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

Erklärung der Abbildungen.

Mit Ausnahme von Fig. 14 sind alle Abbildungen demselben Blüthenstande von *Hohenbergia* entnommen und zwar Fig. 1—3 blühenden Blumen im Juli und August, die übrigen reifen Früchten im November und December, Fig. 14 einer der Reife nahen Frucht einer anderen Pflanze derselben Art.

Fig. 1—3 sind 45mal, Fig. 4 ist 5mal, alle übrigen sind 15mal vergrössert.

Fig. 1. Regelrecht umgewendete Samenanlage.
„ 2. Verkümmerte und Fig. 3 wohlentwickelte geradläufige Samenanlage.
„ 4. Samenpolster mit drei geradläufigen und zwei umgewendeten reifen Samen und zwei unentwickelten umgewendeten Samenanlagen.
„ 5. Unentwickelte geradläufige Samenanlage mit rechtwinklig abstehendem Anhang am Ende des Stieles.
„ 6 und 7. Unentwickelte geradläufige und umgewendete Samenanlagen, dem Samenpolster aufsitzend.
„ 8 bis 12. Geradläufige Samen.
„ 13. Umgewendeter, doch nicht mit dem Stiele verwachsener Samen.
„ 14. Knieförmig gebogener, nur bis $^1/_4$ der Länge mit dem Stiele verwachsener Samen.
„ 15 und 16. Regelrechte, umgewendete Samen.
„ 17. Umgewendeter Samen mit lappig eingeschnittenem Anhang.
„ 18. Unentwickelte umgewendete, doch nicht mit dem Stiele verwachsene Samenanlage.

---

10. C. Rumm: Ueber die Wirkung der Kupferpräparate bei Bekämpfung der sogenannten Blattfallkrankheit der Weinrebe.

Eingegangen am 13. Februar 1893.

Die trotz ihrer Jugend bereits sehr umfangreiche Litteratur über das Bespritzen der Weinreben zur Bekämpfung der *Peronospora* enthält in erster Linie zahlreiche, im Allgemeinen übereinstimmende, in Einzelheiten sich jedoch auch dann und wann widersprechende Angaben über die vortheilhafteste Zusammensetzung der Spritzbrühe, die beste Methode und Zeit des Spritzens, überhaupt über die äusseren Bedingungen, von denen die erfolgreiche Bekämpfung jenes Rebenfeindes abhängt. Es werden uns sodann in vielen Fällen auch die Resultate des Bespritzens pilzkranker Pflanzen mit verschiedenen Präparaten in Form von mancher Orts sehr ausführlichen Statistiken mitgetheilt, um durch vergleichende Untersuchungen die zweckmässigsten Bekämpfungsmittel ausfindig zu machen. Die interessantesten Versuche hat wohl Briosi[1]) in dieser Richtung angestellt, welcher schon seit 1885 alljährlich seine Beobachtungen am unten citirten Orte veröffentlicht. Nach allen bisherigen Erhebungen erwies sich Kupfervitriol in wässeriger Lösung,

1) Briosi, Esperienze per combattere la peronospora della vite (*Peronospora viticola* [Berk. et Curt.]). Atti dell' Istituto Botanico dell' Università di Pavia. Ser. II. Vol. I.

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

mit Kalk gemischt, als bestes Gegenmittel; als wirksames Princip desselben wird Kupfervitriol angesehen. Nach Versuchen Wüthrich's[1]) reichen schon 0.0001 Aeq. des $CuSO_4$ hin, um das Wachsthum des Pilzes zu hemmen.

Fragen nach dem eigentlichen Wesen der Wirksamkeit jener Stoffe werden dagegen ziemlich selten erörtert, und wenn es geschieht, so weichen gewöhnlich die Ergebnisse solcher Erörterungen sehr von einander ab. So hält Monselise[2]) den Kalk für überflüssig, da nur die im Sulfat enthaltene Schwefelsäure wirksam sei; er empfiehlt daher billigere Sulfate als das Kupfervitriol. Klening und Wüthrich[3]) halten das Kupfersulfat für zu sauer, weshalb man alkalisch reagirenden Kalk zufügen müsse. Beide Körper setzen sich nach der Gleichung $CuSO_4 + Ca(OH)_2 = Cu(OH)_2 + CaSO_4$ in wenig lösliches Kupferhydrat und Gyps um, so dass also diese beiden neugebildeten Körper als die wirksamen anzusehen seien.

Schon die beiden willkürlich herausgegriffenen Ansichten über die Art der Wirksamkeit der angewendeten Mittel gehen somit sehr weit auseinander. Darin war man sich jedoch bisher einig, dass die direct hemmende Einwirkung der Spritzbrühe auf die Entwicklung der *Peronospora* und die hieraus resultirende Gesundung der vom Pilz ergriffenen Pflanze als feststehend zu betrachten sei.

Nun sind aber auch Erscheinungen bekannt geworden, die sich nicht lediglich auf diese directe Wirksamkeit der Spritzflüssigkeit zurückführen lassen. So beobachtete Galloway[4]) bei Versuchen zu Neosho in Missouri, dass an siebenmal gespritzten Stöcken die Trauben ungewöhnlich gross und süss waren; sie wurden von den Käufern für californische Trauben gehalten. Die wiederholte Anwendung von Bordeauxmischung bei Versuchen zu Eastham in Virginien[5]) steigerte den Ertrag der Ernte um mehr als das Doppelte. — Sehr bemerkenswerth in dieser Beziehung sind ferner die Beobachtungen Schachinger's[6]) in den Weingegenden Krems-Langenlois-Schönberg. Dort sind seit drei Jahren die Weingärten mit Bordelaiser Mischung bespritzt, nur wenige Parzellen nicht bespritzt worden. Im Herbst 1891 trugen die gespritzten

---

1) Wüthrich, Ueber die Einwirkung von Metallsalzen und Säuren auf die Keimfähigkeit der Sporen einiger der verbreitetsten parasitischen Pilze unserer Culturpflanzen. Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten, Bd. II, p. 27.

