Über die Rotfärbung der Spaltöffnungen bei Picea

Author(s): Paul Sorauer

Source: *Notizblatt des Königl. botanischen Gartens und Museums zu Berlin*, Bd. 2, No. 16 (Dec. 22, 1898), pp. 239-246

Published by: [Botanischer Garten und Botanisches Museum, Berlin-Dahlem](#)

Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/3993981>

Accessed: 14/06/2014 11:14

Your use of the JSTOR archive indicates your acceptance of the Terms & Conditions of Use, available at <http://www.jstor.org/page/info/about/policies/terms.jsp>

JSTOR is a not-for-profit service that helps scholars, researchers, and students discover, use, and build upon a wide range of content in a trusted digital archive. We use information technology and tools to increase productivity and facilitate new forms of scholarship. For more information about JSTOR, please contact support@jstor.org.

Botanischer Garten und Botanisches Museum, Berlin-Dahlem is collaborating with JSTOR to digitize, preserve and extend access to *Notizblatt des Königl. botanischen Gartens und Museums zu Berlin*.

<http://www.jstor.org>

Muanza. Es gilt hier das Gleiche wie von Tabora. Aufgeführt werden Oelpalmen, verschiedene Acaciaarten, Eucalypten, Casuarinen, Citronen, Mango- und Brotfruchtbaum.

II. Über die Rotfärbung der Spaltöffnungen bei *Picea*.

Von

Paul Sorauer.

In dem beständigen Kampfe zwischen Industrie und Landwirtschaft spielen die Klagen über Beschädigungen der Vegetation durch die Effluven der Fabriken eine nicht unwesentliche Rolle. Am häufigsten handelt es sich um den Ersatz von Ernteverlusten, die durch die Einwirkung des Rauches gewerblicher Etablissements hervorgerufen werden.

Der als Sachverständiger herbeigezogene Botaniker empfand bisher aber schwer den Mangel genügend scharfer mikroskopischer Merkmale zur Feststellung von Rauchschäden, bei denen es sich meistens um die Wirkung schwefliger Säure handelt. Ohne die Mitwirkung des Chemikers, der den steigenden Gehalt an Schwefelsäure in den Pflanzenteilen nachzuweisen hat, konnte ein einigermaßen sicheres Urteil nicht abgegeben werden.

Da erschien 1896 eine Arbeit von R. Hartig¹⁾, in der eine neue Theorie der Beurteilung von Rauchschäden aufgestellt wurde, wobei eine Mitwirkung des Chemikers entbehrlich erschien. Als sicheres mikroskopisches Merkmal einer Beschädigung durch SO_2 hatte Hartig eine Rötung der Schliesszellen bei der Fichte und einigen anderen Nadelhölzern gefunden. Dieses Merkmal soll schon bei geringen Mengen schwefliger Säure auftreten; bei stärkerer Einwirkung rötet sich auch der Siebteil des Gefässbündels und später sogar der Holzteil desselben, wodurch die Nadel schliesslich vertrocknet. Neben diesem mikroskopischen Merkmal wurde auch ein makroskopisches angegeben. Wenn man nämlich abgeschnittene Fichtenzweige nur wenige Tage der freien Luft bei Besonnung aussetzt, tritt zuerst eine graugrüne Färbung der Nadeln ein; dann schrumpfen und vertrocknen dieselben und fallen ab, während zu dieser Zeit die gesunden Nadeln noch unverändert sind.

Auf die übrigen bemerkenswerten Beobachtungen von Hartig, die den die Erkrankung beschleunigenden Einfluss des Lichtes, die Ein-

¹⁾ R. Hartig, Über die Einwirkung des Hütten- und Steinkohlenrauches auf die Gesundheit der Nadelwaldbäume. München. Rieger'sche Buchhandlung 1896. 8°. 48 S. und 1 kol. Taf.

wirkung von Salzsäure, sowie die verschiedene individuelle Empfindlichkeit betreffen, brauche ich hier nicht weiter einzugehen, weil die im folgenden kurz angeführten Versuche sich nur auf eine Nachprüfung der Beobachtung über die Rötung der Spaltöffnungen bei der Fichte infolge des Einflusses von SO_2 beziehen.

