

regnerischen ersten Blühtag ein heiterer und warmer Tag folgt. An diesem sind zu einer Zeit, wenn in denjenigen normal bestäubten Blüten derselben Oertlichkeit, welche am Morgen zu blühen begonnen haben, bereits die Griffel sich mit den Spitzen berühren und die Kronenblätter abzufallen beginnen — je nach der Witterung entweder schon um Mittag oder erst am, oft recht späten, Nachmittag —, ihre Griffel meist noch weit nach aussen geneigt und ihre Kronenblätter, welche grösser und blasser als diejenigen der jungen Blüten sind, häufig noch in fester Verbindung mit dem Blütenboden. Es sind somit die genannten Erscheinungen zum grossen Theil als eine Wirkung des Reizes anzusehen, welcher durch die wachsenden Pollenschläuche hervorgebracht wird¹⁾. Dieser Reiz ist offenbar um so intensiver, je schneller die Pollenschläuche wachsen und je grösser ihre Anzahl ist. Das Wachsthum der Schläuche und damit der Reiz und die Reizwirkung scheinen nicht proportional der Zunahme der Intensität des Lichtes, sondern schneller zuzunehmen. Die Theile der Blüthe dieser Gewächse können sich nach dem Beginne des Blühens zweifellos nur um ein bestimmtes, individuell ein wenig verschiedenes Mass vergrössern. Vollständig erfolgt diese Vergrösserung nur bei sehr trübem Wetter, wenn ausserdem keine Bestäubung stattfindet, oder, falls eine solche stattfindet, wenn die Pollenkörner vor oder kurz nach der Keimung zu Grunde gehen. Bei heiterem, warmem Wetter bleibt auch in diesem Falle die Grössenzunahme geringer. Noch — häufig sehr viel — geringer ist diese, wenn bei heiterem, warmem Wetter Bestäubung erfolgt. Durch Bestäubung wird auch bei trübem Wetter die Grössenzunahme nicht unbedeutend vermindert.

61. A. Wieler: Ueber die Einwirkung der schwefligen Säure auf die Pflanzen.

Eingegangen am 22. November 1902.

Im weiteren Verfolg meiner Untersuchungen²⁾ über die Einwirkung saurer Gase auf die Pflanzen habe ich in den letzten Jahren besonders die Einwirkung der schwefligen Säure auf die pflanzlichen Functionen studirt. An erster Stelle hat auch hier wieder die Assi-

1) Wahrscheinlich entsteht auch bei der Befruchtung ein Reiz, welcher den durch das Wachsthum der Pollenschläuche hervorgebrachten noch verstärkt.

2) WIELER und HARTLEB, Ueber die Einwirkung der Salzsäure auf die Assimilation der Pflanzen. Berichte der Deutschen Bot. Gesellsch. XVIII. 1900.

