vorstellung von dem gibt, was sie erklären soll. Gegen den Einwand bezüglich der Bedeutung der stofflichen Qualitäten für die Gestaltung im Organismus, dass mit demselben Messingstück Apparate sehr verschiedener

1) Vöchting, Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Gestaltung und Anlage der Blüthen. Pringsheims Jahrb. f. wissenschaftl. Botanik 1893. XXV. Heft 2.

2) Klebs, Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Fortpflanzung der Gewächse. Biol. Centralblatt 1893. Nr. 21/22.

3) Sachs, Stoff und Form der Pflanzenorgane. Arb. des bot. Inst. Würzburg Bd. II, H. 3, S. 452 ff., H. 4, S. 689 ff. — Ges. Abhandlungen II, 1893, S. 1159 ff. und 1200 ff.

4) Vöchting, Ueber Spitze und Basis an den Pflanzenorganen. Bot. Ztg. 1880, Nr. 35/36, bes. Sp. 609 ff. — Pfeffer, Pflanzenphysiologie II, S. 175.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0392-4

Art und Arbeitsweise gebaut werden können, ist zu bemerken, dass die Sachs'sche Theorie eben in der Lage ist, eine Vorstellung davon zu geben, wie es kommt, dass bei der Gestaltung im pflanzlichen Organismus aus denselben Baustoffen unter gleichen äussern Umständen verschiedene Organe gebildet werden. Die organbildenden Stoffe leisten, wenn der Vergleich gestattet ist, eben das, was bei dem Messingstück der Mechaniker leistet, der den Apparat zusammensetzt.

An Sachs, der in verschiedenen Abhandlungen[1]) seine Theorie weiter ausgebaut hat, haben sich andere Forscher mehr oder weniger angeschlossen, zunächst Goebel[2]), der die Sachs'schen Anschauungen speciell seiner Arbeit über die Füllung der Blüthen zu Grunde gelegt hat. Auch Klebs kommt in der schon oben citirten Arbeit zu ähnlichen Anschauungen wie Sachs. Aus dem Umstande z. B., dass nur unter dem Einfluss stärkerer Beleuchtungsgrade die beblätterten Moossprosse an den Sporenvorkeimen der Laub- und Lebermoose gebildet werden, dagegen nicht bei geringerer, aber zur Ernährung noch vollkommen genügender Lichtintensität, bei der die aus vorher beleuchteten Blättern erzogenen Protonemafäden Sprossknospen erzeugen, schliesst er, dass in den Protonemazellen unter dem Einflusse des Lichts gewisse Stoffe entstehen, welche zur Bildung der Moospflänzchen anregen. Im Anschluss an Anschauungen von Naegeli, Darwin, de Vries glaubt Klebs in den Vorkeimzellen organisirte Träger des Sprossbildungsvermögens annehmen zu müssen, auf welche die im intensiven Licht gebildeten „organbildenden" Stoffe zur Entfaltung ihrer specifischen Thätigkeit anregend wirken, während nach Sachs die organbildenden Stoffe direct das gesammte Protoplasma der Zelle beeinflussen.

Sachs hat übrigens sich nicht mit der Annahme von ganz unbestimmten organbildenden Stoffen begnügt, sondern immerhin anregende Betrachtungen über deren Natur angestellt. Schon in der ersten Abhandlung[3]) macht er darauf aufmerksam, dass es scheine, „als ob die Blüthenbildung von einer fortschreitenden Ansammlung der in der Erde gewöhnlich sehr sparsam vorhandenen Phosphate abhängt". In

1) Sachs, Physiologische Notizen, I, Flora 1892, S. 1 ff. und VII. Ueber Wachsthumsperioden und Bildungsreize, Flora 1893, S. 217 ff.

2) Goebel, Ueber die gegenseitigen Beziehungen der Pflanzenorgane, Berlin 1884, S. 21. — Beiträge zur Kenntniss gefüllter Blüthen. I. Pringsheims Jahrb. f. wissensch. Botanik, XVII, 1886, S. 207 ff., bes. S. 269 ff.

3) Gesammelte Abhandlungen, II, S. 1165.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0393-0

der zweiten Arbeit[1]) weist Sachs dann auf das Nuclein als diejenige Substanz hin, „welcher die befruchteten Embryonen und die daraus hervorgehenden Vegetationspunkte ihre Gestaltungsfähigkeit verdanken". Eine Stütze hat diese Theorie dadurch erhalten, dass Auerbach, Rosen, Schottländer[2]) wirklich neuerdings in verschiedenen Organen und zwar zunächst in männlichen und weiblichen Sexualzellen der gleichen Species verschiedene, wenigstens gegen Farbstoffe sich verschieden verhaltende Nucleine auffanden.