Eine solche Nachprüfung schien um so mehr geboten, als einerseits die Industrie hochgradig beunruhigt wurde und andererseits, weil bald nach Erscheinen der Hartig'schen Arbeit ein Artikel von Ramann¹⁾ veröffentlicht wurde, der das erwähnte makroskopische Merkmal für Beschädigung durch SO_2 als ein ganz normales Verhalten bei abgeschnittenen, der Luft ausgesetzten Zweigen von Fichten hinstellte.

Die Versuche zur Nachprüfung wurden in den letzten beiden Jahren teilweise im Berliner Botanischen Garten ausgeführt, dessen Direktor, Herr Geheimrat Engler, mir in liebenswürdigster Weise die Hilfsmittel des Gartens zur Verfügung stellte und dem ich dafür an dieser Stelle herzlichsten Dank ausspreche.

Frühere Beobachtungen als Sachverständiger hatten mich belehrt, dass das Krankheitsbild wechselt, je nachdem es sich um die plötzliche Wirkung grosser Mengen schwefeliger Säure oder den Einfluss ständig wirkender geringer Quantitäten handelt. Demgemäss wurden von einer Anzahl in Töpfen bezogener, dreijähriger Fichtenpflanzen einige Exemplare unter einer Glasglocke den Dämpfen einer relativ grossen Menge von flüssiger SO_2 ausgesetzt, während andere Bäumchen derselben Herkunft und Beschaffenheit in einem meterhohen Glaskasten täglich nur eine Stunde derartigen, übrigens sehr schwachen Dämpfen ausgesetzt wurden. Letztere Exemplare standen die übrige Zeit frei im Garten im Halbschatten; sie liessen nach mehreren Monaten eine dem unbewaffneten Auge bemerkbare charakteristische Änderung ihrer Nadeln nicht erkennen. Eine Rötung der Schliesszellen trat bei den Nadeln dieser Exemplare nur in Ausnahmefällen, die nicht direkt mit der Wirkung der SO_2 in Verbindung standen, ein.

Bei den einer plötzlichen, starken Einwirkung von Dämpfen der schwefeligen Säure ausgesetzten Pflanzen zeigte sich die bekannte Rotfärbung und Tötung der Nadeln. Dabei liess sich bemerken, dass nicht nur die einzelnen Fichtenbäumchen unter derselben Glocke, sondern auch die einzelnen Nadeln an den Zweigen desselben Individuums eine sehr verschiedene Empfindlichkeit gegenüber den Säuredämpfen an den Tag legten. Man sah an denselben Zweigen mitten zwischen geröteten und absterbenden Nadeln noch solche, die vollkommen grün und straff geblieben

¹⁾ E. Ramann. Über Rauchbeschädigungen. Sond. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1896. Seite 551.

waren, und umgekehrt, an den von den Säuredämpfen weniger getroffenen noch grünen Zweigen zerstreute gerötete Nadeln.

Das Absterben der Nadeln erfolgt vorzugsweise von der Spitze aus und steigt meist gleichmässig abwärts; manchmal finden sich auch Nadeln, bei denen ausser der Spitzenregion noch fleckweise einige tiefere Stellen beschädigt sind oder die Bräunung an einer Kante weiter abwärts sich hinzieht.

Untersucht man Nadeln der letzteren Art, bei denen der Basalteil noch vollkommen gesund erscheint, dann lassen sich alle Phasen der zunehmenden Störung bis zum Absterben der Zellen verfolgen. In dem straffen, dunkelgrünen, unteren Nadelteil zeigen die Zellen des Mesophylls die Chlorophyllkörner und den Zellkern in normaler Beschaffenheit. Vorrückend nach der erkrankten Spitzenregion finden sich innerhalb der dem blossen Auge noch gesund erscheinenden Zone einzelne Zellen, deren entweder gebleichte oder noch grüne Chlorophyllkörner gequollene, schliesslich wolkig undeutliche Ränder bekommen und endlich mit einander und dem übrigen Zellinhalt verfliessen. Der nun in seiner Gesamtheit ungleichmässig grün gefärbte Inhalt pflegt sich zunächst hautartig den Wandungen anzulegen. Später sieht man den hautartigen Belag oftmals mannigfach flockig zerteilt und allmählich verbleichend, aber fast immer der Wandung dicht angeschmiegt. Während dieses Prozesses scheiden sich, namentlich in der Nähe des Gefässbündels, Öltropfen aus, und die dort am reichlichsten bereits vorhanden gewesenen Kalkoxalatkrystalle treten deutlich hervor. Einige der Öltropfen erscheinen anfangs grün und werden mit dem immer mehr verarmenden übrigen Zellinhalt allmählich gelb bis braun; andere Tröpfchen bleiben von Anfang an farblos. Der Zellkern verliert häufig an Lichtbrechungs- und Jodspeichungsvermögen.