milation gestanden. Die Versuchsanstellung war im Wesentlichen die gleiche wie die früher für die Salzsäure beschriebene mit kleinen Verbesserungen und kleinen Abänderungen, wie sie durch die abweichende Natur des zu prüfenden Gases bedingt waren. Der Gipfel der Versuchspflanzen wurde mit einem einseitig aufgeschnittenen Kautschukstopfen luftdicht in eine horizontal liegende abgeschliffene Glasplatte eingesetzt, welche ein Loch von 6—7 cm Durchmesser besass. Bedeckt wurden die Pflanzen mit einer tubulirten, etwa 27 Liter fassenden Glasglocke, welche luftdicht auf die Glasplatte aufzusetzen war. Der Tubus der Glocke war mit einem dreifach durchbohrten Stopfen verschlossen. Durch das eine Loch ragte ein Quecksilbermanometer hinein, so dass man jederzeit im Stande war, den Apparat auf seine Dichtigkeit zu prüfen. Die beiden anderen Löcher dienten für Zu- und Ableitung der Gase. Die Zuleitung des Gases geschah in derselben Weise wie früher für die Salzsäure beschrieben wurde. Die Luft passirte einen Gasmesser, wurde dann durch Absorptionsmittel ihrer Kohlensäure und ihres Wassers beraubt, trat in ein Gefäss mit Schwefelsäure ein, indem sie sich aus zutropfender Sodalösung mit Kohlensäure belud. Von hier trat sie in ein kleines Gefäss mit Schwefelsäure über, wo sie aus zutropfendem schwefligsaurem Natron schweflige Säure aufnahm. Nachdem die Luft dann noch eine Mischkugel passirt hatte, drang sie von oben in die tubulirte Glocke ein und wurde vom Boden derselben abgezogen. Beim Verlassen der Glocke passirte die Luft die schlangenförmigen, mit titrirter Barytlösung gefüllten Vorlagen, von denen bei den Assimilationsversuchen mehrere, bei den Athmungsversuchen je eine vorgelegt wurden. Als Lichtquelle diente elektrisches Licht und zwar theils ein grosser Scheinwerfer von SIEMENS & HALSKE, theils zwei neben einander geschaltete Bogenlampen. Auch mit Gaslicht und zwar mit Starkglühlichtbrennern habe ich Versuche mit Erfolg ausgeführt. Die Anwendung des elektrischen Lichtes gab aber etwas grössere Assimilationswerthe, und da es handlicher ist, habe ich in der letzten Zeit immer mit den beiden Bogenlampen experimentirt. Der Kohlensäuregehalt wurde so gewählt, dass die Luft etwa $\frac{1}{10}$ Vol.-pCt. enthielt. Es ist das derselbe Gehalt an Kohlensäure wie in den Versuchen mit Salzsäure. Irrthümlicherweise ist dort 1 pCt. geschrieben. Höhere Concentrationen kamen nur zur Anwendung, wenn es für die besonderen Versuchszwecke nothwendig war, oder wenn grössere Assimilationswerthe angestrebt wurden, namentlich bei Anwendung des Gaslichtes. Die gewünschte Concentration ist aber nur immer annähernd constant zu erhalten, da man von der Geschwindigkeit, mit welcher die Sodalösung in die Schwefelsäure tropft und mit der die Luft von der Wasserstrahl-luftpumpe durch den Apparat hindurchgezogen wird, abhängig ist.

Mit wenig Abweichungen wurden die Versuche derartig angestellt, dass sowohl für einen normalen wie für einen Säureversuch je ein ganzer Tag gewählt wurde, so dass die Säure etwa 5—6 Stunden bei Gegenwart des Lichtes auf die Pflanze einwirkte. Vorwiegend kamen Topfpflanzen zur Verwendung, doch sind auch Versuche mit Zweigen und Wasserculturen ausgeführt worden. Es handelt sich also um die Wirkung der Säure in kurzen Zeiträumen.

Bei allen in die Untersuchung gezogenen Pflanzen habe ich feststellen können, dass die Assimilation unter der Einwirkung der schwefligen Säure herabgemindert wird, wenn man nur die Concentration entsprechend wählt. Die verschiedenen Pflanzen sind von verschiedener Empfindlichkeit. Auch Individuen einer und derselben Art sind ungleich empfindlich. So hatte eine Fichte bei einer Concentration 1 : 337 700 (d. h. 1 Vol.-Theil SO_2 : 337 700 Vol.-Theile Luft) im August einen erheblichen Assimilationsabfall gegeben, während die Assimilation bei einem anderen Exemplar am 1. December bei der Concentration 1 : 350 000 durchaus normal ausfiel. Ein Exemplar der Buche gab bei einer Concentration 1 : 191 000 keinen Ausschlag, während ein anderes noch bei einer Concentration 1 : 314 000 einen messbaren Abfall gab.

Bei einem Theil der Versuchspflanzen habe ich mich darauf beschränkt, festzustellen, ob die betreffende Pflanze überhaupt in der vorausgesetzten Weise auf die Säure reagirt, bei anderen habe ich hingegen versucht, die Grenze zu ermitteln, bei welcher die Einwirkung aufhört. Des ungleichen individuellen Verhaltens wegen ist das aber nur sehr schlecht möglich, und wollte man zu streng gültigen Resultaten kommen, müssten noch viel mehr Versuche angestellt werden, als ich bereits ausgeführt habe.