2) Monselise, Le soluzioni e le miscele cupriche contro la peronospora. L'Agricoltura italiana: an. XVII. Pisa 1891, p. 359 ff.

3) Klening und Wüthrich, Bekämpfung der Kartoffelkrankheit. Bern 1891. Referat in Sorauer's Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten, Bd. I, p. 250—252.

4) Galloway, Die Erfolge der im Jahre 1889 in Amerika durchgeführten praktischen Versuche zur Bekämpfung von Krankheiten an Culturgewächsen. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten, Bd. I, p. 34.

5) Galloway, l. c. p. 36.

6) Schachinger, Oesterr. Landwirthsch. Wochenblatt, 1891 vom 3. October.

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

Stöcke herrliche reife Trauben zu einer Zeit, wo an den ungespritzten Stöcken höchstens 10 pCt. der Früchte sich erst im Anfangsstadium der Reife befanden. Die ungespritzten Reben hatten gar kein grünes Laub mehr. SCHACHINGER schätzt das Verhältniss des Ertrags zwischen ungespritzten und gespritzten Stöcken auf 1 : 8, ein Umstand, der bei Beurtheilung unserer Fragen deswegen schwer in's Gewicht fällt, weil der Pilz auch an den ungespritzten Stöcken nicht nennenswerth entwickelt war.

Die Erfahrungen, die man in den weinbautreibenden Districten Deutschlands bisher gemacht hat, bestätigen allgemein die im Vorstehenden mitgetheilten Beobachtungen. Insbesondere wird von den Praktikern die frühere Reife der Trauben und das längere Grünbleiben der Blätter an gespritzten Reben gegenüber ungespritzten hervorgehoben, auch wenn an den letzteren der Pilz nur schwach oder garnicht entwickelt ist, also seine schädliche Wirkuug nicht im entsprechenden Verhältniss in Betracht kommen kann. Gelegentlich einer am 4. October 1890 in die Weinberge von Bönnigheim (Württemberg) unternommenen Excursion hatten wir Gelegenheit, die in Rede stehenden Erscheinungen in ausserordentlich scharf ausgeprägter Weise bestätigt zu finden. In die Augen springend war zunächst die intensiv dunkelgrüne Blattfarbe der gespritzten Stöcke im Vergleich zu den ungespritzten, vom Pilze nicht befallenen Reben. Gespritzte und ungespritzte Reviere wechselten mit einander ab: wie abgeschnitten hob sich die dunklere Färbung der Blätter schon von Weitem in den einzelnen gespritzten Revieren ab, so dass ein Verwechseln garnicht möglich war. Sodann war der Reifezustand der Trauben an den gespritzten Reben um wenigstens 14 Tage (nach der Beurtheilung erfahrener Weingärtner) weiter vorgeschritten, als diejenige der Trauben an ungespritzten Stöcken. Endlich war an den letzteren der Ertrag zweifellos geringer. Diese Beobachtungen fanden wir in vielen Hunderten Fällen bestätigt; es hielt geradezu schwer, Ausnahmen aufzufinden. Dass pilzkranke, aber gespritzte Pflanzen gegenüber von den ungespritzten erkrankten Individuen gesünderes, kräftigeres Laub entwickeln, erscheint nach den bisherigen Erfahrungen leich begreiflich; im vorliegenden Falle aber handelte es sich um gesunde Pflanzen, die sich im Uebrigen unter annähernd gleichen Verhältnissen entwickelten: Alter, Rasse der Reben, Bodenbeschaffenheit, Lage, Düngung etc. wirkten in beiden Fällen als gleiche Factoren.

Diese Thatsachen lassen sich nicht nur nicht auf eine ausschliesslich hemmende Einwirkung der Kupferpräparate auf die Entwickelung der *Peronospora* zurückführen, sie stehen geradezu im Widerspruch mit der Annahme einer exclusiven Wirksamkeit in dieser Richtung, denn erstens sind jene allgemeinen Erfolge nicht zu erklären aus der localen Beeinflussung des Pilzes, und zweitens würde die Pflanze,

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

durch Bespritzen vom Pilz befreit, nur zu einem dem gesunden Stande ähnlichen Zustand zurückgeführt, nicht aber gegenüber einem völlig gesunden, unbehandelten Individuum positiv verändert werden können.

Die in Bönnigheim und später noch oft auch anderwärts gemachten Beobachtungen drängten uns zu der Vermuthung, dass die Wirksamkeit der Bordelaiser Mischung nicht nur auf directer Hemmung des Pilzes beruht, sondern zugleich auch auf einer Einwirkung auf den Gesammtorganismus der Pflanze.

Weitere Belege für diese Vermuthung zu ermitteln, stellten wir uns im vorigen Sommer zur Aufgabe. Für unsere Zwecke konnten selbstredend nur völlig gesunde Weinreben in Betracht kommen. Der Jahrgang war uns insofern günstig, als die *Peronospora* gar nicht oder nur äusserst vereinzelt auftrat. Etwas ungünstiger waren wir betreffs der Materialmenge daran, die uns zur Verfügung stand. Unsere Versuchsstöcke befanden sich unmittelbar nebeneinander, wuchsen an derselben Wand empor, waren gleich entwickelt, völlig gesund, von derselben Rasse und demselben Alter. Gespritzt wurde im Vorsommer unmittelbar vor der Blüthezeit (9. Juni) und sodann noch einmal (allerdings etwas spät) am 20. September, auf welchen Zeitpunkt jedoch noch etwa zwölf warme, ja zum Theil heisse Tage folgten, ehe eine längere Regenzeit am 10. October eintrat. Versuche mit verschiedener Concentration konnten wir leider nicht anstellen, werden dieselben aber, voraussichtlich in diesem Jahre, womöglich nachholen.

Wir referiren nun im Folgenden zunächst kurz über die Ergebnisse unserer Versuche, wobei wir das gespritzte Material mit *A*, das ungespritzte mit *B* bezeichnen.

Das Laub von *A* war stets dunkler grün, als das von *B*. Der Unterschied in der Färbung war schon Anfang August zu bemerken.

Am 17. Juni war *A* in Blüthe, *B* noch nicht.