In dem intensivsten Erkrankungsstadium, wo der Nadelteil rotbraun oder fahlbraun wird, pflegen auch die Öltropfen zu verschwinden, und der Rest des plasmatischen Zellinhalts zeigt sich als schwacher, fast farbloser bis tiefbrauner Belag den Wandungen fest aufgelagert. Letzteren Farbenton nimmt auch der Inhalt der Schliesszellen an. Neben diesen Inhaltsänderungen treten allmählich in verschiedener Intensität Bräunungserscheinungen an den Zellwänden auf.

Meist erst in dem mittleren Stadium der Erkrankung, nachdem in vielen Zellen die Chlorophyllkörner bereits verschwunden und der gesamte Zellinhalt zu hautartig ausgebreiteten, grünen Massen sich umgebildet, können rote Schliesszellen auftreten. Dabei ist aber dann äusserlich bereits eine Verfärbung der Nadeln ins Gelbgrüne oder Bronzefarbige wahrzunehmen.

Gegenüber solchen nur teilweise und schwach beschädigten Nadeln,

bei denen gewisse Regionen in der Nähe des gesund gebliebenen Gewebes nur so spärlich von den Säuredämpfen getroffen sein konnten, dass sie erst nach längerer Zeit auslebten, ergab die Untersuchung der Nadeln von plötzlich während der Säurewirkung bereits abgestorbenen Triebspitzen trotz ihrer rotbraunen Färbung keine charakteristische Rötung des Schliesszelleninhalts, obwohl die Wandungen oftmals gebräunt erschienen. Das ehemals chlorophyllreiche Gewebe ist scheinbar gänzlich verarmt; die Zellen sehen meist wie entleert aus, weil der plasmatische Inhalt fest den teilweise gequollenen und rotbraunen Wandungen aufgelagert ist. Man erkennt aus dem Bilde, dass die Wirkung der schwefeligen Säure auf die Zelle auch eine austrocknende ist. Einzelne Mesophyllzellen, namentlich an den Nadelkanten, enthalten noch farblose Körper in Grösse und Lagerung der Chlorophyllkörner und vereinzelt farblose grosse Tropfen. Oxalatkristalle sind bei jungen Nadeln spärlich und sehr klein, bei alten zahlreich und relativ gross.

Durch den Vergleich der schwachbeschädigten mit den plötzlich getöteten Nadeln wurde die Vermutung nahe gelegt, dass die Rötung der Schliesszellen ein Vorgang sei, der nur bei dem langsamen Tode infolge mehrfacher schwacher Säurewirkungen sich einstellen kann, wie dieses in der Regel bei den gewerblichen Rauchschiäden der Fall ist.

Es wurde deshalb frisches, aus dem Oberharz stammendes Material, das von der Rauchschilange benachbarter Hütten geschädigt worden, zur Untersuchung herangezogen. Ich schnitt Zweige solcher Bäume, die dem blossen Auge durch das Auftreten gelber bis brauner Nadeln gelbscheckig erschienen. Solche Nadeln fanden sich stets zwischen dunkel- oder bleichgrünen, annähernd noch gesund aussehenden an diesjährigen und namentlich an vorjährigen Zweigen. Von diesen verfärbten Nadeln sind eine grössere Anzahl von der Spitze aus auf verschiedene Entfernung nach der Basis hin tief rotbraun. Solche zeigen in der Spitzenregion das Mesophyll mit erstarrtem, der Wandung anliegendem, gebräuntem, ziemlich spärlichem Zellinhalt ohne Öltropfen und ohne nennenswerten Krystallbestand. Inhalt der Schliesszellen wie derjenige der gewöhnlichen Epidermiszellen braun, nicht rot. Die Wandungen zeigten dieselbe Färbung. Etwas weiter abwärts, wo die Nadel erst rötlich-gelb erschien, hatte das Mesophyll reichlichen, aber geballten, meist farblosen, hier und da auch noch grünen plasmatischen Inhalt, der bisweilen auch noch in Form verklebter Körner auftrat. Öltropfen zahlreich, in verschiedener Grösse, meist farblos, manchmal grün, bisweilen braun. Wandungen farblos oder stellenweis schwach gebräunt. Schliesszellen sämtlich leuchtend rot. — Die am schwächsten verfärbte Nadelbasis an der Stelle geschnitten, wo sich die sklerenchymatischen Elemente zahlreicher einstellen, um sich schliesslich bis zur gänzlichen

