

## Einwirkung der sauren Gase auf die Vegetation.

Von Dr. Wieler, Aachen.

---

Der Vortragende beschränkte seine Darlegungen auf die Holzgewächse. Vom Gesichtspunkte der Praxis aus macht sich die Einwirkung der sauren Gase bei diesen in einer verminderten Holzproduktion bemerkbar. Unter Rauchschaden stehende Bäume lassen äusserlich gewisse Symptome der Erkrankung erkennen, welche bei Laub- und Nadelhölzern teilweise verschieden sind. Bei den ersteren, als deren Vertreter Eiche und Buche angeführt werden, vermindert sich die Zahl und verringert sich die Grösse der Blätter, die Krone wird licht, stirbt teilweise, später ganz ab; dann folgt der Baum nach. Ist er freistehend, geht er vollständig zu Grunde, wenn er nicht wie die Eiche eine grosse Ausschlagsfähigkeit besitzt; er kann dann eventuell den Habitus einer kriechenden Pflanze annehmen, wie im Eschweilerer Walde in der Nähe der Hütte Birkengang. Bei den Nadelhölzern — es wurde auf die Fichte exemplifiziert — macht sich die Beeinflussung in einer Verminderung der Zahl der Nadeljahrgänge bemerkbar.

Auch die Blattorgane werden in Mitleidenschaft gezogen. Es treten kleinere oder grössere Flecken an ihnen auf; auf ihr Auftreten hat man von jeher grosses Gewicht gelegt. An diesen Stellen ist die Blatts substanz getötet und nimmt meistens eine rotbraune Färbung an. Die Grösse dieser Corrosionen kann sehr erheblichen Schwankungen unterliegen. Manche wollen nur insoweit eine Rauchbeschädigung gelten lassen, als Corrosionen vorhanden sind, andere dehnen den Rauchschadenbezirk weiter aus. So wird an Fichtennadeln eine schwache aber deutlich wahrnehmbare Verfärbung beobachtet, ohne dass

Corrosionen auftreten. Auch in solchen Fällen ist eine unzweifelhafte Verminderung in der Holzproduktion zu verzeichnen. Derartige Beschädigungen werden als chronische, die mit Corrosionen verbundenen als acute bezeichnet. In den meisten Fällen dürften sich mit den acuten Beschädigungen chronische vergesellschaften. Diese letzteren entstehen durch die anhaltende Einwirkung sehr kleiner, die ersteren durch die gelegentliche Einwirkung grösserer Säuremengen. Ob nicht durch die sauren Gase eine Schädigung der Bäume bereits eintreten kann, wenn die Blätter äusserlich keine Veränderung aufweisen, ist eine offene Frage.

Das Verhalten der Blätter zu der Säure ist für die Holzproduktion von der allergrössten Bedeutung, hängt doch von ihrem normalen Funktionieren diese letztere ab. Wird der grösste Teil der Blattsubstanz zerstört, wie es bei grossen Corrosionen vorkommen kann, so muss eine bedeutende Verminderung in der Holzbildung eintreten, weil die organische Material producierende Blattfläche so stark verkleinert ist. Da aber auch eine bedeutende Verminderung in der Holzbildung bei chronischer Beschädigung oder dann auftritt, wenn die Blätter nur ganz unbedeutende Corrosionen aufweisen, so muss in diesem Falle noch eine besondere Einwirkung auf die Blattsubstanz statthaben. Hier liegt das Hauptinteresse der ganzen Frage; denn die der Praxis durch chronische Beschädigung erwachsenden Verluste werden voraussichtlich viel bedeutender sein als die durch acute Beschädigung. Hier liegt auch ein wissenschaftliches Problem, dessen Lösung erfolgen muss, ehe man daran denken kann, alle die zahlreichen Erscheinungen, welche eine rauchbeschädigte Gegend aufweist, befriedigend zu erklären.

