

Ein neues, untrügliches Merkmal für Rauchschäden bei Laubhölzern.

Von

F. W. Neger, Tharandt.

(Vortrag, gehalten am Dienstag, den 5. August 1919 in der Vereinigung für Angewandte Botanik zu Hann.-Münden.)

Die Botanische Diagnostik der Rauchschäden bei unseren Laub- und Nadelbäumen liegt — das wird jeder, der sich mit dieser Frage eingehend befaßt hat, zugeben — noch sehr im argen. Es gibt z. Z. noch kein absolut sicheres Erkennungsmerkmal für die Beschädigung durch Rauchgase. Alle, die im Laufe der Zeit namhaft gemacht worden sind, erwiesen sich als mehr oder weniger unzuverlässig. Wenn z. B. von „Sachverständigen“ bald die Form und Farbe der Flecken an Laubblättern, bald die Nuance der Verfärbung von Koniferennadeln als sicheres diagnostisches Merkmal gerühmt wird, so ist dem entgegenzuhalten, daß die Fleckenbildung an Laubblättern in vollkommen gleicher äußerer Erscheinung ebensowohl durch Trockenheit bzw. Frost hervorgerufen werden kann¹⁾, und daß die Rotfärbung der Koniferennadeln nur ein postmortaler Vorgang ist, der hervorgerufen wird durch das Licht auf die abgestorbenen Gewebe und daher in vollkommen gleicher Nuancierung ebensowohl durch andere vegetationsfeindliche Faktoren (Frost, Hitze usw.) bewirkt werden kann²⁾, wie durch giftige in der Atmosphäre enthaltene Gase, also keinerlei diagnostischen Wert besitzt.

Auch das von R. Hartig beschriebene Merkmal der Schließzellenrötung bei Koniferennadeln erwies sich — wie Wieler, Sorauer und der Verf. dieser Zeilen ausführten — als durchaus unzuverlässig, indem diese Erscheinung einerseits bei Einwirkung

¹⁾ Neger, Die Bedeutung des Habitusbildes für die Diagnostik von Pflanzenkrankheiten. Zentrabl. Bakt. Par. 1918, II. Abt., S. 171.

²⁾ Neger, Rauchwirkung; Spätfrost und Frosttrocknis und ihre Diagnostik. Thar. forstl. Jahrb. 1915.

hochkonzentrierter saurer Gase vollkommen ausbleiben, andererseits auch durch andere lebensfeindliche Einflüsse (Frost, Heißluft, Pilze usw.) hervorgerufen werden kann.

Es besteht also zweifellos das Bedürfnis nach einem untrüglichen Merkmal für das Vorhandensein eines Rauchsadens bei Pflanzen, insbesondere bei Bäumen. Ich glaube ein solches — wenigstens für akute Rauchsäden — in dem Verhalten der Lentizellen gefunden zu haben und bringe hier zunächst nur eine kurze vorläufige Mitteilung darüber, indem ich mir die weitere Ausarbeitung dieses diagnostischen Merkmals vorbehalte.

Eine ausführliche Darstellung der Versuchsergebnisse werde ich — zusammen mit Herrn Dr. Kupka, der mich bei dieser Untersuchung getreulich unterstützte und dem ich auch für die Herstellung der dieser Mitteilung beigegebenen Figuren zu danken habe — an anderer Stelle bringen.

Nachdem ich schon vor mehreren Jahren — zusammen mit meinem damaligen Assistenten Dr. Lakon — den Beweis geliefert hatte¹⁾, daß die giftigen Gase in Koniferennadeln ausschließlich durch die Spaltöffnungen eintreten (Topfpflanzen von Fichte, Tanne u. a. wurden, nachdem zuerst eine Anzahl Zweige geknickt worden waren, einer mäßig konzentrierten Atmosphäre von SO_2 ausgesetzt, wobei sich zeigte, daß die Nadeln nur unterhalb der Knickungsstelle erkrankten und abstarben, während sie oberhalb jener Stelle grün blieben, offenbar weil sich hier infolge von Wassernot die Spaltöffnungen geschlossen und kein giftiges Gas hatten eintreten lassen), griff F. Weber²⁾ diese Methode auf, um die Wegsamkeit der Lentizellen für Gase zu veranschaulichen. Er fand, daß schon nach kurzer Einwirkung von NH_3 -Gas das unter den Lentizellen befindliche Rindengewebe in mehr oder weniger weitem Umkreis abstirbt und in der Folge zusammensinkt, so daß schließlich die Lentizelle von einem kreisförmigen Hof umgeben erscheint.