Bei einer Concentration von 1 : 50 000 sank die Assimilation bei *Ficus elastica*, bei einer Concentration von 1 : 52 500 bei *Abutilon* auf Null. Bei den folgenden als bewurzelte Exemplare benutzten Pflanzen — die Ergebnisse der Versuche mit den Zweigen führe ich mit Rücksicht auf den Raum nicht auf — wird die Assimilationsgrösse selbstverständlich unter Anrechnung der Athmung, in Milligramm der verbrauchten Kohlensäure für die Stunde angegeben. Procentgehalt der CO_2 ist immer Volumenprocent.

Cereus grandiflorus.

15. April	normal,	0,28 pCt.	CO_2	38 mg	CO_2	} Verlust 78 pCt.
16. "	1 : 42 175	0,25 "	"	8,5 "	"	
17. "	normal	0,29 "	"	25 "	"	

Genista Andreana.

1. Mai	normal	0,1 pCt.	CO_2	54 mg	CO_2	} Verlust 76 pCt.
3. " Vorm.	1 : 49 600	0,1 "	"	13 "	"	
3. " Nachm.	normal	0,17 "	"	42 "	"	

Allium Cepa.

15. Mai	normal	0,3 pCt.	CO ₂	32 mg	CO ₂	} Verlust 22 pCt.
17. "	1:67 366	0,3	"	25 "	"	
18. "	normal	0,5	"	26 "	"	

Weide.

6. Juni	normal	0,07 pCt.	CO ₂	48 mg	CO ₂	} Verlust 65 pCt.
7. " Vorm.	1:127 000	0,06	"	17 "	"	
7. " Nachm.	normal	0,07	"	12 "	"	

Birke.

2. "	normal	0,07 pCt.	CO ₂	80 mg	CO ₂	} Verlust 30 pCt.
3. "	1:114 000	0,08	"	56 "	"	
4. "	normal	0,08	"	69 "	"	

Eiche.

21. August.	normal	0,067 pCt.	CO ₂	44 mg	CO ₂	} Verlust 16 pCt.
22. "	1:52 000	0,075	"	37 "	"	
23. "	normal	0,08	"	47 "	"	

Eine grössere Reihe von Versuchen wurde mit Buche, Fichte und Weinstock ausgeführt. Wenn wir von den oben erwähnten individuellen Verschiedenheiten absehen, so liess sich eine schwache Assimilationsverminderung von 1:314 000 bei der Buche feststellen. Stärkere Verdünnungen kamen nicht zur Anwendung. Mit dieser Concentration dürfte annähernd die Grenze erreicht sein. Ich führe 2 Versuche mit der Buche an:

21. Juni	normal.	0,07 pCt.	CO ₂	55 mg	CO ₂
23. "	1:144 000	0,05	"	15 "	"
24. "	normal.	0,07	"	28,5 "	"
Verlust ca. 80 pCt.					

26. Juli.	normal.	0,08 pCt.	CO ₂	67 mg	CO ₂
28. "	1:182 500	0,08	"	55 "	"
29. "	normal.	0,08	"	57 "	"
Verlust 20 pCt,					

Bei der Fichte mag die Grenze vielleicht bei 1:500 000 liegen. Ein Beispiel möge genügen, um die Depression der Assimilation zu zeigen.

3. December . . .	normal	62 mg	CO ₂	} Verlust 66 pCt.
4. "	1:87 000	21 "	"	
5. "	normal	21 "	"	
6. "	"	42 "	"	
7. "	"	58 "	"	
8. "	"	57 "	"	

Beim Weinstock kommen auch starke individuelle Verschiedenheiten vor. Bei einer Verdünnung von 1:138 000 war noch ein kleiner Abfall zu bemerken. Stärkere Verdünnungen kamen nicht mehr zur Untersuchung.

26. Mai.	. . . . . normal	0,08 pCt. CO ₂	40 mg CO ₂
27. „	. . . . . 1:138 000	0,08 „ „	35 „ „
28. „	. . . . . normal	0,09 „ „	50 „ „

Verlust mindestens 15 pCt.