Verdrängung des chlorophyllführenden Parenchyms zu vermehren, zeigte auch rote Schliesszellen; aber statt des karminroten ist nicht selten hier erst ein gelb-roter Farbenton bemerkbar.

Gegenüber diesem Befunde ergaben Nadeln desselben Zweiges mit schwach rötlich-gelber Verfärbung ihrer Spitze noch keine Rötung der Spaltöffnungen.

Es deckt sich also dieses Resultat mit dem Befunde bei den experimentell säurebeschädigten Fichten: Nur in einem mittleren Stadium der Erkrankung bei einer Nadel, welche Zeit zum langsamen Ausleben hat, ist die Rötung des Schliesszelleninhalts zu finden.

Nach diesem Resultat lag die Frage sehr nahe, ob denn dieses Symptom nur auftritt bei Nadeln, die durch den Einfluss der schwefligen Säure allmählich zu Grunde gehen, oder ob auch andere langsame Todesarten eine Rötung der Spaltöffnungen aufweisen?

Während diese Untersuchungen ausgeführt wurden, erschien eine Arbeit von Wieler¹⁾, die schon nachwies, dass z. B. bei untergetauchten Nadeln abgeschnittener, gesunder Zweige eine rotbraune Färbung in den Schliesszellen und im Gefässbündel sich einstellt. Diese Färbung wurde ferner bei im Abfallen begriffenen sechsjährigen Nadeln von Fichten rauchfreier Orte gefunden, und auch bei einigen grau verfärbten Nadeln von Zweigen, die bei einem Versuch von Salzsäuredämpfen angegriffen waren, beobachtet. Weiterhin spricht Wieler die Ansicht aus, dass man leicht an rauchfreien Orten verschieden verfärbte Fichtennadeln finden wird, welche abgestorben oder im Absterben begriffen sind und „in solchen Nadeln ist stets die Hartig'sche Färbung der Schliesszellen zu beobachten“. „Man kann die rotbraune Färbung in den Schliesszellen aber auch willkürlich hervorrufen, wenn man die Nadeln tötet. Als ich Zweige aus vollkommen rauchfreier Gegend einige Tage der Sonne aussetzte, fielen die Nadeln ab. In ihnen war immer die Hartig'sche Färbung der Schliesszellen zu beobachten, während vor dem Versuche nichts davon zu spüren war“. So kommt Wieler dann schliesslich zu dem Resultat, „dass die Tötung der Schliesszellen eine Bedingung für das Auftreten der rotbraunen Färbung ist“.

Allerdings fand er nun bei seinen Versuchen, dass diese Färbung bei Einwirkung von Salzsäure und schwefliger Säure „in den meisten Fällen nicht zum Vorschein kommt“. Es „muss das daran liegen, dass die Säure ausser ihrer tödenden Wirkung noch eine spezifische, vielleicht chemische Wirkung ausübt“.

¹⁾ Wieler, Über unsichtbare Rauchsäden bei Nadelbäumen. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen. Sept. 1897.

Nach Kenntnis der Wieler'schen Beobachtungen wurden nun die Versuche noch weiter ausgedehnt und Fichten auf mannigfache Art künstlich beschädigt. So wurde die Einwirkung der neuerdings bei Beschädigungen durch gewerbliche Etablissements inbetracht kommenden Bromdämpfe, sowie der Einfluss der Salzsäure und Theerdämpfe untersucht, und die Wirkung heisser Wasserdämpfe, Feuer, Sonnenbrand, Bodennässe und Bodentrockenheit, die Beschaffenheit der Nadeln an Gallbildungen, Frassstellen u. s. w. geprüft.