Schon mehrfach ist die Lösung dieses Problems versucht worden. In den Blättern spielen sich verschiedene Funktionen ab, Funktionen, welche sich gegenseitig beeinflussen, und welche wieder zurückwirken auf die Thätigkeit im Cambium, auf die Holzproduktion. Welche Funktion der Blätter ist es, die gestört wird, und in welcher Weise geht diese Störung vor sich?

Julius v. Schroeder, dessen Untersuchungen die Grundlage für die heutige Rauchschaadenexpertise geworden sind, war bereits bemüht, diese Frage zu beantworten, doch ist es ihm nach seinem eigenen Geständnisse nicht gelungen, einen tieferen Einblick in die Verhältnisse zu gewinnen. Er konnte feststellen, dass die Gase sowohl durch die Oberseite wie durch die Unterseite in die Blätter eindringen, dass sie aber durch letztere schneller eindringen, weil diese Seite die Spaltöffnungen trägt. Ihr Vorhandensein steht im engsten Zusammenhang mit der Transpiration, und v. Schroeder mutmasste deshalb, dass die sauren Gase diese beeinflussen möchten. Dementsprechend stellte er Versuche an, allerdings mit abgeschnittenen Zweigen, und ermittelte, dass die Transpiration durch die Einwirkung der sauren Gase eine Depression erleidet. Allerdings ist dies Ergebnis keine feststehende wissenschaftliche Thatsache, denn die angewandte Methode lässt allerlei Einwendungen zu. Auch experimentierte v. Schroeder mit zu hohen Concentrationen, da am Schlusse der nur wenige Tage dauernden Versuche die Blätter tot waren. Wenn unter diesen Umständen eine Depression der Transpiration ermittelt wurde, so beweist das nichts, da alle Funktionen der Blätter gestört gewesen sein müssen. Dahingegen ermittelte v. Schroeder sicher, dass Licht, Wärme und Feuchtigkeit die Beschädigung durch schweflige Säure begünstigen, eine Thatsache, welche oft citiert, aber meistens wohl nicht in ihrer vollen Tragweite gewürdigt worden ist.

An die sehr der Nachuntersuchung bedürftigen Resultate v. Schroeder's über die Depression der Transpiration knüpfen die Veröffentlichungen von R. Hartig als an einer feststehenden Thatsache an. (Ueber die Einwirkung des Hütten- und Steinkohlenrauches auf die Gesundheit der Nadelwaldbäume 1896.) Er wollte beobachtet haben, dass bei Fichten die Schliesszellen der Spaltöffnungen unter Einwirkung von schwefliger Säure getötet werden, indem sie sich rotbraun färben, ohne dass die Nadeln im übrigen irgend eine Veränderung aufweisen. Sind sie aber getötet, so können sich die

Spalten nicht öffnen, und die Transpiration muss eine geringere als die normale sein. Mit der verminderten Transpiration würde aber eine verminderte Assimilation Hand in Hand gehen. Aus dem Umstande, dass durch Tötung der Schliesszellen die Spalten dauernd geschlossen sind, würde sich also zwanglos die verminderte Holzproduktion erklären. Es lässt sich leicht zeigen, dass Hartig das Opfer einer Täuschung geworden ist. Sterben, aus welcher Ursache es immer sein mag, die Spaltöffnungen ab, so färben sie sich bei der Fichte rotbraun, aber dann hat sich die Nadel gleichfalls, mindestens an dieser Stelle etwas verfärbt; auch tritt die Färbung durchaus nicht immer bei Einwirkung von schwefeliger Säure auf. Jedenfalls bleibt, so lange das Blatt bei ihrer Einwirkung unverändert bleibt, auch die rothbraune Reaction in den Spaltöffnungen aus. Damit fallen alle weiteren Deductionen Hartigs in nichts zusammen<sup>1)</sup>.

Wenn man die Erscheinungen der Rauchbeschädigung an den Waldbäumen an Ort und Stelle beobachtet, wenn man sich die anatomischen und physiologischen Verhältnisse der Gewächse vergegenwärtigt, und wenn man alle bekannten Thatsachen berücksichtigt, so ergiebt sich mit Nothwendigkeit, dass die chronische Beschädigung durch ein Eingreifen der sauren Gase in den Assimilationsvorgang hervorgerufen wird.