Am 12. September waren die Trauben von *A* reif und schon abgenommen, die von *B* nicht.

Am 16. September wurden drei Blätter, ein gespritztes von *A*, ein ungespritztes von *A* und ein Blatt von *B* abgeschnitten und mit den Stielen in Wasser gestellt. Am 19. September war das gespritzte Blatt noch ganz frisch, das ungespritzte von *A* welk, das Blatt von *B* fast zur Hälfte verdorrt.

Am 18. October wurde derselbe Versuch mit vier Blattpaaren wiederholt. Die Resultate dieses Versuchs wurden am 25. October wie folgt festgestellt:

Erstes Blattpaar: *B* schon seit 22. October gelb, jetzt mit vielen grossen dürren Stellen; *A* noch frisch, wenngleich infolge kleiner gelblicher Flecken etwas bleicher, als zu Anfang des Versuchs.

Zweites Blattpaar: *B* zum Theil ganz dürr; *A* wie bei 1.

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

Drittes Blattpaar: *A* schön grün, trotz einzelner welker Stellen; *B* vom Rand her vollständig gelb.

Viertes Blattpaar, am besten erhalten; auch hier das Blatt von *A* frischer als das von *B*.

So oft nun diese Blattversuche wiederholt wurden, so führten sie doch stets zu demselben Ergebniss. Die mikroskopische Untersuchung der Blattstiele ergab übrigens, wie gleich hier bemerkt werden möge, keinerlei Differenz in der Verquellung der Gefässe.

Aus den soeben erwähnten Blattversuchen folgt zunächst, dass die von uns angewendete Spritzflüssigkeit die Transpiration der Blätter herabsetzt. Wir werden weiter unten auf diesen Gegenstand zurückkommen.

Von besonderer Wichtigkeit erschien uns die auffallend intensivere Färbung der gespritzten Blätter im Vergleich zu den gesunden, ungespritzten. Es ist klar, dass diese Erscheinung nur allein vom Chlorophyllgehalt herrühren kann. Es war also zunächst zu untersuchen, in welcher Weise das Chlorophyll jene dunklere Färbung hervorbringt, ob es in den im Uebrigen unveränderten Zellen zahlreicher auftritt, oder ob etwa zugleich unter der Einwirkung der Kupfer-Kalksalze eine Vergrösserung der chlorophyllführenden Zellen stattfindet. An die letztere Möglichkeit muss im Hinblick auf die Untersuchungen BÖHM's[1]) und PALLADIN's[2]) gedacht werden, durch welche die begünstigende Wirkung der Kalksalze auf das Wachsthum etiolirter Blätter festgestellt worden ist.

Von vornherein muss hier in Betracht gezogen werden, dass oft makroskopisch sehr leicht wahrnehmbare Unterschiede, zumal wenn es sich um Farben handelt, unter dem Mikroskop sehr viel weniger scharf ausgeprägt erscheinen. Ferner darf nicht vergessen werden, dass die minimalsten, chemisch und mikroskopisch vielleicht niemals nachweisbaren Constitutionsänderungen der Zelle oft eine sehr weitgehende Störung des Gleichgewichts ihrer Lebensfunctionen bedingen, dass umgekehrt mechanische Eingriffe, Verletzungen oder auch erhebliche, deutlich wahrnehmbare, auf inneren Einflüssen beruhende Grössenverschiebungen u. dergl. oft sehr wenig in die Abwicklung des Lebensprocesses einschneiden; mikroskopisch sind gerade diese Veränderungen meist sehr leicht festzustellen.

Durch den mikroskopischen Vergleich gespritzter und ungespritzter Blätter unserer Versuchspflanzen gewannen wir im Allgemeinen den Eindruck, dass die gespritzten Blätter robuster, steifer waren, eine Erscheinung, welche auch hier auf eine begünstigende Wirkung des

---

1) BÖHM, Ueber den vegetabilischen Nährwerth der Kalksalze. Sitzungsber. der Wiener Akademie. Math.-nat. Klasse. LXXI. Bd. 1. Abth. 1875, p. 287.

2) PALLADIN, Ergrünen und Wachsthum der etiolirten Blätter. Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. Bd. IX, 1891, p. 230.

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

Kalksalzes auf das Wachsthum deutete. Zur Entscheidung der Frage nahmen wir zahlreiche vergleichende Messungen vor, von denen wir folgende mittheilen:

	Ungespritzt		Gespritzt		
	Zahl der Messungen	Durchschnitt	Zahl der Messungen	Durchschnitt	
1. Zwei Blätter der Versuchspflanzen vom 12. September.					
Epidermis	4	15,81 μ	7	18,38 μ	+ 2,57 μ
Palissaden-Gewebe	8	55,07 „	8	61,87 „	+ 6,80 „
Schwammparenchym (berechnet)		85,75 „		92,69 „	+ 6,94 „
Blattdicke	9	156,63 „	9	172,94 „	+ 16,31 „
2. Zwei Blätter der Versuchspflanzen vom 14. September.					
Epidermis	7	15,48 μ	5	16,28 μ	+ 0,80 μ
Palissaden-Gewebe	7	53,82 „	5	59,18 „	+ 5,36 „
Schwammparenchym (berechnet)		85,72 „		81,73 „	— 3,99 „
Blattdicke	7	155,02 „	5	157,19 „	+ 2,17 „
3. Zwei Blätter der Versuchspflanzen vom 16. September.					
Epidermis	6	15,76 μ	10	13,59 μ	— 2,17 μ
Palissaden-Gewebe	6	54,08 „	8	50,88 „	— 3,20 „
Schwammparenchym (berechnet)		81,69 „		90,78 „	+ 9,09 „
Blattdicke	6	151,53 „	11	155,25 „	+ 3,72 „

Die Schnitte wurden so gut wie möglich aus analog gelegenen Theilen annähernd gleich entwickelter, turgescenter, normaler Blätter genommen.