9. Mai.	. . . . . normal	0,08 pCt. CO ₂	51 mg CO ₂
10. „	. . . . . V. 1:33400	0,13 „ „	50 „ „
10. „	. . . . . N. normal	0,09 „ „	22 „ „

Verlust 57 pCt.

Aus meinen Versuchen ergibt sich, dass noch sehr starke Verdünnungen im Stande sind, eine Wirkung auf die Chloroplasten auszuüben, dass aber nur verhältnissmässig hoch concentrirte Säure einen erheblichen Assimilationsverlust herbeiführt. Sehr wenig empfindlich scheint die Eiche zu sein. Bei einer Concentration von 1:52 000 ist der Assimilationsabfall nicht mehr bedeutend, schon bei 1:73 000 ist er, wenn überhaupt vorhanden, sehr gering.

Meine Versuche zeigen weiter, dass die Säure eine Nachwirkung hervorruft. Sehr schön ist das aus dem Versuch mit der Weide und aus dem zweiten mit dem Weinstock zu ersehen. Trotzdem am Nachmittage die Säure nicht einwirkte, ist die Assimilationsverminderung in beiden Fällen geringer als am Vormittage. Die Nachwirkung hält verschieden lange an und scheint auch wesentlich von der Concentrationshöhe abhängig zu sein. Sehr lange wirkt die Säure bei der Fichte (1:87 000) nach, wo es nach Aufhören der Einwirkung der Säure noch 3 Tage dauert, ehe annähernd normale Verhältnisse wiederkehren.

Alle Versuche wurden bei künstlicher Beleuchtung ausgeführt, weil man des Vergleichs halber einer constanten Lichtquelle bedurfte. Aber selbst das elektrische Licht ist, verglichen mit dem Sonnenlichte eine schwache Lichtquelle. Es fragt sich, wie sich die Pflanzen unter den im übrigen gleichen Bedingungen bei Sonnenlicht verhalten. Leider habe ich über diesen Punkt keine entscheidenden Versuche. Die angestellten Versuche sind durch Zufall verunglückt. Vom Zufall ist man überhaupt ausschliesslich bei diesen Versuchen abhängig, da man niemals auf Constanz der Beleuchtung selbst in kurzen Zeiträumen rechnen kann. Natürlich muss das Sonnenlicht in demselben Sinne auf die Assimilation wirken wie künstliches Licht, nur vielleicht noch energischer, so dass der Assimilationsabfall noch beträchtlicher würde. Auch sind im Sonnenlichte möglicher Weise noch Concentrationen wirksam, welche bei künstlicher Beleuchtung bereits unwirksam werden.

Ich habe bisher vorausgesetzt, dass die Assimilationsverminderung eine Folge der directen Beeinflussung der Chloroplasten durch die Säure sei, dass es sich um eine Inactivirung der Chloroplasten

handelt, wie sie auch durch andere Agentien hervorgerufen werden kann¹⁾. Sie könnte aber auch bewirkt werden durch verminderte Zufuhr von Kohlensäure, was einen Schluss der Spaltöffnungen voraussetzte. Gelegentlich der Besprechung der Wirkungsweise der Salzsäure habe ich schon darauf hingewiesen, dass diese Annahme höchst unwahrscheinlich sei. Es schien mir jedoch nothwendig, diesem eventuellen Einwande von vorne herein die Spitze abzuberechen. Ich habe deshalb geprüft, ob sich die Spaltöffnungen unter der Einwirkung von schwefliger Säure schliessen.

Es liegt nahe, die directe Beobachtung zur Entscheidung zu benutzen. In der That habe ich mich durch mikroskopische Prüfung bei *Prunus Laurocerasus* und *Ilex Aquifolium* davon überzeugt, dass die Spaltöffnungen sich nicht schliessen. Aber die mikroskopische Untersuchung ist misslich, weil eine ganze Reihe von Umständen die Beobachtung an den Objecten, welche für mich von besonderer Wichtigkeit sind, erschwert. Doch giebt es auch andere Erscheinungen, welche Anhaltspunkte gewinnen lassen, ob sich die Spaltöffnungen unter der Einwirkung der Säure schliessen.

