

Die Giftwirkung der gegen die *Peronospora viticola* verwendeten Kupfervitriol-Kalkmischung (Bordeauxbrühe) auf *Spirogyra longata*.

Von Dr. C. Rumm in Stuttgart.

Als im Jahre 1878 die gefährliche *Peronospora viticola* von Amerika aus nach Frankreich eingeschleppt wurde und in wenigen Jahren ihren Siegeslauf durch fast alle Weinbaugenden unseres Erdteils hielt, da musste man in der That ernstliche Befürchtungen in Betreff der Zukunft des europäischen Weinbaus hegen. Erlagen doch in manchen Bezirken die Jahreserträge fast völlig der neuen Krankheit, und stand man doch dieser letzteren eine Zeitlang gänzlich ratlos gegenüber! Viele Bekämpfungsmittel wurden damals in Vorschlag gebracht, von denen man heute sicher weiss, dass sie entweder ohne jeglichen Wert sind oder aber den Schmarotzer mit seiner Wirtspflanze schädigen. Von allen verwendeten Mitteln dürfte wohl auch jetzt noch die von MILLARDET (Bordeaux) zuerst gebrauchte Kupfervitriol-Kalkmischung oder deren durch Zuckerzusatz erreichte Abänderung als das beste Bekämpfungsmittel der *Peronospora* gelten. Bekanntlich wird die ursprüngliche Bordeauxbrühe durch Vermischen von zu Brei gelöschtem Kalk und Kupfervitriollösung nach im übrigen ziemlich verschiedenen Rezepten hergestellt. Die Litteratur über ihre Erfolge, ihre vorteilhafteste Zusammensetzung, Zeit und Methode ihrer Anwendung u. s. w. ist in der kurzen Spanne von 10—12 Jahren eine sehr umfangreiche geworden. Im Sommer 1892 stellte ich eingehende Versuche über die Wirkungsweise der Bordeauxbrühe an, wodurch ich nachweisen konnte, dass diese Mischung (abgesehen von ihrer Giftwirkung auf den Schmarotzer) auch direkt gesunde, von der *Peronospora* nicht befallene Reben fördernd beeinflusst, dass es sich bei diesem Einfluss nicht mehr um Kupfervitriol und Kalk, sondern um die aus diesen Stoffen hervorgehenden Verbindungen: nichtätzendes Kupfer-

hydroxyd ($\text{Cu}(\text{OH})_2$), Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{Aq}$) und Calciumkarbonat (CaCO_3) handelt, und endlich dass diese Wirkung ohne spektroskopisch nachweisbare Kupferaufnahme durch die Blätter zu stande kommt¹. Anschliessend an diese Untersuchungen machte ich es mir im Winter 1894/95 zur Aufgabe, nun auch die Grösse der Giftwirkung der Bordeauxbrühe und ihrer Bestandteile auf niedere Lebewesen systematisch zu erforschen. Als Versuchsobjekt diente mir hierzu — mangels an Conidien und Zoosporen von *Peronospora viticola* — neben anderem *Spirogyra longata*, eine für derartige Arbeiten ausserordentlich geeignete, auf die geringsten Giftmengen sehr charakteristisch reagierende Alge. Die Ergebnisse meiner diesbezüglichen Untersuchungen veröffentlichte ich 1895 in Bd. I Abt. 1 von „FÜNFSÜCK'S Beiträgen zur wissenschaftlichen Botanik“. 1897 hielt ich über diese Arbeiten im Verein für vaterländische Naturkunde zu Stuttgart einen Vortrag, der sich vorwiegend mit der physiologischen Seite der Frage befasste und dessen Inhalt ich hier an Stelle eines kürzeren Referats etwas ausführlicher mitteilen möchte.