Wenn nun auch die gefundenen Werthe eine stärkere Entwickelung des Assimilationsgewebes bestätigen, so fanden wir doch auch in allerdings vereinzelten Fällen das Gegentheil. Es ist hierbei zu bedenken, dass wir bei der Auswahl möglichst analoger Verhältnisse für jene vergleichenden Messungen lediglich auf approximative Bestimmungen angewiesen waren. Die gefundenen Werthe machen daher eine stärkere Entwicklung des Assimilationsgewebes wohl wahrscheinlich, aber sie können nicht als beweiskräftig angesehen werden. Wir sind der Meinung, dass auch sehr viel zahlreichere Messungen nicht weiter geführt hätten, eben weil es hier an einem absoluten Massstab fehlt.

Zu positiven Ergebnissen führten dagegen unsere Untersuchungen bezüglich des Chlorophyllgehalts. Wenn wir zwar auch hier keine direct messbaren Resultate erzielten, so war trotzdem ein Zweifel an

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

der Zuverlässigkeit derselben ausgeschlossen. Die Chlorophyllkörner der gespritzten Blätter, namentlich in den Zellen des Palissadengewebes, erschienen im Allgemeinen zwar etwas kleiner, dafür aber stets zahlreicher als in den entsprechenden Zellen ungespritzter Blätter. Das Schwammparenchym gespritzter Blätter war ebenfalls deutlich reicher an Chlorophyll und lückenärmer. Es gelang uns, aus dem mikroskopischen Bilde heraus zu entscheiden, ob ein vorliegendes Präparat von einem gespritzten oder ungespritzten Blatte herrührte. Die Angabe ALESSANDRI's [1]), dass unter dem Einfluss des Kupfers der Chlorophyllfarbstoff eine intensivere Färbung annimmt, können wir dagegen nicht bestätigen.

Fassen wir nun, bevor wir in die Beantwortung unserer Hauptfrage, nämlich der Frage nach dem Wesen der Wirksamkeit der Kupfersalze eintreten, kurz unsere Ergebnisse zusammen. Es haben in der gespritzten Rebe Veränderungen Platz gegriffen, deren Gesammtheit nicht zufällig sein kann, sondern bei dem Mangel an anderweitigen Unterschieden in den äusseren Bedingungen der Versuchspflanzen in ursächlichem Zusammenhang mit dem Spritzen stehen muss. Wohl mag die eine oder andere der von uns angeführten Thatsachen auf zufälligen, individuellen Verschiedenheiten beruhen, die Summe aller Veränderungen aber muss Folge des Bespritzens sein. Die Spritzflüssigkeit wirkt somit direct auf den gesunden Pflanzenorganismus ein, und es ist aus diesem Grunde nicht ausgeschlossen, dass sie die Pflanze bewaffneter gegen den Pilz macht, d. h. indirect (durch den Organismus als Zwischenglied hindurch) dem schon angesetzten Pilz den Nährboden entzieht. In welchem Intensitätsverhältniss diese mittelbare und unmittelbare Beeinflussung des Pilzes stehen, war für uns Nebensache; viel wichtiger erschien uns eine andere Frage, die nämlich: Wie haben wir uns die Einwirkung des Kupferpräparats auf den Gesammtorganismus der Pflanze zu denken?

Hier sind zunächst zwei Möglichkeiten gegeben: entweder werden Ueberreste der aufgespritzten Salze durch die Epidermis hindurch von dem Blatte aufgenommen, es resultiren hieraus chemische Umsetzungen, die sich früher oder später in den obenerwähnten physiologischen Veränderungen äussern, — oder die Stoffe haften nur fest an der Cuticula, bleiben im Ganzen unverändert und wirken nur durch ihre Anwesenheit, d. h. üben einen uns bis jetzt unerklärlichen Reiz auf die Lebensthätigkeiten der Pflanze aus, ähnlich dem Reiz, wie er vom Licht, der Schwerkraft etc. ausgeht.

---

1) ALESSANDRI. Studi sull' azione fisica, chimica e fisiologica delle sostanze solubili e insolubili applicate come rimedi antiperonosporici. L'Italia agricola, a. XXI, Milano 1889. No. 1 ff. Nach dem Referat in JUST's Botan. Jahresber. XVII. Jahrgang. p. 201. Die Originalabhandlung war uns leider nicht zugänglich.

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

Um diese Alternative zu entscheiden, stellten wir folgenden Versuch an, dessen Gang zunächst kurz hier mitgetheilt sei. Die gespritzten Blätter wurden ohne merkliche Verletzung der Epidermis von den Resten der Spritzflüssigkeit befreit; diese Reinigung wurde so lange fortgesetzt, bis die Waschflüssigkeit im Spektroskop kein Kupfer mehr aufwies. Alsdann wurden die Blätter vollständig eingeäschert und spektroskopisch auf Kupfer untersucht. Selbstverständlich wandten wir alle Vorsichtsmassregeln an, um zu einem sicheren Resultate zu gelangen; so wurden beispielsweise alle gebrauchten Materialien vorher mit Schwefelwasserstoff auf Kupfer geprüft; ebenso wurden die Prüfungen auf Kupfer stets mit mehreren Stoffen, Schwefelwasserstoff, Ferrocyankalium, Ammoniak vorgenommen. Kupferne resp. auch Messing-Gasbrenner wurden ausgeschlossen. Bei den spektroskopischen Untersuchungen wurde eine neue Flüssigkeit erst dann in Beobachtung genommen, wenn die Schwenkflüssigkeit der vorher untersuchten Substanz im Spektroskop keinerlei Metallspektrum mehr zeigte.

