

8. A. Wieler: Das Bluten in Blättern.

(Eingegangen am 5. November 1920.)

Die normale Ausscheidung tropfbar flüssigen Wassers durch die Blätter geschieht teils durch aktiv wirkende Hydathoden¹⁾, teils durch den Wurzeldruck, dessen Wirkung sich durch die Blätter hindurch fortpflanzt. Auch eine Wasserausscheidung nach entgegengesetzter Richtung kommt vor, wenn abgeschnittene Zweige mit den Blättern in Wasser tauchen. Doch ist es weder PITRA²⁾ noch mir³⁾ gelungen zu entscheiden, ob der Sitz des Blutes in den Blättern selbst oder in den Leitungsbahnen der Zweige ist. Im letzteren Falle würden die Blätter nur als aufnehmende Organe dienen. Im nachstehenden möchte ich die Aufmerksamkeit auf eine Blutungserscheinung lenken, die schon lange bekannt, aber nicht oder nur wenig beachtet worden ist, und die u. a. auf diese Frage Licht werfen dürfte.

1883 haben V. SCHROEDER und REUSS⁴⁾ gelegentlich ihrer Untersuchungen über die Einwirkung schwefliger Säure auf die Pflanzen eine von ihnen als Nervaturzeichnung bezeichnete Erscheinung beschrieben, die ihrer Natur nach eine Blutungserscheinung ist. Mir ist diese Veröffentlichung entgangen, als ich mich seiner Zeit mit Untersuchungen über Bluten befaßte. Auch in der zweiten Auflage von PFEFFERS Pflanzenphysiologie ist sie nicht erwähnt. Erst später, als ich mich mit Untersuchungen über Rauchschäden beschäftigte, bin ich mit den Beobachtungen der genannten Autoren bekannt geworden. Mit Rücksicht auf die sich bei dieser Erscheinung abspielenden Vorgänge habe ich vorgeschlagen, sie als

1) HABERLANDT, Physiologische Pflanzenanatomie, 4. Aufl., 1909, S. 451. Vergl. iche auch die Kritik dieser Ansicht bei BURGERSTEIN, Die Transpiration der Pflanzen, Jena 1904, Absch. Guttation, Hydathoden.

2) Versuche über die Druckkraft der Stammorgane bei den Erscheinungen des Blutes und Tränens der Pflanzen. — PRINGSH, Jahrb. f. wiss. Bot. XI.

3) Das Bluten der Pflanzen. COHNS Beiträge zur Biologie d. Pflanzen. VI. 92.

4) Die Beschädigung der Vegetation durch Rauch und die Oberharzer Hüttenrauchschäden. Berlin 1883, S. 75.

Injektionen zu bezeichnen an Stelle der irreführenden „Nervaturzeichnung“¹⁾).

Unsere Autoren beobachteten, daß unter der Einwirkung von verdünntem Schwefeldioxyd „alle in der Nähe der Hauptnerven und seiner nächsten Verzweigungen liegenden Stellen des Blattgewebes zu beiden Seiten bis auf einige Entfernung von den Nerven hellgrün erscheinen, während die weiter abliegenden Teile des Gewebes matt und fahl sind“. Sie experimentierten mit Spitzahorn und haben auch ein Blatt mit der Nervaturzeichnung abgebildet. Die Erklärung, die sie für die Erscheinung geben, ist unrichtig, was ich an anderer Stelle nachgewiesen habe¹⁾. Es handelt sich um einen Blutungsvorgang, der durch die Einwirkung der gasförmigen Säure ausgelöst wird. Die Interzellularen des Mesophylls werden mit Wasser erfüllt, dadurch erscheint das Gewebe transparent und heller grün als das übrige lufthaltige Chlorophyllgewebe. So heben sich die Blattnerven scharf von dem übrigen Gewebe ab, und das wurde die Veranlassung zur Bezeichnung „Nervaturzeichnung“. Die Erscheinung ist nicht auf Spitzahorn beschränkt, sondern tritt auch an Blättern anderer Pflanzen auf, so bei der Rotbuche, bei der Eiche, bei *Acer Pseudo-Platanus*, *Tilia europaea*, *Prunus Laurocerasus*, *Carpinus Betulus*, *Populus nigra* und *Salix*. Allerdings treten nicht immer dann die Injektionen auf, wenn sie auf Grund der angewandten Konzentrationen erwartet werden können. Bei derselben Konzentration fehlen sie das eine Mal der Pflanze, während sie das andere Mal vorhanden sind. Am leichtesten und schönsten treten sie bei der Rotbuche auf. Sie reagiert am schärfsten auf die Säure, da die Injektionen bei ihr auch von solchen Verdünnungen hervorgerufen werden, auf die andere Pflanzen überhaupt nicht mehr reagieren.