Was nun zunächst den Einfluss der Phosphorsäurezufuhr auf die Blüthenproduktion betrifft, so ergaben Versuche in Töpfen bis jetzt negative Resultate. Es kamen dabei auf 23 kg Erde (Inhalt jedes Topfes) Düngungen mit 45, 90 und 180 g Phosphorsäure in Form von Thomasmehl zur Anwendung, für Kali- und Stickstoffzufuhr wurde durch Begiessen mit 1 pro mille Salpeterlösung gesorgt. Der Hopfen entwickelte sich, gedüngt und ungedüngt, ganz gleichmässig und, soweit man es von Topfpflanzen verlangen kann, auch normal, zeigte aber nirgends Blüthenansatz, obwohl Freilandhopfen nicht selten schon im ersten Jahre blühen, und so auch Schwesterpflanzen der zu den Versuchen benutzten dies im freien Lande thaten. Uebrigens hatten, wie die nachträgliche Analyse ergab, die Pflanzen durchaus nicht im Verhältniss der ihnen gereichten Düngung Phosphorsäure gespeichert; der procentische Gehalt an Phosphorsäure (auf Trockensubstanz bezogen) betrug in den oberirdischen Organen, geordnet nach der zunehmenden Düngung, 0,734 % (ungedüngt) — 0,828 — 0,654 und 0,679 %. Der Versuch war also fehlgeschlagen.

Manche Düngungsversuche des Deutschen Hopfenbau-Vereins führten allerdings auf die Vermuthung, „dass es gerade die Zufuhr von Kali und Phosphorsäure war, welche auf den Doldenansatz hingewirkt hat."[3]) Es ist dabei indess durchaus nicht ausgeschlossen, dass die infolge der Kali-Phosphat-Düngung ermöglichte bessere Ernährung der Pflanzen auch die Blüthenproduktion zugleich mit der

1) Ibid. S. 1224 ff.

2) Auerbach, Zur Kenntniss der thierischen Zellen. Sitzungsber. der kgl. Preuss. Akad. 26. Juni 1890. — Ueber einen sexuellen Gegensatz in der Chromatophilie der Kernsubstanzen. Ibid. 25. Juni 1891. — Rosen, Beiträge zur Kenntniss der Pflanzenzellen I. Ueber tinktorielle Unterscheidung verschiedener Kernbestandtheile und der Sexualkerne. Beitr. zur Biol. der Pflanzen, V, 3, S. 443 ff. — Schottländer, Beiträge zur Kenntniss der Zellkerne und der Sexualzellen bei Kryptogamen. Ibid. VI, 2, S. 267 ff.

3) Bericht über Düngungsversuche des Jahres 1889 S. 17.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0394-6

vegetativen Entwicklung gesteigert hat, und das gilt überhaupt von der bei Praktikern viel verbreiteten Ansicht, dass Phosphorsäure-Düngung auf den Blüthenansatz besonders begünstigend einwirke[1]). Inwieweit diese Anschauung begründet ist, harrt noch einer kritischen Prüfung. Aus der Unmenge der vorliegenden Düngungsversuche kann dieser Schluss jedenfalls nicht gezogen werden, da auch in den relativ wenigen, mit genügender Kritik angestellten Versuchen dieser Art der unbekannte Factor: Boden mit seinem uncontrolirbaren Einfluss nicht ausgeschlossen, und es daher nicht festzustellen ist, wie viel von den scheinbaren Erfolgen der Düngung diesem Factor zugeschrieben werden muss. Aus den Versuchen Noll's, deren ausführliche Publikation noch zu erwarten ist[2]), kann zunächst nur gefolgert werden, dass Phosphorsäurezufuhr zur Unterhaltung des Wachsthums nöthig ist, dass insbesondere die embryonale Substanz der Meristeme zu ihrer Vermehrung und Thätigkeit der Phosphorsäure ebenso wie des Stickstoffs[3]) bedarf.