Im Einzelnen gelangten wir zu folgenden Ergebnissen:

Am 19. October wurden 15 gespritzte Blätter sorgfältig mit kupferfreiem Wasser dreimal abgewaschen und die Waschwässer einzeln filtrirt; im schwarzgrauen Niederschlag liess sich Kupfer mit Ferrocyankalium sehr leicht nachweisen, doch nahmen die Quantitäten stufenweise vom ersten bis zum dritten Niederschlag ab. Das Filtrat des ersten Waschwassers wurde auf Kupfer und Calcium geprüft. Ammoniumoxalat erzeugte sofort eine Trübung und nach einigen Tagen einen deutlichen, weissen Niederschlag von oxalsaurem Kalk. Ferrocyankalium brachte momentan keinen Niederschlag hervor, erst nach drei Tagen waren am Grunde des Reagensglases Spuren von rothbraunem Ferrocyankupfer zu erkennen; ebenso liess die mit Schwefelwasserstoff behandelte Lösung erst nach drei Tagen leichte Gelbfärbung am tiefsten Grunde erscheinen. Ammoniak erzeugte keine blaue Färbung. Wenn schon das Filtrat des ersten Waschwassers so wenig Kupfer in Lösung hatte, so war vorauszusehen, dass Filtrat 2 und 3 noch ungleich weniger Kupfer enthalten würden. Weiter aber folgte aus diesen Thatsachen, dass das Kupfer nicht mehr als lösliches Sulfat auf den Blättern existirte, sondern in eine in Wasser weniglösliche Form übergegangen sein musste, nach der Gleichung:

$$CuSO_4 + Ca(OH)_2 = Cu(OH)_2 + CaSO_4.$$

Ob das entstandene Kupferhydrat durch die in der Luft enthaltene Kohlensäure theilweise in ebensoweniglösliches Kupfercarbonat umgewandelt war, wurde von uns nicht festgestellt, weil dies für die Entscheidung der für uns in Betracht kommenden Fragen ohne Belang war. Mit diesen Thatsachen stimmt denn auch die so ausgeprägte Unveränderlichkeit der Spritzflecken überein, die augenscheinlich von

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

Wasser kaum gelöst, sondern nur theilweise von starkem Platzregen mechanisch weggeschwemmt werden können. Das Mikroskop hatte uns schon im Sommer fest an der Cuticula haftende, gelbbraune Körnchen (wahrscheinlich $Cu(OH)_2$) gezeigt.

Es leuchtet ein, dass uns die Wasserbehandlung unter diesen Umständen nicht zum Ziele führen konnte. Wir liessen darum Säurebehandlung eintreten und verwendeten hierzu verdünnte (1 : 10) Salzsäure. 12 frische, gesunde Blätter wurden am 21. October mit dem obenerwähnten Erfolge zunächst mit Wasser abgewaschen, dann dreimal mit verdünnter Salzsäure derart behandelt, dass sie das erste Mal 5, das zweite Mal 10, das dritte Mal 7 Secunden in die Säure eingetaucht und jedesmal sofort wieder in Wasser eingeweicht wurden. Die Salzflecken lösten sich leicht in der Säure; die letztere aber griff die Blätter im Allgemeinen nur wenig an. Die Waschsäuren wurden nach dem Filtriren auf Kupfer geprüft.

Waschsäure I setzte mit Schwefelwasserstoff einen deutlich schwarzbraunen Niederschlag ab, der sich bis zum 25. October in eine braune Masse mit schwarzem Rande (Kupfersulfid) differenzirte.

Waschsäure II blieb mit Schwefelwasserstoff klar und zeigte erst nach einem Tage einen minimalen gelblichweissen Niederschlag.

Waschsäure III endlich ergab mit Schwefelwasserstoff nach drei Tagen einen dunkleren (gelbbraunen) reichlicheren Flockenniederschlag als Waschsäure II. Wenn auch kaum anzunehmen war, dass dieser Niederschlag aus Schwefelkupfer bestand — er hätte bei seinen deutlich sichtbaren Flocken, sowie seiner ansehnlichen Masse ein viel dunkleres Aussehen haben und zu der sehr unwahrscheinlichen Folgerung nöthigen müssen, es sei ausserordentlich viel Kupfer in der Säure enthalten — so untersuchten wir ihn dennoch spektroskopisch auf Kupfer.

Fortan lassen wir Waschsäure I, die augenscheinlich Kupfer enthielt, ausser Betracht und beschäftigen uns nur mit Waschsäure II und III. Beide Säuren wurden getrennt zur Trockene eingedampft, etwas verkohlt und in BUNSEN's Flamme spektroskopisch untersucht, wobei sie keinerlei Kupferlinien zeigten. Da wir zur Controlle noch mittelst des elektrischen Funkens untersuchen wollten, mussten wir die Substanzen wieder in Lösung bringen. Concentrirte Salzsäure liess einen auf organische Bestandtheile deutenden schwarzen Rückstand, der sich in concentrirter Salpetersäure löste. Nach Abdampfen der Lösungen mit concentrirter Schwefelsäure und nachheriger Verdünnung mit Wasser (1 : 10) wurden dieselben ohne Erfolg mit Schwefelwasserstoff und Ferrocyankalium auf Kupfer geprüft und nun spektroskopisch untersucht. Wir bedienten uns hierbei des sogenannten Fulgurators, bei welchem der elektrische Funke zwischen Platinelektroden überspringt, von denen eine die zu prüfende Flüssigkeit capillar zugeführt erhält. Beide Waschsäuren zeigten hierbei stets deutlich und bestimmt

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

die Linien des Calciums. In Waschsäure II traten die Kupferlinien 521,7 und 510,5 (nach Thalén) sehr selten (ungefähr in Pausen von 2—3 Minuten), aber deutlich auf; in Waschsäure III waren auch diese charakteristischen Kupferlinien verschwunden. Es durfte daher angenommen werden, dass das Kupfer in dieser Waschsäure nicht mehr in spektroskopisch nachweisbarer Menge vorhanden war.