Die Erscheinung beginnt an den Nerven und Äderchen und erstreckt sich von hier aus mehr oder weniger tief in das Mesophyll hinein, je nach der Stärke der Einwirkung. Die Säurekonzentration ist entscheidend für die Geschwindigkeit, mit welcher die Injektionen erfolgen. Meistens verstreicht ein längerer Zeitraum, ehe nach der Beräucherung die Injektionen erscheinen. Beispielsweise hatte die Säure am 5. September von 10—11½ Uhr auf einen Buchenzweig eingewirkt (durch Verdampfen von wässriger schwefliger Säure) unter der Glocke. Darauf war der Zweig ohne Glocke, natürlich mit der Schnittfläche in Wasser tauchend,

1) Untersuchungen über die Einwirkung der schwefligen Säure auf die Pflanzen. Berlin 1905.

im Zimmer stehen geblieben. Am 7. Sept., 9 Uhr vorm., also nahezu nach 48 Stunden, machten sich die ersten Anzeichen von Injektionen bemerkbar. Eine Stunde später waren sie bereits deutlicher und nahmen seitdem noch erheblich zu. Am 8. Sept., 9½ Uhr vorm., waren in vielen Blättern noch starke Injektionen vorhanden, während sie in anderen schon stark vermindert oder gar verschwunden waren. An diesen Stellen waren die Blätter abgestorben. In anderen Fällen halten sich die Injektionen sehr lange. Das rührt daher, daß sich die Spaltöffnungen schließen, wenn sich die Reaktion auf die Einwirkung der Säure bemerkbar macht. Aus demselben Grunde treten die Injektionen auch dann auf, wenn die Zweige nicht mit einer Glocke bedeckt sind. Der Schluß der Spaltöffnungen wurde mit der MOLISCH'schen Xylolprobe nachgewiesen, ging übrigens auch aus der Tatsache hervor, daß sich die Injektionen häufig viele Tage in den Blättern unverändert halten. Sie verschwinden erst, wenn das Blatt abstirbt und damit die Möglichkeit eines Verdunstens des Wassers gegeben ist. Gelegentlich kommen noch Fälle vor, wo die Injektionen wieder rückgängig gemacht werden, ohne daß das Blatt irgendwelchen Schaden genommen hätte. Das konnte ich an Buchenzweigen beobachten, über die 7—9 Stunden lang Säurekonzentrationen von 1 : 648 000 und 1 : 1 098 000 geleitet wurden. Bei Wiedereintreten normaler Verhältnisse in den Zellen öffneten sich die Spaltöffnungen, und das Wasser konnte verdunsten.

Die Auspressung des Wassers muß z. T. unter starkem Druck erfolgen; denn V. SCHROEDER und REUSS haben beobachtet, daß die Ausscheidung des Wassers nicht auf die Interzellularen beschränkt ist, sondern daß sie auch außen auf den Nerven auftreten. Sie bezeichnen diese Tropfen als Honigtau. Ich habe auch in manchen Fällen eine derartig starke Blutung festgestellt.

Die Ausscheidung des Wassers bei den Injektionen muß bedingt sein durch eine Veränderung des osmotischen Druckes. Wasserausscheidungen können zustande kommen 1. durch plötzliches Sinken des Turgors, 2. durch rhythmisches Sinken und Steigen des osmotischen Druckes oder 3. durch Auftreten von verschieden hohem Druck auf entgegengesetzten Seiten der Zelle. Dann wird ein Wasserstrom von der osmotisch wirksameren Seite zu der weniger wirksamen durch die Zelle hindurchgehen. In unserem Falle müßte die Seite mit dem höheren osmotischen Druck den Leitungsbahnen anliegen.