Sachs selbst führt an, „dass die normal erst im zweiten Jahre blühende Runkelrübe auf einem stark mit Phosphorsäure gedüngten Boden häufig schon im ersten Jahre zur Blüthenbildung übergehe,“[4]) ohne anzugeben, woher er diese Angabe entnommen hat. Gerade über die Ursachen des „Insamenschiessens“ der Rüben im ersten Vegetationsjahr liegt infolge der Wichtigkeit dieser Frage für die Zuckerfabrikation eine Anzahl von Untersuchungen und Mittheilungen vor, unter denen die gründlichsten die von Rimpau[5]) sind. Rimpau kommt darin zu dem Resultat, dass „jede Verlangsamung oder Unterbrechung des Wachsthums während der Keimung sowohl wie gleich nach dem Aufgange oder in späteren Entwickelungsstadien der Pflanze den Samentrieb im ersten Vegetationsjahre zu begünstigen scheint.“ Damit stimmen auch die seither mitgetheilten Erfahrungen, soweit sie mir im Original oder im Referat zugänglich waren, überein. Ueber eine Beförderung des Aufschusses durch Phosphatdüngung berichtet

1) z. B. bei Obstbäumen; vgl. Lucas, Vollständiges Handbuch der Obstkultur, II. Aufl., Stuttgart 1887, S. 98 f.

2) Vorl. Mittheilung im Biol. Centralblatt 1893, S. 382—384.

3) Prantl, Beobachtungen über die Ernährung der Farnprothallien und die Vertheilung der Sexualorgane. Bot. Ztg. 1881, Nr. 46/47.

4) a. a. O. S. 1165.

5) Rimpau, das Aufschiessen der Runkelrüben. Landw. Jahrb. 1876, V, S. 31—45 und 1880, IX, S. 191—203, bes. S. 194. — Vergl. auch Ed. Thausing, Ueber die Ursachen des Schossens der Zuckerrüben. Diss. Leipzig 1892.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0395-2

nur Proskowetz[1]), und vielleicht können auch Erfahrungen von Schulz-Lankow[2]) so gedeutet werden. Da aber erfahrungsgemäss starke Phosphorsäuredüngung sehr günstig auf Zuckergehalt und frühe Reife der Rüben wirkt, so wird dieselbe in der Praxis allgemein angewandt, was ja nicht denkbar wäre, wenn dadurch das Aufschiessen befördert würde. Nach Märcker[3]) soll dagegen zu häufiges Düngen mit Chilisalpeter den Aufschuss begünstigen. Bei einem von mir angestellten Versuch, bei welchem kurz vor dem am 27. April erfolgten Legen der Rübenkerne so viel Superphosphat ausgestreut wurde, dass die gegebene Phosphorsäuremenge nicht weniger als 250 kg pro Hektar betrug, eine Menge, wie sie in der Praxis natürlich nicht angewandt wird, war der Aufschuss auf der etwas über 2 Ar grossen Versuchsparcelle Null ebenso wie auf der angrenzenden Vergleichsparcelle. Dabei waren die gedüngten Rüben ungemein gross und umfangreich geworden. Der Versuch ist zu vereinzelt, als dass man nach ihm schon die Förderung der Blüthenbildung bei Rüben durch Phosphorsäurezufuhr verneinen dürfte, besonders auch desshalb, weil man durch rationelle Samenzucht die innere Disposition zum Aufschiessen vollkommen unterdrücken kann, und weil über den Grad der Disposition zur Erzeugung von Aufschussrüben bei dem benutzten Saatgut nichts bekannt ist. Um ihn festzustellen, wären noch weitere Versuche nothwendig gewesen.

Bessere Resultate gab der Versuch, aus Blüthenständen sowie andern Organen des Hopfens das Nuclein zu isoliren und zu vergleichen. Zu diesem Zweck wurden reife Dolden resp. die jungen, rein vegetativen Achselsprosse der unteren Blätter, die bei der Cultur als sogen. Geize ausgebrochen werden, nach dem Trocknen möglichst zerkleinert, wiederholt nach einander mit Wasser, salzsäurehaltigem Wasser und Alkohol extrahirt, dann mit sehr verdünnter Kalilauge ausgezogen, und der alkalische Auszug mit 1 proc. Salzsäure angesäuert, worauf ein flockiger brauner Niederschlag ausfiel, der nach dem Auswaschen mit destillirtem Wasser und darauf erfolgtem Trocknen noch mit Aether und Alkohol extrahirt wurde. Allerdings macht

1) E. von Proskowetz, Düngungsversuche zu Zuckerrüben. Mittheilungen des Vereins zur Förderung des landw. Versuchswesens in Oesterreich 1888, H. 3, S. 63—93. Ref. in Biedermann's Centralblatt für Agrikulturchemie XIX, 1890, S. 380 ff.