Aus den sehr zahlreichen, später einmal in der Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten zu veröffentlichenden Einzelbeobachtungen bin ich betreffs des Auftretens geröteter Schliesszellen zu folgender Anschauung gelangt:

Die Erscheinung der Rötung ist nicht gebunden an unsere Fichte, sondern kommt auch noch bei anderen Nadelhölzern vor. Ausser bei *Picea Engelmanni*, *pungens* u. A. wurde sie beobachtet bei *Tsuga canadensis*, *Taxodium distichum*, *Cryptomeria japonica*, *Araucaria brasiliensis* ohne Einwirkung saurer Gase.

Indess muss man zunächst verschiedene Arten der Rötung auseinanderhalten; es kommt ein leuchtendes Karminrot, ein Braunrot, ein Gelbrot vor, die nicht gleichwertig als Symptom sind und bald ohne, bald mit gleichzeitiger Bräunung der Wandungen der Schliesszellen, der gewöhnlichen Epidermiszellen und des Mesophylls auftreten.

Betreffs der reinsten Form der Rötung der Spaltöffnungen, nämlich des Auftretens eines karminroten Inhalts der Schliesszellen ohne Verfärbung der Wandungen, kann ich insofern die Wieler'sche Beobachtung bestätigen, dass sie kein spezifisches Merkmal für Beschädigung durch SO_2 darstellt. Die Erscheinung wird auch nach Einwirkung anderer Faktoren gefunden. Doch vermag ich dieselbe nicht als Zeichen des Todes sondern nur eines allmählichen Niederganges der Assimilationsarbeit der Nadel zu betrachten, das erst bei bedeutender Störung des Chlorophyllapparates und zwar nur dann auftritt, wenn die Nadel Zeit hat, langsam am Baum auszuleben.

Die dem blossen Auge kenntliche Nadelverfärbung ist kein Zeichen für das Vorhandensein roter Schliesszellen. Abgesehen von den plötzlichen Todesarten kann auch bei langsamem Verhungern wie z. B. bei dem Absterben junger, wochenlang in Wasser unter Beleuchtung stehender Zweige, bei denen der Markkörper schliesslich vertrocknet und zerreisst, das Merkmal ausbleiben.

Als Zeichen des langsamen Auslebens der Nadel, bei welchem die Schliesszellen sich röten, betrachte ich die Vermehrung des oxalsäuren Kalkes und das Auftreten ölartiger Tropfen unter Abnahme des übrigen Zellinhalts. Dieser Vorgang beginnt in den Zellen, die dem Gefässbündel zunächst liegen, und schreitet nach der Peripherie hin fort. Bei

plötzlich sich einstellendem Tode treten (je nach der Todesursache z. T. charakteristische) Veränderungen des Zellinhalts ein, aber der Bestand an oxalsaurem Kalk verbleibt, wie er in der gesunden Nadel zur Zeit des Eintritts der Schädigung gewesen. Natürlich kommt dabei das Alter der Nadel in Betracht; denn an jungen Nadeln ist das Oxalat nur in geringen Mengen, bisweilen erst als spärlicher Krystallsand bemerkbar, während es in älteren Nadeln reichlicher und in grösseren Krystallen auftritt. — Aus dem Unterbleiben der Rötung bei plötzlichen stärkeren Eingriffen der SO_2 , wobei ein schnelles Absterben die Folge ist, erklärt sich, weswegen Wieler sehr oft bei seinen Versuchen keine roten Schliesszellen fand. Die von diesem Forscher (l. c. p. 523) ausgesprochene Ansicht, dass alle abgestorbenen oder im Absterben begriffenen Nadeln stets die Hartig'sche Färbung der Schliesszellen zeigen, muss eine Einschränkung erfahren, zumal später gezeigt werden kann, dass rote Spaltöffnungen, die allerdings immer ein Krankheits-symptom, auch an fortlebenden Nadeln manchmal zu finden sind.