Ich habe eine Versuchsreihe mit Zweigen über die Aufnahme des Wassers unter normalen Verhältnissen und unter Einwirkung der Säure ausgeführt. Es wurde derselbe Apparat verwendet, der zu den Assimilationsversuchen diente, nur ohne Absorption und Zufuhr von Kohlensäure. Die Versuche wurden im diffusen Tageslicht ausgeführt. Die den Zweigen zugeführte Luft war ihrer Feuchtigkeit beraubt worden und strömte mit gleicher Geschwindigkeit hindurch. Unter solchen Umständen musste die Bestimmung der relativen Feuchtigkeit Aufschluss geben, ob die Spaltöffnungen geschlossen oder geöffnet werden, indem der Procentgehalt der Feuchtigkeit in der Glocke sinkt oder steigt. Derartige mit *Taxus*, Epheu, Lorbeerkirsche, Buchsbaum, Buche, Eiche, Ahorn, Weinstock, Robinie, Birke und Pappel ausgeführte Versuche liessen niemals eine Veränderung im Stande des Hygrometers erkennen, obgleich bei manchen dieser Pflanzen sehr verschiedene Säureconcentrationen zur Anwendung kamen. Auch das Eindringen von Säure in die Blätter beweist, dass die Spaltöffnungen nicht geschlossen werden. Trotz der starken Verdünnungen, welche zur Anwendung kamen, traten z. B. bei der Buche mehrere Tage, nachdem die Einwirkung der Säure aufgehört hatte, als die Assimilation bereits wieder normal geworden war, Beschädigungen der Blattsubstanz ein, was das Eindringen der Säure beweist. Die Säure kann aber nur durch die Spaltöffnungen eingedrungen sein.

1) EWART, On assimilatory inhibition in plants. Journ. of the Linnean Society. Botany XXXI 1896.

Durch entsprechende Versuche habe ich mich von der Richtigkeit dieser Annahme überzeugt.

Auf Zweige, von denen jedesmal einige Blätter auf der Unterseite mit einer Mischung von Wachs- und Cacaobutter¹⁾ bestrichen waren, habe ich Säure in solcher Concentration einwirken lassen, dass Beschädigungen in den Blättern auftreten mussten, wenn die Säure in sie eindrang. Niemals waren die unterseits bestrichenen Blätter verletzt, während die anderen in allen Versuchen beschädigt waren. Mit der Buche wurden 5 Versuche mit folgenden Concentrationen 1:103 000; 1:50 900; 1:48 000; 1:38 900; 1:28 800 und mit *Prunus Lauracerasus* einer mit der Concentration 1:46 700 ausgeführt. Ausserdem habe ich noch mit dieser letzteren Pflanze je 2, mit Epheu, Ilex und Rhododendron je einen Versuch mit Salzsäure ausgeführt, und zwar kamen verhältnissmässig sehr hohe Concentrationen zur Anwendung. Stets blieben die unterseits bestrichenen Blätter unversehrt. Da also die Blätter unserer Versuchspflanzen dasselbe Verhalten gegen die schweflige Säure und Salzsäure wie gegen die Kohlensäure zeigen, so darf mein Versuchsergebniss wohl verallgemeinert werden, dass die schädigenden Säuren gleichfalls nur durch die Spaltöffnungen eindringen. Die abweichenden Ergebnisse der VON SCHROEDER'schen Versuche²⁾ müssen als unrichtig, als auf mangelhafter Methode beruhend, zurückgewiesen werden. Für meine Zwecke genügt es übrigens, nachgewiesen zu haben, dass bei der Buche die Säure nur durch die Spaltöffnungen eindringen kann. So kann die Säure, welche die erwähnten nachträglichen Beschädigungen hervorruft, auch nur auf diesem Wege eingedrungen, die Spaltöffnungen können also nicht unter der Einwirkung der Säure geschlossen gewesen sein.