2) Deutsche landw. Presse 1888 Nr. 3.

3) Die deutsche Zuckerindustrie VII, 1882, Nr. 42, S. 1042.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0396-8

Schwarz[1]) dieser von Kossel zur Isolirung des Hefe-Nucleins angewandten Methode den Vorwurf, dass das so dargestellte Nuclein keine reine Substanz sein könne, da es eine grosse Zahl von in Alkalien löslichen, in Salzsäure unlöslichen Stoffen im Pflanzenkörper gebe. Indess ist bei dem derzeitigen Stande der physiologischen Chemie es überhaupt kaum möglich, ganz reines Nuclein darzustellen; speciell das dem Nuclein so ähnliche Plastin lässt sich auch dadurch nicht entfernen, dass man die Substanz der künstlichen Verdauung unterwirft. Im vorliegenden Fall kommt es auch nur darauf an, ob die in gleicher Weise isolirte Substanz, von welcher das Nuclein jedenfalls den Haupttheil bildet, chemische und physikalische Verschiedenheiten zeigt, je nachdem es aus den Blüthenständen oder aus den vegetativen Sprossen stammt. Auch wurde, um eine gewisse Controle für den Gehalt des dargestellten Nucleins an anderen Stoffen zu haben, ausser dem Stickstoff- und Phosphorsäure-Gehalt auch der Schwefelgehalt bestimmt. Zu weiteren Bestimmungen reichte das Material leider nicht, da die Ausbeute an „Nuclein" nur wenige Gramm betrug, obwohl grosse Mengen Rohmaterial in Arbeit genommen wurden.

Physikalisch verhielten sich die dargestellten Nucleine gleich, sie bilden bei der Ausfällung einen flockigen Niederschlag, dessen braunrothe Färbung jedenfalls von einer Beimengung herrührt. Die chemische Analyse der getrockneten „Nucleine" ergab Folgendes:

Es enthält	P_2O_5 %	N %	S %
Nuclein aus jungen Sprossen	3,134	9,04	0,451
„ „ reifen Zapfen	0,707	3,23	0,329

Der hohe Schwefelgehalt der Substanzen ist auffällig und kann unmöglich ganz von beigemengten Eiweissstoffen herrühren. So viel ist indess gewiss, dass die Hauptmenge des Niederschlags wirklich aus Nuclein oder vielmehr, wie nach dem Schwefelgehalt wahrscheinlich ist, aus Nucleoalbuminen bestanden hat, und dass diese physiologisch gewiss äquivalenten Körper in verschiedenen Organen auch ihrer chemischen Constitution nach verschieden sind. Leider konnten keine jungen Blüthenstände zur Untersuchung genommen werden; die reifen Zapfen können kaum ohne weiteres mit den jungen Geizen verglichen werden.

1) Fr. Schwarz, Die morphologische und chemische Zusammensetzung des Protoplasmas. Beitr. zur Biologie der Pflanzen V, 1, S. 226.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0397-4

Das Resultat der chemischen Untersuchung bestätigt in einem gewissen Sinne die Ergebnisse, zu denen Noll[1]) gekommen ist, dass Phosphorsäure wesentlich nothwendig zur Function und Vermehrung der Meristeme sei; das aus meristemreichen Organen isolirte Nucleoalbumin-Präparat enthält auf 100 Theile Stickstoff beinahe 35, das aus den weiblichen Blüthen dargestellte nur 22 Theile Phosphorsäure.[2])

Es wäre mehr als voreilig, schon in diesen Ergebnissen eine Bestätigung der Sachs'schen Theorie finden zu wollen. Vor allen Dingen gehörte dazu ausser der Beseitigung der schon im Vorhergehenden aufgeworfenen Bedenken noch der Nachweis, dass die Nucleoalbumine derselben Organe auch stets und bei allen Individuen im Wesentlichen dieselbe Zusammensetzung besitzen, was allerdings wahrscheinlich ist, aber bei dem Uebelstande, dass das dargestellte Präparat keine reine Substanz und der Darstellungsweg ein complicirter ist, doch erst bewiesen werden müsste.