¹⁾ Neger und Lakon, Studien über den Einfluß von Abgasen auf die Lebensfunktionen der Bäume. Mitt. k. s. forstl. Versuchsanstalt Tharandt, Bd. I, 1914.

²⁾ Weber, F., Über eine neue Methode die Wegsamkeit der Lentizellen zu demonstrieren (Gasdiffusionsmethode). Ber. Deutsche Bot. Ges. XXXIV, 1916, S. 73.

Diese „Gasdiffusionsmethode“ leistet gute Dienste, um die Weksamkeit jedes Durchlüftungsorganes der Pflanzen (auch der Spaltöffnungen) zu veranschaulichen, und verdient vielleicht wegen der Einfachheit der Versuchsanstellung sogar den Vorzug vor den von Molisch, Stahl und dem Verf. dieser Zeilen vorgeschlagenen Infiltrationsmethoden.

Es lag nun nahe, diese Lentizellenbeschädigung durch giftige Gase auch zum Nachweis des Vorhandenseins von Rauchschäden zu verwenden.

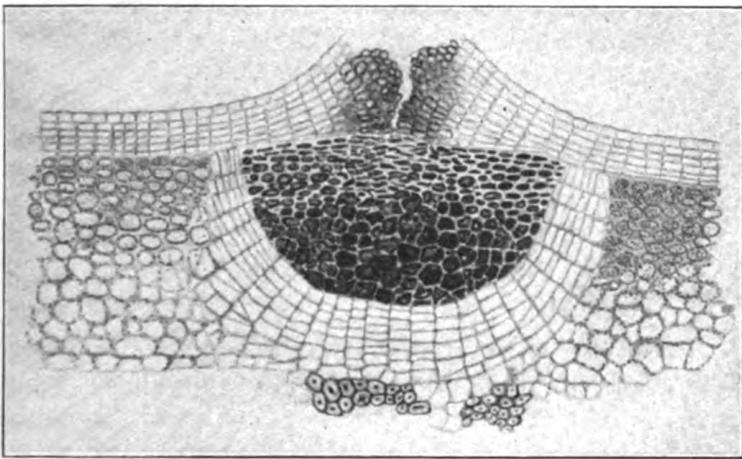


Fig. 1. Querschnitt durch eine Lentizelle von *Fraxinus*. 4 Wochen nach der Einwirkung des giftigen Gases. An der Grenze des gesunden und getöteten Rindengewebes ein bogenförmig verlaufender Wundkorkstreifen. (Nach der Natur gezeichnet von Dr. Kupka.)

Voraussetzung dafür ist allerdings, daß nicht nur hochkonzentrierte Gase — wie sie F. Weber verwandte — sondern auch sehr verdünnte Gase — wie sie in der Natur in der Nähe von Rauchquellen vorkommen — in die Lentizellen eindringen und Schädigungen des Rindengewebes bewirken.

Es mußte also:

1. experimentell ermittelt werden, ob derartige verdünnte Gase die von Weber beschriebenen Wirkungen ausüben;
2. beobachtet werden, ob auch in der freien Natur in der Nähe von Rauchquellen solche Beschädigungen auftreten.