Aus einer Steigerung des osmotischen Druckes in den den Leitungsbahnen anliegenden Zellen läßt sich auch befriedigend der

Spaltenschluß erklären. Indem infolge gesteigerten osmotischen Druckes dem Transpirationsstrom größere Wassermengen entzogen werden, werden die peripher gelegenen Zellen weniger als normal mit Wasser versorgt, ihr Turgor sinkt und muß einen Schluß der Spalten bewirken. Zu Gunsten der Annahme einer Steigerung des osmotischen Druckes spricht, daß nach den Untersuchungen von KLEMM¹⁾ unter Einwirkung von Säuren eine starke Steigerung des osmotischen Druckes eintritt. Er ließ auf Wurzelhaare verschiedener Pflanzen Salpeter-, Schwefel-, Salz-, Chrom-, Phosphor-, Wein-, Äpfel-, Zitronen-, Oxal- und Essigsäure in Konzentrationen von $\frac{1}{2}$ und 1 % einwirken. Die Vorgänge, die sich in den Zellen abspielten, konnten unter dem Mikroskop verfolgt werden. Es fand eine derartige Steigerung des Turgors statt, daß nach einiger Zeit die Zellen platzten. Das Platzen erfolgte besonders in den jüngeren Haaren und stets an der Spitze, wo sie wuchsen, also wohl an dem Orte des geringsten Widerstandes. Für schweflige Säure dürfen wir, da es sich auch um eine Säure handelt, die gleiche Wirkung annehmen. Wir dürfen ferner voraussetzen, daß sich die Blattzellen gleichsinnig mit den Wurzelzellen verhalten, um so mehr, als auch andere Umstände zu Gunsten der Annahme einer Steigerung des osmotischen Druckes sprechen.

Die Wirkung der Säuren kommt nun aber nicht dadurch zustande, daß sich die in die Zelle eindringenden Säuren mit den Zellinhaltsstoffen zu osmotisch besonders wirksamen Verbindungen vereinigen, sondern die Säuren wirken nur als Reiz, der den Anstoß gibt zu Stoffumlagerungen im Plasma. Das wird dadurch bewiesen, daß auch durch andere Stoffe die gleiche Wirkung erzielt werden kann. Es kann ja nach dem Gesagten nicht überraschen, daß auch Salzsäure und Schwefelwasserstoff die Injektionen hervorrufen, wohl aber, daß die gleiche Erscheinung auch durch Ammoniak, Äther, Chloroform, Xylol und Phenol hervorgerufen wird, wenn diese Stoffe gas- oder dampfförmig angewendet werden. Demnach kann es sich nur um eine Reizwirkung handeln.

Sind die Injektionen als Reizerscheinung aufzufassen, so war es wahrscheinlich, daß man die Blattzellen ebenso wie die Wurzelzellen durch Aufsaugen gelöster bzgl. flüssiger Stoffe zum Bluten veranlassen konnte. Ich habe deshalb eine größere Zahl geprüft. Buchenzweige wurden in Kölbchen oder Bechergläsern, in die die zu prüfenden Lösungen oder Flüssigkeiten geschüttet wurden, ge-

1) Desorganisationserscheinungen der Zelle. — PRINGSH. Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. 28, 1895, S. 658.

stellt. Es wurden geprüft: Phenol, Cresolum, aldehydschwefligsaures Natrium, 5 % Rohrzucker, 2,5 % Traubenzucker, $\frac{1}{2}$ % Koffeinelösung, $\frac{1}{2}$ % salzsaures Chinin, Pyridin (10 Tropfen in 100 ccm Wasser), $\frac{1}{2}$ % Chlornatrium, 1 % und 2 % salpetersaures Kalium, Chlorkalium, isotonisch mit 1 % Salpeter, Kaliumbiphosphat ($K_2H_2PO_4$) von nicht näher bestimmter höherer und geringerer Konzentration, Kleesalz und Oxalsäure. Beide letzteren in nicht näher bestimmter Konzentration; sie waren mit Rücksicht auf die Giftigkeit der Stoffe gewählt worden. Die Gefäße standen vor einem Fenster des Instituts und waren nicht bedeckt.