Jetzt erst wurden unsere von allem äusserlich anhaftenden Kupfer befreiten Blätter eingeäschert, um wiederum auf spektroskopischen Wege darauf hin untersucht zu werden, ob Kupfer von den Zellen des Assimilationsgewebes aufgenommen worden war. Da es sich hier aller Wahrscheinlichkeit nach nur um minimale Kupfermengen handeln konnte, so konnte einzig und allein auf spektroskopischem Wege deren Nachweis gelingen, denn die chemischen Reactionen auf Kupfer sind nicht empfindlich genug. — Nach zehntägigem Stehen im Wasser waren die Blätter noch ansehnlich frisch, in den erhaltenen Theilen noch straff. Einzelne Stellen waren freilich durch die Salzsäure gebräunt worden. Hier hatte die Säure das Blatt angegriffen und augenscheinlich organische Substanz (wie wir schon oben andeuteten) mit in Lösung übergeführt. Die Blätter wurden zerschnitten (die schadhaften Stellen dabei so gut als möglich ausgemerzt), getrocknet und vollständig eingeäschert. Die Asche wurde unter Aufbrausen entweichender Kohlensäure mit concentrirter Salpetersäure gelöst, dann die Salpetersäure mit concentrirter Schwefelsäure abgedampft und die erhaltene Lösung mit Wasser versetzt, wobei sich ein voluminöser, flockiger, weisser Niederschlag bildete, der wohl im Wesentlichen aus Silikaten bestand. Die so behandelte Blattaschenlösung wurde nun ebenso mittels des electrischen Funkens spektroskopisch untersucht, wie die Waschsäuren. Wieder waren die Linien des Calciums sichtbar, aber merkwürdiger Weise nicht so viele wie im reinen Spektrum, die charakteristischen Kupferlinien erschienen nicht. Sodann wurde noch der erwähnte weisse flockige Niederschlag in gleicher Weise untersucht, wobei sich ebensowenig Kupferlinien zeigten. Wir gelangen somit zu dem Ergebniss, dass bei unseren Versuchen höchst wahrscheinlich Kupfer nicht in spektroskopisch nachweisbarer Menge von den Blättern aufgenommen wurde. Der Vorgang der gesteigerten Chlorophyllbildung würde sich somit als die Folge eines chemotaktischen Reizes darstellen, bei welchem keine Stoffaufnahme stattfindet. Das Vorhandensein von Calcium kann hier nicht in Betracht kommen, da bekanntlich die gleiche Wirkung durch Anwendung von Kupfervitriol allein sich erzielen lässt. Es wäre somit jene fundamentale Frage beantwortet, welche Pfeffer[1]) betreffs des Zustandekommens chemotaktischer Reize stellt.

1) Pfeffer: Ueber chemotaktische Bewegungen von Bacterien, Flagellaten und Volvocineen. Untersuchungen aus dem botan. Institut zu Tübingen, Bd. II, p. 650.

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

Immerhin sind unsere spektroskopischen Untersuchungen gegenwärtig noch insofern mit einiger Unsicherheit verknüpft, als einerseits die gegenseitigen Ueberdeckungsverhältnisse verschiedener Spektra, andererseits die Abhängigkeit der Intensität der einzelnen Spektrallinien von der Concentration der Lösung nicht genügend festgestellt sind. Leider erlaubte uns die vorgeschrittene Jahreszeit nicht mehr, unsere Untersuchungen nach dieser Richtung hin weiter auszudehnen. Wir werden dieselben in der nächsten Vegetationsperiode wieder aufnehmen und hoffen, zu völlig einwandsfreien Resultaten zu gelangen.

Wäre uns der Nachweis gelungen, dass die auf die Blattoberfläche aufgespritzten Salze von den Zellen des Blattgewebes aufgenommen werden, so würde sich die bereits erwähnte Herabsetzung der Transpiration unschwer erklären lassen. Dies war jedoch nicht der Fall. Wie wir eben gezeigt haben, ist es vielmehr aus verschiedenen Gründen sehr wahrscheinlich, dass jene Salze nicht in die Zellen gelangen. Es kann somit hier die Thatsache, dass aus Salzlösungen das Wasser langsamer verdunstet, nicht in Betracht kommen. Nach JUMELLE[1]) nimmt die Intensität der Transpiration grüner Pflanzentheile im Lichte und bei Anwesenheit von Kohlensäure in dem Grade ab, in welchem die Zersetzung der Kohlensäure steigt. Wir haben uns nach JUMELLE den Vorgang so zu denken, dass die Energie der vom Chlorophyll absorbirten Sonnenstrahlen in erster Linie für das Assimilationsgeschäft verbraucht wird und erst ein etwaiger Ueberschuss an Energie der Transpiration zu gut komme. Das Chlorophyll besässe sonach indirect Einfluss auf die Höhe der Transpiration. Nun waren bei unseren Versuchen die gespritzten und weniger transpirirenden Blätter zwar stets reicher an Chlorophyll als die ungespritzten, stärker transpirirenden; dessen ungeachtet neigen wir der Anschauung zu, dass der ausserordentlich beträchtliche Unterschied in Bezug auf die Transpiration bei unseren Versuchen sich nicht lediglich durch den verschieden grossen Chlorophyllgehalt der Blätter erklären lässt. Wir wissen, dass für die Regulirung der Wasserverdunstung die lebende Plasmahaut von grösster Bedeutung ist, dass der Tod derselben eine rasche Steigerung der Transpiration zur Folge hat und zwar gerade bei denjenigen Pflanzen, die im lebenden Zustande durch geringe Transpiration ausgezeichnet sind. Es ist daher zu vermuthen, dass das lebende Plasma die Möglichkeit besitzt, das Wasser in der Zelle zurückzuhalten oder doch dessen Austritt zu verlangsamen. Nun ist es nach den bereits mitgetheilten Beobachtungen im höchsten Grade wahrscheinlich, dass die Kupfer-Kalksalze von der Blattoberfläche aus einen eigenthümlichen chemotaktischen Reiz auf die Zellthätigkeit ausüben, der sich zunächst in

1) JUMELLE, Nouvelles recherches sur l'assimilation et la transpiration chlorophylliennes. Revue générale de Bot. T. III, 31.

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

einer Steigerung der Chlorophyllbildung kundgiebt. Jene Reizwirkung kann sich aber ebenso gut auch zugleich auf die Eigenschaften des Plasmas erstrecken, welche auf die Intensität der Transpiration von Einfluss sind. In unserem Falle würden sonach die Kupfer-Kalksalze jene Kräfte des Plasmas steigern, welche das Wasser in der lebenden Zelle festhalten, während der geringere oder grössere Chlorophyllgehalt der Blätter vielleicht von ganz untergeordneter Bedeutung für die Grösse der Transpiration ist. Speciellere Untersuchungen über die sich hier darbietenden Fragen wären unseres Erachtens ausserordentlich erwünscht, insbesondere darüber, ob auch bei Anwendung von Salzen, die ohne merklichen Einfluss auf die Chlorophyllbildung sind, die Transpiration herabgesetzt wird.