A. Laboratoriumsversuche mit sehr verdünnten Gasen.

Die Versuche wurden in der Weise angestellt, daß nur das in der Praxis am meisten in Betracht kommende Gas, die schweflige Säure, verwendet wurde; die Versuchsobjekte — teils Topfpflanzen, teils abgeschnittene in Wasser stehende Zweige von Esche, Linde, Ahorn, Buche u. a. — wurden unter einem nahezu luftdicht schließenden Glaskasten einer bestimmten Konzentration von SO_2 ausgesetzt. Durch einen elektrisch betriebenen Ventilator wurde dafür gesorgt, daß das Gasmisch gleichmäßig durchwirbelt wurde, und Schwadenbildung unterblieb.

Im folgenden führe ich nur einige der wichtigsten Versuche an; ausführlicher soll — wie gesagt — an anderer Stelle berichtet werden:

Versuch 1. (16—18 Mai.)

Nach zweimaliger Räucherung mit $\frac{1}{1000} \text{SO}_2$ ¹⁾ am 18. Mai deutliche Reaktion bei Spitzahorn und Eiche, nicht bei Esche, Hainbuche, Bergahorn, Linde.

Nach weiteren zwei Behandlungen mit der gleichen Konzentration deutliche Reaktion auch bei Bergahorn, nicht bei Linde, Esche.

Versuch 2. (26. Mai.)

Versuchspflanze Esche (abgeschnittene Zweige) und zwar

- a) noch im Winterzustand,
- b) schon ausgeschlagen.

SO_2 Konzentration $\frac{1}{1000}$, einmalige Behandlung,

bei a) nach 24 Stunden fast keine Reaktion

„ b) „ 24 „ an 3 Zweigen 67 Leutzellen beschädigt.

Versuch 3. (29. Mai.)

Versuchspflanzen: Buche und Eiche, einmalige Räucherung mit $\frac{1}{1000} \text{SO}_2$.

Buche: Keine Reaktion.

Eiche: Deutliche Einsenkung der Umgebung zahlreicher Leutzellen; wo äußerlich nichts zu sehen war, war Bräunung des Gewebes mikroskopisch nachzuweisen.

¹⁾ d. h. 1 cem SO_2 auf 1000 cem Luft.

In den Versuchen 1—3 wurde die Wirkung des sauren Gases nur auf die Lentizellen vorjähriger Triebe beobachtet. Lentizellen diesjähriger Triebe sind in der Regel weit empfindlicher und reagieren schneller als Lentizellen vorjähriger Triebe. Meist ist die Wirkung am deutlichsten bei jenen Lentizellen, die den Knoten am nächsten liegen, wo also die Atmung — mit Rücksicht auf die hier befindlichen Knospen — am lebhaftesten ist.



Fig. 2. In der Mitte: Querschnitt durch Lindenzweig. Lentizelle selbst nicht sichtbar. Korkgewebe erst in Bildung begriffen; unter dem getöteten Rindengewebe — ein Streifen Wundkork; links und rechts davon von Höfen umgebene Lentizellen an Linde und Esche, schwächer und stärker vergrößert. (Nach der Natur gezeichnet von Dr. Kupka.)

Versuch 4.

- a) Am 6. Juni kaltes, trübes Wetter.
- b) Am 9. Juni heißes, sonniges Wetter.

Konzentration $\frac{1}{2000}$ SO₂.

Versuchszweige: Esche, Linde, Spitzahorn, Eiche (diesjährig und vorjährig).

Erfolg:

- a) Esche, diesjährig — keine Wirkung,
vorjährig — „ „

- Linde, diesjährig — deutlicher Hof an zahlr. Lentizellen,
 vorjährig — undeutliche Wirkung,
 Ahorn, diesjährig — keine Wirkung,
 vorjährig — " "
- Eiche, diesjährig — " "
 vorjährig — " "
- b) Esche, diesjährig — deutliche Wirkung,
 vorjährig — " "
- Linde, diesjährig — " "
 vorjährig — " "
- Ahorn, diesjährig und vorjährig — deutliche Wirkung,
 Eiche, diesjährig — deutliche Wirkung,
 vorjährig — keine Wirkung.