Diese Folgerung hat durch Untersuchungen von Prof. Wislicenus in Tharandt, wenigstens für die schweflige Säure, eine wesentliche Stütze erhalten. Auf die von ihm aufgeworfene Frage: „Ist die schweflige Säure der Vegetation bei Nacht und Winter in gleich bedenklichem Grade gefährlich wie bei Tageslicht und thätiger Assimilation?“ gab er auf Grund seiner Untersuchungen folgende Antwort: „Die Fichte — mit dieser allein wurde experimentiert — ist gegen chronische Rauchbelästigungen bei Nacht ebenso wie im Winter vollständig unempfindlich, bei thätigem Assimilationsprozess etwa der Lichtmenge entsprechend sehr empfindlich.“ Wislicenus hatte sich zweckent-

---

1) Vergl. auch A. Wieler, Ueber unsichtbare Rauchschäden bei Nadelbäumen. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen. Sept. 1897.

sprechende Einrichtungen geschaffen, um dauernd die Pflanzen bei Einwirkung kleiner Säuremengen zu kultivieren. Auf diese Weise konnte er an mehrjährigen Topfexemplaren der Fichte die typischen Erscheinungen der chronischen Vergiftung hervorrufen.

Seine Versuche gliedern sich in Sommer- und Winterversuche. Bei den ersteren wurde das Verhalten der Fichte unter Einwirkung der Säure im Lichte und im Dunkeln verglichen. Die Versuche dauerten vom 22. Juli bis 30. August. In den ersten 10 Tagen war keine Veränderung an der Pflanze zu beobachten; dann begann allmählich Verfärbung an den dem Lichte exponierten Exemplaren, die schliesslich zum Absterben der betreffenden Pflanzen führte.

Die Winterversuche dauerten vom 29. November bis 29. Januar. Trotzdem die Fichten dem Lichte exponiert waren, zeigten sie keine Veränderung.

Da die Rauchexpertise bei Vergiftungen durch saure Gase Gewicht legt auf den Nachweis der in der Pflanze vorhandenen Säuremenge, wurden nach Beendigung der Versuche die Nadeln auf ihren Schwefelsäuregehalt geprüft. Bei den gleich lange geräucherten Tag- und Nachtpflanzen im Sommer ist der Gehalt an Schwefelsäure bei beiden der gleiche, bei den Tagpflanzen betrug er 0,421, bei den Nachtpflanzen 0,420 % der Trockensubstanz, bei den Kontrollpflanzen 0,245 %. Der gleiche Gehalt an Schwefelsäure bei den Tag- und Nachtpflanzen ist überraschend und vor der Hand nicht erklärbar. In den Winterversuchen beträgt der Schwefelsäuregehalt in den dem Licht und der Säure exponierten Exemplaren 0,483 %, in den Kontrollpflanzen 0,405 %. Auch diese Zahlen sind sowohl an sich wie namentlich im Vergleich mit den aus den Sommersversuchen erhaltenen unverständlich.

Die Versuchsergebnisse lassen keine andere Deutung zu, als dass kleine Mengen von schwefliger Säure, wenn sie auch dauernd über die Fichte hinstreichen, nicht schädlich wirken, dass sie aber in hohem Masse schädlich werden, wenn sie in den Assimilationsprocess eingreifen. Es geht weiter daraus hervor, dass die Chlorophyllkörner

für dies Gas viel empfindlicher sind als die Zellen selbst, in denen sie liegen. Nach Wislicenus wird also die vitale Thätigkeit des Chlorophylls durch die Einwirkung der schwefligen Säure gestört; mit aller Reserve deutet er auch seine theoretische Ansicht an, wie diese Störung vor sich geht, doch mag in Bezug auf diesen Punkt auf das Original verwiesen werden. (Resistenz der Fichte gegen saure Rauchgase bei ruhender und bei thätiger Assimilation. Tharander forstl. Jahrbuch Bd. 48.)