Da also die Spaltöffnungen nicht unter der Einwirkung der Säure geschlossen werden, so kann die Assimilationsverminderung nicht aus verminderter Kohlensäurezufuhr, sondern muss lediglich aus einer Inactivirung der Chloroplasten erklärt werden. Dafür spricht auch der Umstand, dass Pflanzen mit stets offenen Spaltöffnungen wie die Birke und die Weide auch die Assimilationsverminderung aufweisen.

Unter den von mir ausgeführten Versuchen befinden sich nur zwei (*Ficus*, *Abutilon*), in denen unter der Einwirkung der Säure der Assimilationswerth auf Null gesunken ist, bei allen anderen tritt nur eine mehr oder weniger grosse Assimilationsverminderung auf. Nach den Angaben von EWART ist die Inactivirung durch die von ihm benutzten Agentien immer eine absolute, d. h. die Assimilation wird

1) STAHL, Einige Versuche über Transpiration und Assimilation. Bot. Ztg. 1894.

2) J. VON SCHROEDER und C. REUSS, Die Beschädigung der Vegetation durch Rauch. Berlin 1883. — Vergl. auch HASELHOFF und LINDAU, Die Beschädigung der Vegetation durch Rauch. Leipzig 1903. S. 126.

vollkommen unterdrückt. Es fragt sich, ob dies auch für die Wirkung der schwefligen Säure gilt. Die Assimilationsverminderung könnte sich auch so erklären, dass nicht alle Chloroplasten von der Säure betroffen werden, dass also normal assimilirende und vollständig inactivirte vorhanden sind. Demnach würde die verminderte Assimilation nur dadurch hervorgerufen, dass eine beschränktere Zahl von Chloroplasten normal assimilirt. Ob diese Erklärung richtig ist, oder ob es sich um eine partielle Herabdrückung der Assimilationsfähigkeit der Chloroplasten überhaupt handelt, habe ich bisher nicht entscheiden können.

Die Wiederkehr der normalen Assimilation, welche in unseren Versuchen schneller oder langsamer erfolgt, zeigt, dass die Chloroplasten nicht verändert worden sind. Ob eine stärkere Lichtquelle vielleicht eine andere Wirkung hat, wäre noch zu untersuchen. Wie verhalten sich aber die Chloroplasten, wenn dauernd, also während langer Zeiträume sehr verdünnte Säuren, welche die Blätter nicht in kurzen Zeiträumen zu tödten vermögen, einwirken, treten dann vielleicht in den Chloroplasten Veränderungen auf, welche in kurzen Zeiträumen nicht beobachtet werden?

Es ist lange bekannt, dass dort, wo Fichten dauernd unter der Einwirkung schwefliger Säure, wenn auch in sehr starker Verdünnung stehen, sich allmählich die grüne Farbe verändert und einem gelblichen Farbenton Platz macht. WISLICENUS¹⁾ hat künstlich derartige als chronische Rauchsäden bezeichnete Säuresäden hervorgerufen. Bei Anwendung einer Verdünnung von 1:1 000 000 verfärbten sich im Laufe von 6 Wochen die Nadeln und starben schliesslich bei etwas gesteigerter Concentration ab. Hier wirkt also die Säure direct oder indirect auf den Farbstoff selbst. Wie sich Laubhölzer in diesem Punkte verhalten, scheint niemals eingehend untersucht worden zu sein. Das Aachen benachbarte Rauchsadengebiet bei Stolberg ist durch das Vorherrschen der Laubbäume ausgezeichnet, und zwar ist der Hochwald gemischter Buchen- und Eichenwald. Hier bietet sich reichlich Gelegenheit, namentlich die Buche und Eiche in ihrem Verhalten zu chronischer Rauchbeschädigung zu beobachten. Ziemlich regelmässig, bald eher, bald etwas später, verfärben sich die Buchen im Juli bereits herbstlich, während die Buchen der nicht dem Hüttenrauch ausgesetzten Waldpartien bei Aachen sich normalerweise erst im October verfärben. Es stand zu vermuthen, dass diese vorzeitige Herbstfärbung der Buchen eine Wirkung der Säure ist²⁾, aber es fehlte bisher an dem sicheren Nachweis dafür.