Ueber den Einfluss der Beleuchtung auf die Blüthenbildung habe ich eigene Versuche nicht angestellt. Schon angelegte Blüthenstände scheinen bei Lichtabschluss nicht zur Entfaltung zu kommen, sondern frühzeitig zu Grunde zu gehen.

Um die correlativen Beziehungen der Blüthenstände zu den Laubblättern kennen zu lernen, wurde am 3. Juni, wo noch keine Blüthenstände angelegt waren, der eine von zwei möglichst gleichmässig entwickelten Sprossen einer Pflanze auf ca. $^1/_2$ m Länge entblättert, so dass nur der untere Sprosstheil auf ca. 3 m Länge noch normal beblättert war, und nun während der folgenden Wochen durch tägliches Abkneipen der neu gebildeten Blätter dafür gesorgt, dass dieser Spross in seiner obern Hälfte auch blattlos blieb. Er verlängerte sich im Lauf der Vegetationsperiode bis znm Abschluss des Versuches noch um über 1 m. Am 16. Juni zeigten sich an ihm die ersten kleinen Blüthenanlagen, die sich weiterhin derart entwickelten, dass am 30. Juni die untersten Deckblätter der Kätzchen abnorm vergrössert und dunkelgrün gefärbt, aber normal gebaut waren; sie schlossen die ganze Dolde ein, während normal die gegenseitige Deckungsweise der

1) a. a. O.

2) Der Versuch, auch aus männlichen Blüthenrispen (von Humulus japonicus) in gleicher Weise Nucleoalbumin darzustellen, ergab ein Präparat mit 9,61 % Stickstoff und 1,263 % Phosphorsäure; da aber trotz sorgsamer Zerkleinerung der Substanz mit Glas im Mörser die Pollenkörner grösstentheils unversehrt waren, ihr Nuclein also wohl nicht abgegeben hatten, ist der Versuch als misslungen zu betrachten.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0398-0

Nebenblätter der der Schuppen am Tannenzapfen ähnlich ist. Die sonst nur als kleines Spitzchen zwischen den Stipeln der Zapfenachse vorhandene Laubblattanlage ist in allen Kätzchen zum Theil als wahres, in diesem Stadium meist noch unentfaltetes Laubblatt entwickelt; dass dieses nach seiner Entfaltung auch als Laubblatt functionirt, lehrt die Sachs'sche Jodprobe: Ebenso wie die normalen Laubblätter zeigen auch die künstlich erzeugten der Hopfendolden tägliche Speicherung und nächtliche Entleerung der Stärke. Wider Erwarten trugen die Zapfen des entblätterten Sprosses ganz normal entwickelte Blüthen mit normalen Sexualorganen, Narben und insbesondere Eichen. In einem Falle hatte sich in der Achsel eines Laubblattes im Kätzchen eine normale Nuss mit wohl ausgebildetem Embryo entwickelt, so dass von einer Correlation derart, dass die vegetative Entartung des Blüthenstandes ein Verkümmern der Sexualorgane zur Folge hätte, nicht die Rede sein kann. Die Ausführung des umgekehrten Versuches ist leider unmöglich. Die Vorblätter der Blüthen waren auch in den verlaubten Blüthenständen normal ausgebildet.

Zunächst lehrt der Versuch, dass die Hochblätter der Kätzchenspindel Hemmungsbildungen von Laubblättern sind, deren Spreitenanlagen verkümmern, und dass zwischen Laubblättern und Hochblättern desselben Sprosses eine Correlation derart besteht, dass bei Entfernung der ersteren die letzteren als wahre Laubblätter sich ausbilden. Dass ein derartiges Verhältniss existirt, ist schon aus den Erfahrungen der Praxis geschlossen, welche die Verlaubung der Dolden (Gelte, Narrenbildung etc.) als in manchen Jahren für den Ertrag recht schädliches Vorkommniss kennt. Sorauer[1]) führt dasselbe schon auf ein ungenügendes Verhältniss des Blattapparats zu der von den Wurzeln aufgenommenen Bodennahrung zurück, ein Missverhältniss, das in plötzlicher Zufuhr überreicher Stickstoffdüngungen und starker Bewässerung zu Beginn der Blüthenperiode oder in Verletzungen des Laubapparates durch Blattläuse, Russthau etc. seine Ursache haben kann.

Auf die Postfloration hat die Verlaubung der Dolden ebenfalls keinen Einfluss, sie erfolgt normal. Seine fixe Lichtlage erreicht das Laubblatt trotz der Abwärtsrichtung des Blüthenstandes durch Torsion des Blattstiels.