Im Anschluss hieran legte der Vortragende seine auf Grund von Beobachtungen in dem Rauchschaadendistrikt Stolberg und von Versuchen, welche vor der Veröffentlichung der Wislicenus'schen Untersuchungen ausgeführt worden waren, gewonnene Meinung dar, wie die sauren Gase in den Assimilationsprocess eingreifen. Nach Experimenten, welche im Leipziger Botanischen Institut ausgeführt worden sind, kann eine Abschwächung und endliche Sistierung der Assimilationsthätigkeit der Chlorophyllkörner durch Temperaturextreme, intensive Besonnung, Einwirkung von Giften wie Kohlensäure in hoher Concentration, Aether, Chloroform, Mangel an Sauerstoff und Anhäufung von Assimilaten herbeigeführt werden. Vortragender nimmt an, dass eine Inactivierung der Chlorophyllkörner auch durch saure Gase bewirkt werden kann. Die bisherigen Beobachtungen sprechen zu Gunsten dieser Ansicht, wenn es auch bisher noch nicht möglich war, die entscheidenden Versuche auszuführen.

Die Verminderung der Holzproduktion würde sich leicht erklären, da es an dem ausreichenden organischen Material fehlt. Weil die Säure nur so lange einwirkt, als sie durch den Wind den Bäumen entgegengetrieben wird, so müssen Zeiten der Inactivität mit solchen der Activität der Chlorophyllkörner wechseln, so dass im Laufe einer Vegetation eine gewisse Menge organischen Materials produziert wird. Je länger die Zeiträume der Inactivität dauern, um so geringer muss die Holzproduktion an den betreffenden Bäumen sein. Natürlich muss die verminderte Production organischen Materials sich auch in der Neubildung von Organen (Wurzeln, Knospen, Blättern) und in

ihren Grössenverhältnissen fühlbar machen. Mit der Zeit muss also die Krone lichter werden, wenigstens bei den Laubbölzern, und müssen sich die einzelnen Organe, Knospen und Blätter, wahrscheinlich auch Wurzeln, verkleinern. Organe, welche unthätig sind, pflegen zu Grunde zu gehen, man darf deshalb vermuten, dass auch die andauernd unthätigen Chlorophyllkörner als Organe des Zellleibes absterben. Hieraus erklärt sich der Vortragende das vorzeitige Auftreten der Herbstfärbung an den Buchen im Probsteywalde bei Stolberg, die allmähliche Verfärbung der Nadeln der Fichte und die Verringerung der Zahl der Nadeljahrgänge. So vermöchte die Annahme der Inactivierung der Chlorophyllkörner durch die sauren Gase eine ganze Reihe von Erscheinungen an der unter Raucheinwirkung stehenden Vegetation zu erklären.

Zum Schluss liess der Vortragende seiner Ueberzeugung Ausdruck, dass es gelingen müsse, das Problem zu lösen, selbst wenn die hier gemachte Voraussetzung sich wider alles Erwarten als unzutreffend erweisen sollte, nachdem sich einmal die Ueberzeugung Bahn gebrochen hätte, dass der Sitz der Erscheinung im Assimilationsvorgange zu suchen sei. Die streng wissenschaftliche Lösung des Problems sei aber unumgänglich nötig, um eine sichere Basis für die Rauchschaadenexpertise zu erhalten. Erst dann würde sich beurteilen lassen, ob sich andere Methoden zum Nachweis von Rauchbeschädigung ausfindig machen lassen, oder ob lediglich die chemische Analyse berufen sei, das entscheidende Wort zu sprechen. Dass diese unter allen Umständen mit grosser Vorsicht anzuwenden ist, zeigen die Versuche von Wislicenus.

# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen des naturhistorischen Vereines der preussischen Rheinlande](#)

Jahr/Year: 1899

Band/Volume: [56](#)

Autor(en)/Author(s): Wieler Arwed

Artikel/Article: [Einwirkung der sauren Gase auf die Vegetation 43-49](#)