1) Resistenz der Fichte gegen saure Rauchgase bei ruhender und bei thätiger Assimilation. Tharander forstl. Jahrbuch, Bd. 48.

2) 16. Versammlung Deutscher Forstmänner zu Aachen vom 4.—8. September 1887. Excursion in den Stadtwald von Eschweiler zur Besichtigung der Hüttenrauchs-Beschädigungen. Bearbeitet von Oberförster OSTER, Aachen 1887.

In derselben Weise, wie WISLICENUS die Fichten beräuchert hat, habe ich im letzten Sommer die Buchen behandelt. Mir diente zu diesem Zweck ein nach einem Räucherhause als Muster gebautes Glashaus. Die angewandte Concentration betrug 1 : 500 000, doch ist durch einen kleinen Defect an der Lampe, in welcher Schwefelkohlenstoff zu schwefliger Säure verbrannt wurde, die Concentration während eines Theiles des Versuches höher gestiegen. Sehr übel an dem Räucherhause ist der Umstand, dass man nicht genau die jeweils im Hause herrschende Concentration bestimmen kann, und dass unverkennbar die Concentration nicht in allen Theilen des Hauses die gleiche ist. Vom 31. Mai bis 10. Juli wurden 2 Buchen, 1 Ahorn und 1 Birke der Säure in dem Hause exponirt; ich beschränke mich hier jedoch darauf, nur über das Verhalten der Buche Mittheilung zu machen. Als der Versuch beendet, die Lampe gelöscht war, blieben die Pflanzen etwa 8 Tage in dem nun verdunkelten Räucherhause, damit die Ableitungsverhältnisse der Assimilate aus den Blättern untersucht werden konnten. Am 18. Juli wurden die Pflanzen herausgenommen und vor das Räucherhaus gestellt, wo sie vorwiegend von der Morgensonne betroffen wurden. Der Aufenthalt im Dunkeln hat das Aussehen der Buchen nicht beeinflusst. An keinem der beiden Exemplare waren Beschädigungen, d. h. Zerstörung der Blattsubstanz, aufgetreten. Dahingegen hatte sich die Buche 1 heller grün, die Buche 2 gelbgrün gefärbt. Letztere war also in höherem Masse von der Säure beeinflusst worden als erstere. Das Aussehen der beiden Buchen war in den nächsten Tagen im Freien unverändert. Dann aber traten an der Buche 2 ganz erhebliche Veränderungen im Aussehen auf. Bei einem Theil der Blätter starben kleine oder grössere Partien der Blattfläche ab und färbten sich rothbraun. Das Absterben ging immer vom Rande aus und rückte allmählich nach der Mitte zu vor, so dass der basale und centrale Theil des Blattes erhalten blieb. Diese Theile und an den unversehrten Blättern die ganze Blattfläche verfärbten sich allmählich immer mehr und wurden zusehends gelber. Am 20. August war die Buche vollständig herbstlich gefärbt. Die Buche 1 hat sich auch noch gelblicher gefärbt, aber nicht in dem Masse wie Buche 2, ist aber doch auch noch eher herbstlich geworden als andere Topfbuchen. Damit erweist sich in der That die bei Stolberg beobachtete vorzeitige Herbstfärbung als eine Wirkung der Säure. Demnach wirkt die schweflige Säure auch auf den Chlorophyllfarbstoff ein, nur das Wie ist noch festzustellen. Man könnte zunächst vermuthen, dass die schweflige Säure direct das Chlorophyll zerstört, dann bleibt aber unverständlich, warum die Verfärbung fortschreitet, wenn die Wirkung der Säure aufhört. Viel passender erscheint eine Erklärung, welche sich auf die neuerdings von KOHL vertretene Ansicht stützt, dass

unter der Einwirkung des Sauerstoffs und des Lichtes beständig Chlorophyll zerstört wird¹⁾, dass es aber dauernd wieder regenerirt wird, wodurch uns die Zerstörung nicht zum Bewusstsein kommt. Legen wir diese Ansicht zu Grunde, dann würde also die Säure den Chloroplasten so beeinflussen, dass er das Chlorophyll nicht wieder regeneriren kann, während die Verfärbung selbst ein normaler Vorgang wäre. Es muss künftigen Untersuchungen überlassen bleiben, eine Entscheidung zu treffen oder die wirkliche Ursache für die Erscheinung aufzudecken. Mit der Verminderung des grünen Farbstoffes geht eine Abnahme der Stärkeproduction Hand in Hand.