Im Anschluss an diesen Versuch mögen noch einige Versuche an anderen Pflanzen über den Einfluss der Laubblätter auf die Blüthen-

1) Sorauer, Handbuch der Pflanzenkrankheiten I, 1886, S. 263.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0399-8

entwicklung mitgetheilt werden, die theilweise Wiederholungen der Experimente von Sachs an Tropaeolum majus [1]) sind. An sechs Freilandexemplaren dieser Art wurden am 15. August an je einem kräftigen Spross des von Grund auf verzweigten Stammes alle Blätter entfernt und von da an die Operation fast täglich, wenn nöthig, wiederholt. Während Sachs Abnormitäten an den später auftretenden Blüthen beobachtete, kamen an den entblätterten Zweigen meiner Versuchspflanzen, von denen nur einer früh, vor dem 11. September, sein Längenwachsthum einstellte, bis zum Schluss des Versuches am 20. Oktober nur normale Blüthen zur Entwicklung. Die übrigen 5 Triebe hatten sich bis dahin zum Theil zu über 1 m Länge entwickelt. Ob an dem abweichenden Resultat des Versuches die benutzte Varietät schuld ist oder der Umstand, dass meine Pflanzen am Hauptstamm und den andern Seitensprossen noch reich belaubt und überhaupt als Freilandpflanzen in besserem Ernährungszustande waren als die von Sachs benutzten Topfpflanzen, ist mir unbekannt. An der Folgerung, welche Sachs aus seinem Versuche zieht, wird durch das negative Ergebniss meiner Versuche nichts geändert.

Von besonderem Interesse ist der Ausfall eines Versuches an Polygonum persicaria, von dem eine Anzahl Pflanzen, deren terminale Blüthenstände in den verschiedensten Entwickelungsstadien sich befanden, stets aber schon sichtbar waren, am 11. September entblättert wurde in der allerdings getäuschten Absicht, so künstliche Vergrünungen der Blüthen zu erzeugen. Während die Pflanzen mit schon theilweise geöffneten Blumen normal weiter blühten und erst später, als die zu Anfang des Versuches im Mark des Stammes reichlich gespeicherte, grosskörnige Stärke verbraucht war, ihre Blüthen nicht mehr öffneten, pseudokleistogam wurden, zeigten andere, deren Blüthenstand bei der Entblätterung eben sichtbar war, grössere Abnormitäten. Der Blüthenstand wurde nicht dick walzenförmig, wie normal, sondern hatte das Aussehen der gestreckten dünnen Aehren des Polygonum hydropiper, indem aus der Achsel der unveränderten Hochblätter die Blüthen einzeln nach einander hervortraten. Abgesehen davon, dass die Blüthe dieser Pflanzen sich nicht öffnete, unterschied sie sich auch durch die Kleinheit aller ihrer Theile von den normalen Blüthen des Polygonum persicaria; das Perigon war mehr grün gefärbt, die Antheren sehr zartwandig und pollenarm, das Ovarium nur etwa halb

1) Sachs, Wirkung des Lichts auf die Blüthenbildung unter Vermittelung der Laubblätter. Bot. Zeitung 1864. Ges. Abh. I, 1892, S. 241.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0400-4

so gross als bei normalen Pflanzen, sonst aber normal. Fruchtansatz wurde allerdings nicht beobachtet. Die Stärke war vollständig aus dem Stengel verschwunden. Danach ist die beobachtete Wirkung der Entblätterung wohl zunächst durch die Ernährungsstörung bedingt.

Die gleiche Pseudokleistogamie, wie sie als Folge der Entblätterung sich zeigte, wird auch durch Wärme- oder Lichtmangel hervorgerufen. In der zweiten Hälfte des Oktober und im November wurde an Polygonum persicaria keine geöffnete Blüthe mehr beobachtet; doch waren die Blüthen im übrigen normal gestaltet und setzten auch Früchte an.[1])