Injektionen blieben aus beim Phenol, Cresolum, Traubenzucker, glukoseschwefligsaurem Natrium, Koffein, salzsaurem Chinin, Pyridin, Kaliumbiphosphat, bei Oxalsäure und oxalsaurem Kalium. Vielleicht hat es nur an der gewählten Konzentration gelegen; denn, daß die Konzentration eine Rolle spielt, hat sich aus Versuchen mit aldehydschwefligsaurem Natrium und salpetersaurem Kalium mit verschiedenen Konzentrationen ergeben. Da Ammoniak z. B., wenigstens als Gas gegeben, Injektionen hervorruft, überrascht es, daß sie bei Anwendung anderer Basen ganz ausbleiben; vielleicht ist hier die Konzentration entscheidend.

Injektionen wurden ferner beobachtet an der Roßkastanie auf der Unterseite der Blätter, als die Oberseite mit Cresolum bestrichen wurde. Sehr wahrscheinlich verhalten sich verschiedene Pflanzenarten gegen denselben Stoff ungleich.

Für das Bluten der Blätter ist die Gegenwart reichlicher Mengen Wassers erforderlich. Da dies durch den Luftdruck bei abgeschnittenen Zweigen in die Blätter hineingepreßt wird, erscheinen die Injektionen meistens leicht und deutlich an den Blättern, während sie an den Blättern der Bäume ausbleiben. Daß nichtsdestoweniger auch hier eine entsprechende Einwirkung auf das Zellplasma stattgefunden hat, geht aus einigen Versuchen hervor.

V. SCHROEDER und REUSS haben folgenden Versuch angestellt: Zwei im freien Lande dicht nebeneinander stehende Spitzahornbäumchen von 81 und 70 cm Höhe wurden mittags, den 21. Juni, während 2 Stunden durch Überdecken mit einem Glaskasten in einer Luft gehalten, in welcher durch freiwilliges Abdunsten aus einer wässrigen Lösung von schwefliger Säure eine Konzentration von $\frac{1}{1000}$ herrschte. Injektionen waren an keinem der beiden Exemplare aufgetreten. Das eine Exemplar wurde nach Beendigung der Beräucherung hart über der Erde abgeschnitten und in ein Gefäß mit Wasser gestellt. Nach einigen

Stunden traten an diesem Exemplar Injektionen auf, die mit der Zeit zunahmen, und am folgenden Tage waren sie mit außerordentlicher Schönheit und Regelmäßigkeit hervorgetreten, während sie bei dem anderen Exemplar ausgeblieben waren. Das ungleiche Verhalten der beiden Bäumchen läßt sich wohl nur aus den Wasserhältnissen erklären. Im allgemeinen ist also in den Leitungsbahnen der Blätter bewurzelter Bäume der Wassergehalt nicht hoch genug, damit Injektionen auftreten können; denn, wenn kein Überschuß an Wasser vorhanden ist, wird auch kein Wasserstrom durch die Zelle hindurchgehen, da das eindringende Wasser festgehalten wird. Hieraus muß man schließen, daß durch die Einwirkung der schwefligen Säure die Fähigkeit zum Bluten der Blätter beider Exemplare induziert worden ist.