Es erübrigt uns noch, unsere Resultate mit denen einiger anderer Forscher zu vergleichen.

Tschirch[1]) hat ein Kupferphyllocyanat hergestellt, das in seinem Verhalten gegen Säuren, selbst gegen conc. Salzsäure, um vieles beständiger ist, als Chlorophyll. Durch conc. Salzsäure wird es nämlich nicht einmal in der Farbe verändert. Es bildete sich nach Tschirch's[2]) Darlegung leicht, wenn Kupfervitriol, in Wasser gelöst, in *Ampelopsis*-Blätter eindrang. Dieser Sachverhalt steht mit unseren Resultaten vollkommen in Einklang. Wäre nämlich bei unseren Versuchen wirklich in den Blättern Kupferphyllocyanat entstanden, so hätten dieselben von der verdünnten Salzsäure nicht angegriffen werden dürfen, was aber, wenn auch nur in geringerem Grade in Folge der kurzen Dauer des Versuchs, der Fall war.

Dufour[3]) hat an gelbsüchtigen, also nicht vom Pilze befallenen Birnbäumen und amerikanischen Reben Versuche mit Eisenvitriol und Kalkhydrat gemacht. Er erzielte mit dieser Mischung, wie schon vor ihm andere Forscher mit Eisensalzen allein, locale Chlorophyllbildung an vielen Blättern und zugleich auch wesentlich besseres Gesammtaussehen der Pflanzen; in manchen Fällen dagegen war die Behandlung erfolglos. Der genannte Forscher folgert aus den Ergebnissen seiner Versuche eine physiologische Wirksamkeit des Eisenvitriols in der Weise, dass das vom Blattgewebe direct aufgenommene Eisen zur Bildung von Eisennährsalzen in der Pflanze dient. Nach unseren Beobachtungen über den Einfluss des Kupfervitriols auf die Chlorophyllbildung hegen wir indess Zweifel, ob die Bildung des Chlorophylls bei der Behandlung der Chlorose durch Eisensalze nur auf

1) Tschirch, Ueber das Färben von Nahrungs- und Genussmitteln mit natürlichen und künstlichen Farbstoffen. Separatabdruck aus der Schweiz. Wochenschrift für Pharmacie. 1891, p. 7.

2) Tschirch, l. c. p. 8.

3) Dufour, Notiz über eine neue Art der Anwendung von Eisenvitriol bei gelbsüchtigen Pflanzen. Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten. Bd. I, p. 136 u. 137.

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

directe Betheiligung der letzteren zurückzuführen ist. Wir neigen vielmehr der Annahme zu, dass auch hier das Eisen ebenso wie bei unseren Versuchen das Kupfer in erster Linie einen eigenthümlichen, uns seinem Wesen nach unbekannten chemotaktischen Reiz auf die Lebensthätigkeit des Plasmas ausübt, dass die Aufnahme des Eisens, bezw. die Bildung der Eisennährsalze als secundäre Vorgänge zu betrachten sind.

Zu ganz unbegreiflichen Resultaten gelangt PICHI[1]), der der Pflanze sowohl gelöstes als auch gepulvertes Kupfervitriol durch die Wurzeln zugeführt hat. Er will Krystalle von Kupfervitriol im Innern der Mesophyllzellen, namentlich in der Nähe der Mittelrippen, mikroskopisch beobachtet haben. Daraus würde folgen, dass das Kupfer in ausserordentlich grosser Menge ohne Schaden von der Pflanze aufgenommen worden sei, da es ja doch wohl nur aus ziemlich concentrirten Lösungen auskrystallisiren kann. Dies halten wir jedoch für äusserst unwahrscheinlich, denn bekanntlich ist Kupfer ein sehr scharfes Gift für die pflanzlichen Zellen. So beobachtete schon NÄGELI, dass bereits die Anwesenheit von einem Zehnmillionstel eines Kupfersalzes in der Nährlösung genügte, um *Spirogyra* zu tödten. Ferner ist neuerdings von LOEW[2]) nachgewiesen worden, dass die oft beobachtete angebliche Giftwirkung des destillirten Wassers bei Wasserculturen auf Verunreinigung des Wassers durch Kupfer beruht.

Eine solche Verunreinigung kommt zu Stande, wenn zur Destillation kupferne Apparate benutzt werden. LOEW dampfte 20 *l* Wasser, welche aus einem solchen Apparate herrührten und giftig gewirkt hatten, ein und fand doch nur Spuren von Kupfer. — Unbegreiflich ist uns ferner, dass das Kupfervitriol nach den Angaben PICHI's so ganz indifferent von der Wurzel zum Blatte aufgestiegen sei, ohne auf dem Wege dahin neue chemische Verbindungen einzugehen, nur um wieder in der Form von Secretionskrystallen ausgeschieden zu werden. Nirgends macht PICHI genauere Angaben über die Methoden, nach welchen er die Anwesenheit des Kupfers feststellte, so dass unseres Erachtens die Zuverlässigkeit seiner Ergebnisse mindestens fraglich bleibt. Auch in seinen späteren Veröffentlichungen über diesen Gegenstand beschränkt sich PICHI auf Angaben wie: „La ricerca chimica del rame nelle foglie e nei tralci ha confermato la presenza di questo metallo“[3]) und „Le seguenti determinazioni del rame nelle ceneri delle

1) PICHI, Alcuni esperimenti fisiopatologici sulla vite in relazione al parassitismo della peronospora. Nuovo Giornale botan. ital. Vol. XXIII. 1891. Nr. 2, p. 361 ff.

2) O. LOEW, Bemerkung über die Giftwirkung des destillirten Wassers. Landwirthschaftl. Jahrbücher. XX. 1891. Heft 1.