Der Versuch zeigt, daß — wie oben ausgeführt — diesjährige Triebe im allgemeinen besser reagieren als vorjährige, sowie daß die Reaktion bei warmem Wetter kräftiger ist als bei kaltem.

Konzentrationen von $\frac{1}{2000}$ SO₂ können als sehr hoch bezeichnet werden. Solche kommen in der freien Natur nur selten und nur in unmittelbarer Nähe starker Rauchquellen vor. Es wurden daher noch Versuche angestellt mit Konzentrationen von $\frac{1}{6000}$, $\frac{1}{10000}$ und $\frac{1}{20000}$ SO₂.

Versuch 5. (25. Juni bis 3. Juli.) Konzentration $\frac{1}{6000}$ SO₂.

Versuchszweige: Linde, Esche, Spitzahorn. Täglich wirkte etwa 1 Stunde lang das Gas in der angegebenen Konzentration ein. An den ersten 6 Tagen war keine Reaktion zu erkennen, nur bei Spitzahorn zeigte sich am 6. Tag deutliche Reaktion (an einjährigen Trieben), am 7. und 8. Tag wurde die Einwirkung auch bei Linde und Esche deutlich, bei letzterer an vorjährigen Trieben auffallender als an diesjährigen.

Versuch 6. 5–8. Juli, mit $\frac{1}{10000}$ SO₂.

- Linde — keine Reaktion,
 Spitzahorn — vorjährige Triebe 0,
 diesjährige Triebe: deutliche Höfe an zahlreichen Lentizellen (eingesunkenes Gewebe): auch mikroskopisch nachweisbar.
- Esche — vorjährige Triebe: Hofbildung an zahlreichen Lentizellen (mikroskopisch: Bräunung des Rindengewebes unter der Lentizelle),
 diesjährige Triebe — keine Reaktion.

Versuch 7. Mitte Juli bis Ende August, $\frac{1}{20000}$ SO₂.

Topfpflanzen von Linde, Esche, Spitzahorn und abgeschnittenen Zweigen der gleichen Baumarten.

Abgesehen von einigen Pausen von 3—4 Tagen wurden die Versuchspflanzen alltäglicl einige Stunden der Atmosphäre von $\frac{1}{20000}$ SO₂ ausgesetzt. Schon nach 8 Tagen wurden die ersten Wirkungen sichtbar und zwar an zweijährigen Trieben von Esche. Merkwürdigerweise war nach wochenlang wiederholter Einwirkung nicht mehr zu sehen als nach jener verhältnismäßig kurzen Zeit. Es scheint daher, daß langandauernde Einwirkung äußerst verdünnter Rauchgase doch kurze Behandlung mit höher konzentrierten Gasen nicht zu ersetzen vermag. Gleichzeitig dürfte aus diesem Versuch hervorgehen, daß die Grenzkonzentration, bei welcher die Lentizellenreaktion eintritt, (für SO₂) zwischen $\frac{1}{10000}$ und $\frac{1}{20000}$ liegt, Konzentrationen, die in der Nähe gefährlicher Rauchquellen nicht selten vorkommen.

Zusammenfassung. Die Versuche 1—7 zeigen:

Als besonders empfindlich erwiesen sich Esche, Linde, Spitzahorn, weniger Eiche, während Buche, Apfel, Edelkastanie, Eberesche, Birke u. a. als wenig empfindlich gelten können. Esche, Linde, Spitzahorn wären daher gewissermaßen als „Fangpflanzen“ zu bezeichnen.

Besonders deutlich reagieren die Lentizellen (bei Esche) an sehr kräftigen stark atmenden und transpirierenden Trieben, weniger an dünnen, spärlich mit Lentizellen besetzten Trieben. Dies erklärt, warum Topfpflanzen die Reaktion weniger deutlich zeigten als abgeschnittene kräftige Triebe älterer Bäume.