Die gleiche Beobachtung habe ich an einer etwa zwanzigjährigen Freilandbuche gemacht. Ein Zweig wurde mit einer Glasglocke luftdicht bedeckt und ein Schälchen mit etwas wässriger schwefliger Säure darunter gestellt. Die Beräucherung dauerte am 27. August 1918 von 11—11 Uhr 35 Min., dann wurde das Schälchen herausgenommen, die Glocke blieb aber über dem Zweige bis 4 Uhr 45 Min. stehen. Es waren keine Injektionen aufgetreten, die Blätter waren jedoch etwas verfärbt. Am 28. August, 9 Uhr vorm. waren auch noch Injektionen vorhanden, die Blätter hatten einen gelblichen Farbenton angenommen. Die Spaltöffnungen in der Nähe der Nerven, besonders an der Basis, waren nicht ganz geschlossen, die anderen geschlossen und blieben es auch. Als die Sonne nachher schien, zeigten nicht beräucherte Blätter desselben Baumes die Spaltöffnungen geöffnet, wenn auch mitten in den Interkostalfeldern Flecke mit geschlossenen Spaltöffnungen vorhanden waren. Um 11 Uhr wurde der Zweig für 3 Stunden verdunkelt, aber auch jetzt traten keine Injektionen auf. Am folgenden Tage um 11½ Uhr wurde ein Seitenzweig des beräucherten Zweiges abgeschnitten und im Institute in Wasser gestellt. Schon um 1 Uhr waren schwache Injektionen in einzelnen Blättern aufgetreten, die sich nicht nur den ganzen Nachmittag hielten, sondern gegen Abend noch etwas zugenommen zu haben schienen. Also auch hier wurden durch die Beräucherung in den Blättern die Bedingungen für das Bluten geschaffen, und die Störung des osmotischen Gleichgewichts in den Zellen hielt so lange an, daß das Bluten noch nach 48 Stunden erfolgen konnte.

Man wird diese Erfahrungen wohl verallgemeinern dürfen. Demnach kann das Plasma der Blatzellen durch die schweflige Säure schon beeinflusst sein, wenn sich äußerlich noch keine Ver-

änderungen an den Blättern bemerkbar machen. So findet auch die von V. SCHROEDER und REUSS behauptete Depression der Transpiration der beräucherten Blätter, worauf sie die pflanzenschädliche Wirkung der schwefligen Säure zurückführen, eine Erklärung. Mit der Störung der normalen Wasserversorgung müssen aber auch andere Funktionen leiden und damit kann die nachteilige Wirkung der schwefligen Säure auf die Pflanzen zusammenhängen. Allerdings müßte entschieden werden, ob die Wirkungen auch erfolgen bei den im allgemeinen in den Rauchschadengebieten herrschenden Verdünnungen.

Aber darüber hinaus sind diese Versuche wertvoll, weil sie ein Licht auf die Mechanik des Blutens werfen. Wenn die Bedingungen für das Bluten nach 48 Stunden noch vorhanden sind, so kann die Ausscheidung des Wassers in die Interzellularen nicht durch Sinken des Turgors zustande kommen; denn dann würde eine nachträgliche Zufuhr von Wasser kein Bluten bewirken können. Auch von einem rhythmischen Wechsel des osmotischen Druckes kann nicht die Rede sein, da die direkte Beobachtung eine Abnahme und Wiederrücknahme der Injektionen nicht erkennen läßt. Es kann deshalb das Bluten nur hervorgerufen werden durch eine einseitige Steigerung des osmotischen Druckes in den blutenden Zellen. Damit scheint mir tatsächlich der Beweis erbracht zu sein, daß das Bluten, was ich seiner Zeit als sehr wahrscheinlich hingestellt habe, dadurch zustande kommt, daß sich auf entgegengesetzten Seiten der Zelle ungleiche Druckkräfte geltend machen¹⁾.

Auch wird man nach diesen Erfahrungen mit einem gewissen Maß von Wahrscheinlichkeit annehmen dürfen, daß bei den blutenden Zweigen, die mit den Blättern in das Wasser tauchen, das Bluten bereits in den letzteren selbst vor sich geht. Man müßte dann annehmen, daß die Veränderung der Existenzbedingungen als Reiz wirkt.

Aachen, Botan. Institut, November 1920.

1) Der Vollständigkeit halber will ich erwähnen, daß 1914 NEGER und LAKON (Studien über den Einfluß von Abgasen auf die Lebensfunktionen der Bäume. — Mitteilungen aus der Sächs. forstl. Versuchsanstalt zu Tharandt. Bd. I. Heft 3) auch den „Injektionen“ einige Seiten gewidmet haben, ohne damit etwas neues zur Frage beigetragen zu haben, so daß sich ein Eingehen darauf erübrigt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1921

Band/Volume: [39](#)

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

Artikel/Article: [Das Bluten in Blättern. 50-56](#)