Auch glaube ich nicht, dass die von Schroeder und Reuss angegebene Depression der Transpiration bei Einwirkung von SO_2 die Folge eines mechanischen Schlusses der Spaltöffnungen ist. Der anatomische Befund spricht in vielen Fällen dagegen, erklärt aber den Sachverhalt einfach durch die bei den jetzigen Untersuchungen festgestellten Störungen des Chlorophyllapparates lange vor einer erkennbaren Änderung der Spaltöffnungen. Ich habe früher ¹⁾ experimentell nachgewiesen, dass die Transpirationsgrösse ausser nach den anderweit bekannten Faktoren sich unter sonst gleichen Verhältnissen (z. B. Luftfeuchtigkeit, Kohlensäuregehalt u. dgl.) auch nach der Grösse der Assimilationsarbeit, d. h. der Bildung von Trockensubstanz, richtet. Wenn nun bei den säurebeschädigten Pflanzen die Chlorophyllkörner gebleicht sich gezeigt haben oder verschwinden, wird notwendigerweise auf eine Depression der Assimilationsarbeit geschlossen werden müssen. Thatsächlich giebt sich der Einfluss auch in der geringeren Ausbildung der Jahresringe im Gebiete der Rauchscllangen kund.

Durch die hier dargelegten Veränderungserscheinungen des Chlorophyllapparates in den säurebeschädigten Fichtennadeln könnte die Vermutung erweckt werden, dass diese Veränderungen des Zellinhalts allein als brauchbares Merkmal zur Feststellung der SO_2 -Schäden an Stelle des nicht benutzbaren Symptoms der Rötung der Schliesszellen Ver-

¹⁾ Sorauer, Studien über Verdunstung. Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik. Bd. III. Heft 4/5.

wendung finden könnten. Dies ist jedoch nicht zulässig, da auch bei anderen schädigenden, nicht mit der Rauchfrage zusammenhängenden Faktoren ähnliche Bilder entstehen. Wir sind daher vorläufig bei der praktischen Beurteilung von Rauchschäden nach wie vor auf die Hülfe der chemischen Analyse angewiesen. Es muss ferner hervorgehoben werden, dass bei der Abschätzung von Rauchschäden eine bei anderweitigen noch nicht publizierten Beobachtungen des Verfassers gefundene Thatsache zu berücksichtigen sein wird. Es können nämlich die nach SO_2 im Chlorophyllkörper beschädigten aber nicht getöteten Nadeln sich durch Aufhören des Einflusses dieses Faktors bis zu einem gewissen Grade wieder ausheilen und Assimilationsgewebe mit normalen Chlorophyllkörnern aufweisen.

III. Über ein ostafrikanisches Kino aus Kilossa.

Mitteilung aus dem Pharmazeutisch-Chemischen Laboratorium der Universität Berlin.

Von

H. Thoms.

Von dem Direktor der Botanischen Centralstelle für die Kolonien am Kgl. botanischen Garten zu Berlin, Herrn Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Engler, ging mir eine Probe Kino aus Kilossa zu mit der Aufforderung, mich über den Handelswert dieses Produktes gutachtlich zu äussern. Die Probe stammt von *Pterocarpus erinaceus* Poir., einem Baume, der auf Kisuaheli bald Mninga, bald Mininga genannt wird.

Für den Wert eines Kinos kommen seine physikalischen Eigenschaften und sein chemisches Verhalten in Betracht: Löslichkeit in heissem Wasser, Gehalt an Kinogerbsäure und Asche, Farbreaktionen. Etti*) hat aus malabarischem und auch aus australischem Kino einen krystallisierenden Körper abgeschieden, welchen er mit dem Namen Kinoïn belegt. Flückiger berichtet, dass es ihm nicht möglich gewesen sei, aus dem Saft des *Pterocarpus indicus* Willdenow, welcher wesentlich verschieden von dem des *P. Marsupium* Roxb. sein soll, Kinoïn zu isolieren.

Die mir übersandte Kinoprobe bildet kleine, leicht zerbröckelnde, eckige Stücke von dunkelroter Farbe. Die dünnen Splitter sind klar durchsichtig. In 4 Teilen heissen Wassers ist das Kino vollständig lös-

*) Flückiger's Pharmakognosie, III. Aufl. S. 225. R. Gärtner's Verlag in Berlin.