B. Beobachtungen im Freien in der Nähe von Rauchquellen.

Um zu ermitteln, ob die bei künstlichen Versuchen auftretenden Lentizellenbeschädigungen unter geeigneten Umständen auch im Freien beobachtet werden können, untersuchte ich die Vegetation in der Nähe anerkannter, schwere Rauchscläden verursachender Rauchquellen. Leider ist hierzu die Gelegenheit gegenwärtig wenig günstig, weil viele industrielle Anlagen infolge des Mangels an Betriebsmitteln ihre Tätigkeit sehr eingeschränkt haben.

Immerhin gelang es mir in drei Fällen die genannten Lentizellenbeschädigungen im Freien nachzuweisen und damit ist der

Beweis geliefert, daß das Merkmal in der Tat diagnostischen Wert hat.

a) Schönheidehammer bei Eibenstock.

Das Werk ist seit langer Zeit als Rauchquelle schlimmster Art bekannt. An einem (ca. 800 m entfernten) Abhang östlich des Werkes, auf welchen bei Westwind die Abgase getrieben und niedergeschlagen werden, wurden in einem Pflanzgarten an jungen Buchen deutliche, die Lentizellen umgebende Höfe von eingesenktem Rindengewebe in großer Anzahl beobachtet.

Es ist dies insofern besonders beachtenswert, als wie die künstlichen Räucherungen zeigten, die Buche zu den weniger empfindlichen Holzarten gehört.

b) Blaufarbenwerk Bockau i. Erzgeb.

Hier wurden etwa 100 m östlich der Rauchquelle gleichfalls an jungen Buchen unverkennbare Lentizellenbeschädigungen der angegebenen Art in großer Anzahl nachgewiesen. Besonders auffallend war hier, daß die Lentizellenhöfe stets nur an der der Rauchquelle zugewendeten Seite (Luvseite) der Zweige auftreten, nicht aber an der abgewendeten (Leeseite). Das mikroskopische Bild ist hier — ebenso wie in Schönheidehammer — genau das gleiche wie bei den künstlich erzeugten Lentizellenbeschädigungen.

c) Ölsnitz bei Zwickau.

Durch freundliche Vermittlung von Herrn Forstrat Gerlach, Tharandt, wurden mir aus Ölsnitz im Erzgebirge Laubholzzweige (Linde, Esche, Eiche) aus der Nähe einer gefürchteten Rauchquelle gesandt.

Hier zeigte sich, daß an den Lentizellen der Linde offenbar durch andauernde Einwirkung saurer Gase tiefe Löcher im Rindengewebe, ausgehend von den Lentizellen, entstanden waren.

Wenn auch somit kein Zweifel darüber bestehen kann, daß das Merkmal geeignet ist die Anwesenheit schwerer (akuter) Rauchschäden einwandfrei nachzuweisen, so wäre doch wünschenswert weitere Beobachtungen an geeigneter Stelle in der freien Natur anzustellen und ich wäre daher für jede derartige Zusendung von Herzen dankbar.

Ich habe das Merkmal als „untrüglich“ bezeichnet und glaube dies aus folgenden Gründen tun zu dürfen:

Es ist ausgeschlossen, daß durch andere vegetationsfeindliche Faktoren derartige Krankheitsbilder erzeugt werden, wie wir sie

unter dem Einflusse saurer Gase an Lentizellen haben entstehen sehen: Tötung und Bräunung des Gewebes unter der Lentizelle in fast genau kugelige Ausdehnung — entsprechend der nach allen Richtungen des Raumes gleichmäßig erfolgenden Ausbreitung eines Gases.

Frost, Trockenheit, Hitze können wohl ganze Sprosse zum Absterben bringen, niemals aber derartige kugelige Gewebekomplexe (mit der Lentizelle als Mittelpunkt) in lokaler Begrenzung abtöten.