Spirogyra longata besitzt für gewöhnlich nur ein, von rechts unten nach links oben ansteigendes, nach innen rinnenartig gewölbtes, seitlich mit vielen zierlichen Zacken besetztes Chlorophyllband. Sie wird durch Kupfervitriollösungen verschiedener Konzentration im wesentlichen auf drei in ihren äusseren Erscheinungsformen sehr verschiedene Arten abgetötet: entweder wird das zweischneidige Chlorophyllband walzenförmig, bleibt am Plasma in seiner ursprünglichen Lage haften, zieht sich aber mit letzterem bis zu 50% nach Länge und Breite ins Zellinnere zurück (Plasmolyse); oder das Band verändert sich wie oben, ohne dass das Plasma von der Membran losgetrennt wird (eigentlich chemische Vergiftung); oder endlich das Band löst sich unter nachfolgender Querschnittsdeformation vom Plasma, biegt sich annähernd in die Zellenachse und zieht sich dann wurmförmig in sich selbst zu einem Ballen zusammen (oligodynamische Vergiftung, NÄGELI). Letztere Abtötungsart war noch zu konstatieren, wenn ich ein kleines Algenbündel auf dem Objektträger in einige Tropfen einer Lösung brachte, die auf 1 cbm Wasser nur 1 g Kupfervitriol enthielt.

Meine Bordeauxbrühe bestand aus 3 kg Kupfervitriol und 2 kg gelöschtem Kalk und war auf 100 l Mischung verdünnt; sie musste

¹ Berichte der Deutsch. Bot. Gesellschaft 1893. S. 79—93 und S. 445 bis 452.

nach einfacher chemischer Rechnung 1,17 kg Kupferhydroxyd, 2,07 kg Gips und 1,11 kg überschüssigen Kalk enthalten. Nach diesen Verhältniszahlen bereitete ich mir auch Brühen der einzelnen Bestandteile, wohl wissend, dass die Bordeauxbrühe der Praxis sich von meiner ideellen morphologisch in mehrfacher Hinsicht unterscheidet: denn beim Vermischen der Kalkmilch mit der Kupfervitriollösung werden die ungelösten und ungelöschten Kalkteilchen von letzterer angeätzt; die gleichzeitig entstehenden schwerlöslichen Umsetzungsprodukte (Gips und Kupferhydroxyd) durchdringen einander und die festen Kalkteilchen mechanisch (wenigstens teilweise), so dass die Bordeauxmischung alle drei chemischen Verbindungen nicht gleichmässig gesondert, daher auch nicht gleichmässig frei aktiv enthält.

Meine Untersuchungen erstreckten sich auf die drei genannten Primärbestandteile und auf deren sämtliche binäre und ternäre Mischungen in verschiedenen Konzentrationen (Ausgangspunkt die obenerwähnten quantitativen Verhältnisse einer ideellen Bordeauxbrühe als Normalkonzentrationen 1,0). Sämtliche Stoffe wurden auf dem Objektträger je in zwei Reihen durchgeprüft: als „Brühen“ (d. h. mit festen Partikeln) und als Filtrate. Erwähnen will ich noch, dass ich die Kupferbrühe durch Fällung aus Kupfervitriollösung mittels klarer Kalklösung, Kalk- und Gipsbrühe durch direktes Abwägen der betreffenden Stoffe herstellte. Jeder Versuch wurde $\frac{1}{4}$ Stunde, $\frac{1}{2}$ St., $\frac{3}{4}$ St., etwa 3 St. und endlich 24 St. nach seinem Beginn abgelesen. Auf Grund dieser zweimal mit guter Übereinstimmung angestellten Untersuchungen kam ich zu folgenden Ergebnissen.

I. Bezüglich der Primärbestandteile der Bordeauxbrühe.

1. Vom Kupferhydroxyd ist in gekochtem und abfiltriertem Brunnenwasser oder in Schneewasser nicht so viel gelöst, als zu einer sichtbaren Erkrankung von *Spirogyra* nötig ist. Nur die festen Hydroxydteilchen wirken — und zwar nur bei direkter Berührung mit den Algen — schädlich auf letztere ein, quantitativ etwa $\frac{1}{6}$ so stark als die Kupfervitriolmenge, aus der sie gefällt wurden. Berühren viele Kupferteilchen die einzelne Zelle, so zieht sich das Chlorophyllband vom Plasma zurück und zerreisst in mehrere Stücke; das Plasma trennt sich in unregelmässigen, meist konkav-buchtigen Umrissen von der Membran; es bleibt aber an einzelnen Punkten der letzteren (fast immer da, wo sich aussen Kupferteilchen befinden),