In der Kultur ist ein allgemein angewandtes, nach verbreiteter Annahme die Blüthenproduktion des Hopfens begünstigendes Mittel der Schnitt des Wurzelstocks. Gemeiniglich im Frühjahr, seltener im Herbst wird die Krone desselben von Erde entblösst und der letztjährige Zuwachs stark zurückgeschnitten, so dass nur die wenigen, unter der Schnittfläche stehenden Sprossknospen austreiben können. An dem ungestört wachsenden Wurzelstock treiben dagegen fast alle oberen Knospen aus; infolge davon bildet seine Krone im Herbst ein ungemein vielköpfiges, reich verzweigtes Gebilde, an dem wieder zahlreiche Sprossanlagen für das nächste Jahr stehen. Je älter daher die Hopfenpflanze wird, um so ausgedehnter ist der Umfang der Krone ihres Wurzelstocks, in deren Peripherie sich die meisten Knospen befinden. Durch das Absterben der älteren Theile werden die peripherischen Zweige allmählich zu selbständigen Pflanzen. Der Schnitt des Hopfens hat daher zunächst gewiss den Zweck, das radiale Wandern des Hopfenstocks zu verhindern und zu verhüten, dass allzu viele Sprosse gleichzeitig austreiben, und so die einzelnen schwächer entwickelt werden, als wenn die ganzen Reservestoffe des Wurzelstocks zur Ausbildung weniger Sprosse verwendet werden.

Zur Prüfung der Wirkung des Schnittes auf den Blüthenansatz[2]) wurden sechs Pflanzen, die in ihrer Stellung und Reihenfolge mit ebensoviel Ende März wie üblich geschnittenen Stöcken abwechselten, nicht geschnitten. Alle trieben gleichzeitig aus; während aber die geschnittenen nur selten mehr als zwei oder drei Sprosse trieben, entstand aus den nicht geschnittenen Wurzelstöcken ein ganzer Busch

1) Ueber die Bestäubung von Polygonum persicaria L. vergl. H. Müller, Die Befruchtung der Blüthen durch Insekten, Leipzig 1873, S. 176—177.

2) Ueber die bisherigen, widersprechenden Erfahrungen vergl. Strebel, Handbuch des Hopfenbaues, Stuttgart 1887, S. 72 ff. sowie Fruwirth, Hopfenbau und Hopfenbehandlung, Berlin 1888, S. 74 ff.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0401-0

solcher, und nach Beseitigung aller Triebe bis auf zwei der kräftigsten trieben immer neue Knospen an den Basalstücken der diesjährigen Sprosse nach, die sonst ruhend geblieben wären, so dass gegen das Wuchern der Stöcke kaum anzukämpfen war. Dem grossen Stoffverbrauch für die beseitigten Triebe entsprach das Zurückbleiben der belassenen in ihrer ganzen Entwickelung hinter den geschnittenen Stöcken. Am 19. Mai hatten die letzteren schon über 2 m Länge erreicht, während die andern weit dahinter zurückgeblieben waren. Einige an zwei nicht Extreme bildenden Individuen in einem spätern Stadium angestellte Messungen mögen die verschiedene Entwickelung näher beleuchten: Bei der geschnittenen Pflanze kamen auf die unterste, 2 m lange aufsteigende Strecke des Sprosses 9 Internodien, bei der ungeschnittenen 14; die mittlere Blattgrösse betrug bei ersterer 214, bei letzterer 140 qcm, die gesammte Blattfläche des aufsteigenden Sprosstheils also bei ersterer 3852, bei letzterer 3920 qcm; letztere ist aber trotz ungefähr gleicher Blattfläche gegenüber dem Spross des geschnittenen Hopfens doch bezüglich der Ernährung im Nachtheil wegen der grösseren Blattzahl auf gleicher Länge, wodurch die Blätter sich vielmehr gegenseitig beschatten.[1]) Der Quadratmeter Blattfläche bei dem geschnittenen Hopfen wog 344 g, bei dem nicht geschnittenen nur 241 g. Ein Unterschied in der Farbe fiel schon von weitem auf: Die geschnittenen Hopfen waren üppig dunkelgrün, die andern von bleicher, hellgrüner Farbe.