Während also, wie wir eingehends gesehen haben, durch Hitze, Frost, Trockenheit usw. an Blättern Krankheitsbilder erzeugt werden können, die sich von jenen der Rauchgaswirkung nicht unterscheiden, kann das oben beschriebene Krankheitsbild an Lentizellen nur durch giftige Gase hervorgebracht werden. Der Wert des Merkmals liegt ferner darin, daß Laubbäume (bes. Esche, Linde, Ahorn) sich fast überall auch in unmittelbarer Nähe von Rauchquellen befinden, die Möglichkeit des Nachweises daher fast überall gegeben ist. Wo äußerlich Höfe um die Lentizellen nicht erkennbar sind, wird man die mikroskopische Untersuchung zu Hilfe nehmen — Bräunung des Rindengewebes unter den Lentizellen und Abgrenzung des abgestorbenen Gewebes gegen das gesunde durch Wundkorkbildung (s. Fig.) Ein Faktor, der die Reaktion der Lentizellen auf saure Gase beeinträchtigt, ist folgender: Im Winter sind die Lentizellen bei den meisten Laubbälzern geschlossen¹⁾ und lassen daher kein saures Gas eintreten; im Sommer schützt die Belaubung, solange sie durch die sauren Gase nicht getötet und zum Abfall gebracht ist, die Lentizellen teilweise vor Einwirkung der Rauchgase. Diese Tatsachen sind bei der Anwendung des Merkmals im Freien in Betracht zu ziehen.

Zum Schluß möchte ich noch auf eine Erscheinung aufmerksam machen, über die ich aber noch kein abschließendes Urteil abgeben kann:

Angenommen, an einem Zweig sind alle Lentizellen beschädigt und das darunter befindliche abgestorbene Rindengewebe gegen das gesunde durch eine Wundkorkschicht abgeschlossen: Werden unter den alten, ausgeschalteten Lentizellen neue entstehen? Wenn nicht, wie vermag der betreffende Zweig weiter zu atmen? Vielleicht ist das allmähliche Absterben von Laubholzweigen in der

¹⁾ Vergl. Klebahn, Die Rindenporen. Jenaische Z. f. Naturw. 1884.

Nähe von Rauchquellen auf eine Art von Erstickungstod infolge der Ausschaltung der Lentizellen zurückzuführen. Diese und mehrere andere sich anschließende Fragen werden den Gegenstand weiterer Untersuchungen bilden.

Nachtrag:

Einen weiteren Fall von Lentizellenbeschädigung habe ich inzwischen bei Dohna (Bez. Dresden) beobachtet, und zwar an Apfelfrüchten (wahrscheinlich durch Einwirkung von Flußsäure). Äußerlich war die Beschädigung an Höfen, welche die Lentizellen umgaben, erkennbar. Merkwürdig ist, daß das Fruchtfleisch des Apfels nicht die Fähigkeit besitzt, das abgestorbene Gewebe durch Wundkork abzugrenzen. Infolgedessen greift hier die Schädigung sehr schnell um sich.

Der gegenwärtige Stand der Kohlensäurefrage für Pflanzenkulturen.

Von

Dr. Hugo Fischer.

Als Kolumbus seine erste Entdeckerfahrt plante, sprach sich ein Kollegium hochgelehrter Männer mit allen gegen eine Stimme dahin aus, daß der Gedanke einer Erdumsegelung barer Unsinn sei.

Als die Eisenbahn erfunden war, gab ein Rat sachverständiger Männer das Urteil ab, es sei das gewiß eine recht interessante Sache, aber davon könne keine Rede sein, daß das neue Verkehrsmittel jemals zur Überwindung großer Entfernungen oder zur Beförderung größerer Lasten dienen könne. Dieses Urteil erfolgte einstimmig.

Die Mendelschen Spaltungsregeln, das Einmaleins der Vererbungslehre, haben rund 35 Jahre in Verborgenheit geschlummert, ehe sie die verdiente Anerkennung fanden. Es ist nicht richtig zu meinen: „Die Zeit sei nicht reif gewesen“; man würde den führenden Männern von damals doch gar zu wenig zutrauen, wollte man sagen, jene Regeln seien ihnen „zu hoch“ gewesen — im Gegenteil, zu einfach waren sie.