3) PICHI, Ricerche fisiopatologiche sulla vite in relazione al parassitismo della peronospora. Estratto dagli Annali R. Scuola di Viticoltura e di Enologia in Conegliano. Ser. III. Anno I. 1892. Fasc. I, p. 3.

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

foglie e dei tralci furono fatte con il metodo elettrolitico"[1]). Dasselbe gilt von den Untersuchungen ALESSANDRI's, nach denen die Salze durch Osmose in das Innere der Blätter gelangen. Die Angaben über den Nachweis des Kupfers innerhalb der Zellen sind so allgemein und unbestimmt, dass sie sich schon deshalb der Prüfung auf ihre Stichhaltigkeit entziehen. Auch nach ALESSANDRI werden Kupfervitriollösungen von den Wurzeln aufgenommen; „allein der Strom dieser Salze steigt nicht gar hoch im Innern der Pflanze"[2]). In diesem Punkte gelangt demnach ALESSANDRI zu einem wesentlich anderen Ergebniss als PICHI, welcher angiebt, dass die von den Wurzeln aufgenommenen Kupfersalze bis in die Blätter aufsteigen und hier sogar Secretionskrystalle bilden.

Fassen wir nun die Hauptergebnisse unserer Untersuchung zusammen.

Es kann gegenwärtig auch nicht dem geringsten Zweifel mehr unterliegen, dass rechtzeitiges und sachgemässes Spritzen der Weinrebe von hohem Nutzen ist. Einerseits wird dem Umsichgreifen des Pilzes durch die giftige Wirkung der Kupfersalze zum Mindesten Einhalt gethan, andererseits ist nach unseren im Vorstehenden mitgetheilten Untersuchungen kaum noch daran zu zweifeln, dass das Spritzen für die gesunde Weinrebe direct von Vortheil ist. Derselbe besteht in einer Steigerung der Chlorophyllbildung, aus welcher dann eine reichlichere Stärkeproduction resultirt. Aus letzterem Umstande erklärt sich weiter unsere Beobachtung, dass unter sonst gleichen Bedingungen gespritzte Weintrauben reichlicheren Traubenansatz zeigten als ungespritzte, gesunde Stöcke, dass erstere ihre Trauben um zwei Wochen früher reiften, als letztere.

Die Steigerung der Chlorophyllbildung beruht höchst wahrscheinlich auf einem chemotaktischen Reiz, der ohne Stoffaufnahme zu Stande kommt.

Durch das Bespritzen der Reben mit der sogenannten Bordeauxmischung wird die Transpiration der Blätter erheblich herabgesetzt.

Besonders werthvoll, namentlich für den Weinbau Süddeutschlands, wäre die künstliche Beschleunigung der Traubenreife. Durch umfassende Untersuchungen wäre festzustellen, ob jene Beschleunigung der Reife durch künstliche Mittel auf die Dauer von der Pflanze ohne Schaden ertragen wird, ob sie sich event. noch weiter steigern lässt. Ferner entsteht die Frage, ob nicht schliesslich durch fortgesetzte Anwendung von Kupfersulfat soviel Kupfer in den Boden gelangt, dass dadurch für

---

1) PICHI, Alcuni esperimenti fisiopatologici sulla vite in relazione al parassitismo della Peronospora. Seconda nota. Bollettino della Società Botanica Italiana. 1892, p. 203.

2) ALESSANDRI, l. c. p. 201.

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

die Pflanze eine ernste Gefahr entsteht. Nach den Untersuchungen von HASELHOFF[1]) wäre nämlich eine solche Schädigung zu erwarten. Der genannte Forscher beobachtete bei Wasserculturversuchen die schädliche Wirkung des Kupfersulfates an Mais schon bei 5 *mg* CuO pro 1 Liter und fand, dass „durch Berieseln mit kupfersulfat- und kupfernitrathaltigem Wasser die Pflanzennährstoffe des Bodens, besonders Kalk und Kali, gelöst und ausgewaschen werden; Kupferoxyd wird vom Boden absorbirt". HASELHOFF schliesst daraus, dass durch diese beiden Vorgänge die Fruchtbarkeit des Bodens mehr oder weniger herabgemindert wird.

Andererseits wird nach HASELHOFF „durch einen Gehalt von Calciumcarbonat im Boden die schädigende Wirkung von kupfersulfat- und kupfernitrathaltigem Rieselwasser so lange verringert, als der Boden noch unzersetztes Calciumcarbonat enthält. Ist der Vorrath an letzterem erschöpft, so macht sich der schädliche Einfluss in derselben Weise wie bei einem kalkarmen Boden geltend". Es bliebe also auch noch zu untersuchen, durch welche Mittel jenem schädlichen Einflusse des Kupfers vorgebeugt werden kann.

Derartige Fragen lassen sich jedoch, wie gesagt, nur durch umfassende Untersuchungen lösen, die wir mit unseren bescheidenen Mitteln leider nicht ausführen können. Wir müssen uns daher darauf beschränken, durch die vorstehenden Mittheilungen die Anregung zu weiteren Untersuchungen auf diesem Gebiete gegeben zu haben.

Die mitgetheilten Untersuchungen sind auf Anregung meines hochverehrten Lehrers, Herrn Privatdocenten Dr. M. FÜNFSTÜCK, ausgeführt worden, und sage ich demselben auch an dieser Stelle für seine mannichfache Unterstützung meinen wärmsten Dank, ebenso den Herren Professor Dr. HÄUSSERMANN und Professor Dr. KOCH, welche mir ihren Rath in Bezug auf den chemischen bezw. spektroskopischen Theil meiner Untersuchungen bereitwilligst gewährt haben.

Stuttgart, technische Hochschule, im Februar 1893.

---

1) HASELHOFF, Ueber die schädigende Wirkung von kupfersulfat- und kupfernitrathaltigem Wasser auf Boden und Pflanzen. Landwirthschaftliche Jahrbücher. Bd. XXI. 1891, p. 261 ff.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1893

Band/Volume: 11

Autor(en)/Author(s): Rumm C.

Artikel/Article: Ueber die Wirkung der Kupferpräparate bei Bekämpfung der sogenannten Blattfallkrankheit der Weinrebe. 79-93