Der Unterschied blieb constant bis zum Ende der Vegetationsperiode und rührt ganz zweifellos von der ursprünglich infolge der zahlreichen Concurrenz schwächeren Ernährung der Triebe her. Mit ihm parallel ging auch ein Unterschied im Doldenansatz, der aber im Versuchsjahre infolge der grossen Dürre überhaupt mehr als viel zu wünschen übrig liess. Während der geschnittene Hopfen Mitte Juni zum ersten Male blühte und Anfangs August wieder einen freilich noch geringeren, zweiten Blüthenansatz zeigte, erzeugten die nicht geschnittenen Stöcke erst Mitte August und nur zum Theil einige wenige Blüthen. Dasselbe Verhalten bezüglich der schwächeren Entwickelung der vegetativen Triebe und des mangelhaften und späten

1) Wie sehr durch Beschattung seitens anderer Blätter die Assimilation geschädigt wird, hat Nagamatsz durch den Nachweis gezeigt, dass Hopfenblätter, die durch ein anderes Blatt beschattet sind, auch unter den günstigsten Assimilationsbedingungen keine Stärke mehr speichern. (Beiträge zur Kenntniss der Chlorophyllfunction. Diss., Würzburg 1886, S. 21—22; auch Arb. des bot. Inst. Würzburg III, 3, 1887, S. 401.)

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0402-6

Blüthenansatzes wie die im Vorhergehenden geschilderten, nur einmal nicht geschnittenen Pflanzen der Kulturanlage zeigten die nie geschnittenen Hopfen, welche in der Nähe auf dem gleichen Boden standen.

Dass auch die Schwäche des Blüthenansatzes auf die mangelhafte vegetative Entwickelung zurückzuführen ist, halte ich für sicher. Ein Vergleich der Wirkung des Hopfenschnittes mit der des Wurzelschnittes bei Obstbäumen wäre ja schon wegen der morphologischen und physiologischen Ungleichwerthigkeit der geschnittenen Organe ganz unzulässig. Vielmehr halte ich den Vergleich des Hopfenschnitts mit dem Schneiden der Zweige bei Obstbäumen für angezeigt, wodurch ja ebenfalls das vegetative Wachsthum gefördert wird. Während aber bei den Obstbäumen diese Förderung meist auf Kosten des Blüthenansatzes geschieht, ist die Correlation beim Hopfen keine solche. Die Förderung des vegetativen Wachsthums hat auch eine solche des Blüthenansatzes zur Folge, was wohl damit zusammenhängt, dass die Blüthenbildung beim Hopfen auf Kosten der in derselben Vegetationsperiode erzeugten Assimilate geschieht. Die Bewurzelung der geschnittenen und nicht geschnittenen Stöcke zeigte, Anfang August untersucht, keinen Unterschied, kann also nicht die Ursache des verschiedenen Verhaltens der Stöcke sein.

Auch wenn Hopfensprosse durch Einknickung, wie es infolge von Windbeschädigung vorkommt, oder dadurch, dass sie gezwungen werden, in widernatürlicher, horizontaler Richtung zu wachsen wie bei den niederen Drahtanlagen überhaupt, in ihrem Wachsthum gehemmt werden, so hat diese Hemmung keine Förderung der reproduktiven Thätigkeit zur Folge, wie es z. B. beim Kaffeebaum der Fall ist, wo geknickte Zweige sich durch besonders reichen Blüthenansatz auszeichnen[1]), bei Obstbäumen, wo das Befestigen der Zweige in horizontaler Lage oder die Abwärtsbiegung als Mittel geübt wird, um reicheren Blüthenansatz zu erzielen[2]); eher ist das Gegentheil der Fall, und dies scheint mir der Hauptgrund, wesshalb die sonst für die Behandlung und Ernte so vortheilhaften niederen Drahtanlagen unrationell sind.

Der oben geschilderte günstige Erfolg des Schnittes ist um so weniger zu erwarten, als ja das Schneiden selbst schwächend auf den Trieb wirken muss, indem der Pflanze die in den abgeschnittenen

1) Ernst, Botanische Miscellaneen. Bot. Zeitung 1876, Sp. 36.

2) Vgl. darüber (abgesehen von der gärtnerischen Litteratur) Vöchting, Organbildung im Pflanzenreich, Bd. II, Bonn 1884.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0403-1

Theilen gespeicherten Reservestoffe genommen werden. Dass deren Menge nicht gering ist, zeigte ein Versuch, in welchem von 15 Wurzelstöcken die durch den Schnitt abfallenden Theile ca. 10 kg betrugen, auf den Stock also 667 g, die, abgesehen von den gespeicherten Assimilaten, folgende beträchtlichen Mengen der wichtigsten Nährstoffe enthielten:

Stickstoff . . .	6,26 g
Phosphorsäure .	1,25 g
Kali	3,55 g.

Karlsruhe, Januar 1894.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0404-7

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1894

Band/Volume: 78

Autor(en)/Author(s): Behrens Johannes

Artikel/Article: Physiologische Studien über den Hopfen. 361-398