sowie an den stark aufquellenden, sich dunkelbraun färbenden Querwänden hängen; nachträglich tritt Bräunung des Zellinhalts ein. Kommen hingegen nur wenige Kupferteilchen mit den Algen in Berührung, so erhalten wir teilweise Erscheinungen ähnlich denen der oligodynamischen Vergiftung durch Kupfervitriol: das Chlorophyllband ballt sich im Zellinnern; aber daneben zeigt sich schwacher seitlicher Plasmarückzug mit Anheftungspunkten, sowie geringere Trübung des Zellinhalts, schwächere Quellung und Bräunung der Zellquerwände als bei Anwesenheit von viel Kupferhydroxyd.

2. Das Calciumhydroxyd kann die Algen nur dann ungünstig beeinflussen, wenn seine Lösung nicht unter $\frac{1}{3750}$ heruntersinkt. *Spirogyra*-Zellen, welche von starkbasischer Kalklösung abgetötet werden, kürzen ihr allmählich walzenförmig werdendes Chlorophyllband derart, dass sich dasselbe mit Ausnahme einer Längszone vom Plasma lostrennt und in mehr oder weniger langgestreckter Form an der einen Seite des Plasmaschlauches hängen bleibt. Der Zellinhalt erstarrt durch grobkörnige Ausscheidung; er wird undurchsichtig, während die Zellwände wasserhell bleiben. Erst nachträglich zieht sich das Plasma ziemlich gleichmässig, aber schwach von der Membran zurück. Schwächere Kalklösungen lassen kürzere Chlorophyllwalzen bis eirunde Gebilde entstehen und verursachen nur lokalisierte, verzögerte Erstarrung, sowie stärkeren nachträglichen Rückzug des Plasmas.

3. Gips bewirkt keinerlei erkennbare Schädigung der Algen.

II. Bezüglich der binären Mischungen der Bestandteile der Bordeauxbrühe.

1. Der Gips besitzt gegenüber dem Calcium- oder Kupferhydroxyd keine entgiftenden Eigenschaften.

2) In Calcium- und Kupferhydroxydmischungen tritt ein: a) bei starker Basicität: Tod der Algen wie in reiner Kalkbrühe; der Einfluss des Kupfers wird durch den Kalk aufgehoben; b) bei schwacher und sehr schwacher Basicität (Kalklösung unter $\frac{1}{3750}$): Verzögerung der Algenerkrankung um bis über 10 Stunden, sodann normales Zugrundegehen der Algen an Kupferhydroxyd; c) bei neutraler Mischung: Tod wie in reiner Kupferbrühe.

III. In der frischgefällten Bordeauxbrühe

tritt, je nachdem der Kalk mehr oder weniger genügend gelöscht war, eine kleine quantitative Verminderung der Giftwirkung des

Kupferhydroxyds ein, indem alsdann ein Teil des Kupfers in den obersten Schichten der Kalkfragmente nutzlos angehäuft wird. Namentlich aber wird der Kalk durch diese Imprägnation mit Kupferhydroxyd eines grossen Teils seines Einflusses beraubt. Das Filtrat der Bordeauxbrühe wirkt nur nach Massgabe des in ihm gelösten Kalkes auf *Spirogyra* ein.

IV. Beim Austrocknen der Bordeauxbrühe-Flecken

geht die Giftwirkung des Kalkes infolge seiner Neutralisation durch die Kohlensäure der Luft teilweise verloren. Die entstandene Calciumkarbonatdecke erhöht die Festigkeit und Beständigkeit der Flecken und vermindert deren Aktivität gegen *Spirogyra*. Der Gips hingegen verringert die Beständigkeit und Festigkeit der Flecken, bewirkt aber andererseits durch seine teilweise Auflösung bei Wiederbefeuchtung eine allmähliche gleichmässigere Verteilung des Kupfers auf den Blättern.

Über die Frage, wie die Giftwirkung des Kupfer- und des Calciumhydroxyds zu stande komme, kann ich auf Grund einiger Versuche folgendes mitteilen: 1. Das Calciumhydroxyd wird von den Algen nachweislich absorbiert. Es lässt sich annehmen, dass die Erstarrung des Zellinhalts durch die mit dem Kalkeintritt parallel gehenden Neutralisationsvorgänge hervorgerufen wird. 2. Die That-sachen, die uns Calcium- und Kupferhydroxydmischungen ergeben haben, erklären sich leicht, wenn man annimmt, dass von Beginn der Einwirkung des Kupferhydroxyds an Spuren dieses Stoffes, welche durch aus den Algen austretende Säuren gelöst werden, wenigstens bis in die Wandssysteme der Algen vordringen und den Tod der letzteren bewirken¹. Dann wird hinzugefügte Kalklösung: a) wenn sie stark ist, diese Säuren neutralisieren, den Kupfereinfluss eliminieren und von sich aus den Tod der Algen herbeiführen; b) wenn sie schwach ist und selbst nicht mehr giftig wirken kann, diese Säuren nur längere oder kürzere Zeit neutralisieren, ebensolange das Kupfer ausschalten und letzteres erst dann seinen verderblichen Einfluss auf die Algen ausüben lassen, wenn der erste Überschuss an austretender Säure zu stande kommt.

Gestützt auf die Annahme des Austritts saurer Stoffe aus den Algen und der damit verbundenen Bildung löslicher Kupfersalze ist

¹ Die Speicherung von Kupfer durch erkrankte Algenzellen ist experimentell nachgewiesen.

es uns möglich, einige Anhaltspunkte für die Vergleichung der Todesarten in Kupfervitriollösung einer- und Kupferhydroxydbrühe andererseits zu gewinnen. Letztere wirkt in lokaler Anhäufung grösserer, fester Kupfermassen, ersteres in gleichmässiger Verteilung geringer Mengen gelösten Kupfers. Daher werden bei Anwendung von Kupferhydroxydbrühe von verschiedenen Oberflächenpunkten der Algen aus in gleichen Zeiten verschieden grosse Kupfermengen eintreten und infolgedessen auch Erscheinungen in der einzelnen Zelle zeitigen, die verschiedenen Konzentrationen von Kupfervitriollösung entsprechen. Stark verdünnte Kupferhydroxydbrühe wirkt anfangs wohl wie oligodynamische Kupfervitriollösung; weiterer Eintritt von Kupferspuren wird den Zellinhalt trüben und den Rückzug des Plasmas an den Stellen verhindern müssen, wo die Kupferteilchen den Algen anliegen (Entstehung der Anheftungspunkte). Konzentrierte Kupferbrühe wird folgendermassen einwirken müssen: Die ersten Kupferspuren verursachen oligodynamischen Rückzug des Chlorophyllbandes mit Kürzungstendenz verbunden; weitere Mengen eintretenden Kupfers bringen Zustände hervor, in denen die Chlorophyllbänder wie bei chemisch wirkender Kupfervitriollösung ihre Lage nicht verändern: beide Prinzipien veranlassen, miteinander kämpfend, die Zerreiassung der Chlorophyllbänder. Weiterhin müssen auch hier wie bei verdünnter Kupferhydroxydbrühe Anheftungspunkte entstehen. Die starke Bräunung des Zellinhalts und die Quellung der Querwände setze ich auf Rechnung des Umstandes, dass die grossen Kupferpartikel viel mehr Kupfer von einzelnen Punkten aus in die Zellen senden, als dies selbst in plasmolytisch wirksamen Kupfervitriollösungen der Fall ist; doch bedarf dieser letztere Punkt noch weiterer Aufklärung durch entsprechende Versuche.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg](#)

Jahr/Year: 1898

Band/Volume: [54](#)

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

Artikel/Article: [Die Giftwirkung der gegen die Peronospora viticola verwendeten Kupfervitriol-Kalkmischung \(Bordeauxbrühe\) auf Spirogyra longata. 322-327](#)