Die lange Verdunklung des Räucherhauses war nothwendig geworden, weil die Ableitung der Assimilate aus den Blättern unserer Versuchspflanzen sich ausserordentlich langsam vollzog. Daraus geht hervor, dass die Ableitung unter der Einwirkung der schwefligen Säure ebenso wie unter der der Salzsäure erheblich verzögert wird.

In der Rauchschadenlitteratur spielen Untersuchungen VON SCHROEDER's über die Wasseraufnahme unter der Einwirkung der schwefligen Säure eine wichtige Rolle. Sie soll die Wasseraufnahme herabdrücken. Daraufhin sind sogar Theorien über die Säurewirkung auf die Pflanzen aufgestellt worden. Die Ergebnisse der VON SCHROEDER'schen Versuche sind aber nicht zutreffend, wie mir eine Nachprüfung ergeben hat. Eine Beeinflussung der Wasseraufnahme durch die schweflige Säure findet nicht statt, wenn mit Säureconcentrationen experimentirt wird, welche die Blätter gar nicht oder nicht direct schädigen. VON SCHROEDER hat mit viel zu hohen Concentrationen experimentirt, so dass die Blätter sofort erheblich beschädigt wurden. Wasseraufnahme und Wasserabgabe stehen in engstem Zusammenhange, so dass also auch diese nicht beeinflusst wird, was übrigens schon aus dem oben über das Verhalten der Spaltöffnungen Gesagten hervorgeht.

Gelegentlich seiner Untersuchungen über die Beeinflussung der Wasseraufnahme und Wasserabgabe durch die schweflige Säure hat VON SCHROEDER eine eigenthümliche Erscheinung beschrieben, in deren Deutung er aber wohl fehlgegriffen hat, die Nervaturzeichnung. Er beobachtete nämlich bei verschiedenen Pflanzen, wenn Zweige im Wasser stehend der Einwirkung der Säure ausgesetzt wurden, dass an den Nerven entlang und sich von hier aus verbreitend, Wasser ausgeschieden wurde, das die Intercellularen erfüllte und das Blatt an diesen Stellen transparent erscheinen liess. Nach meinen Untersuchungen ist diese Erscheinung eine Reizerscheinung, ein Blutungsvorgang innerhalb des Blattgewebes der durch die Säure ausgelöst

1) Untersuchungen über das Carotin und seine physiologische Bedeutung in der Pflanze. Leipzig 1902.

wird. Diese Injectionen des Gewebes werden aber nicht nur von schwefliger Säure und Salzsäure hervorgerufen, sondern auch von Chloroform, vielleicht auch von anderen gasförmigen Stoffen, doch wurden solche noch nicht geprüft. Injectionen durch schweflige Säure habe ich bei Eiche, Buche, Ahorn, *Prunus Laurocerasus*, durch Salzsäure bei der Buche und Hainbuche beobachtet. Mit Chloroform habe ich nur die Buche geprüft. Die Intensität der Erscheinung hängt von der angewandten Concentration ab. In vielen Fällen sterben nachher die Zellen des injicirten Gewebes ab, aber die Injectionen sind nicht nothwendig der Vorbote des Todes. Ausgezeichnet reactionsfähig ist die Buche. Bei Anwendung einer schwefligen Säure von 1:1 000 000 liegt die Grenze für das Auftreten der Injectionen, während eine Concentration von 1:500 000 die Tödtungsgrenze der Blattsubstanz ist. Auf Salzsäure reagirt die Buche nur dann mit Injectionen, wenn die Concentration sehr hoch gewählt wird.

Die vorstehenden Mittheilungen lehren, wie mannigfaltig die Wirkung der sauren Gase, insbesondere der schwefligen Säure ist, und dabei ist noch nicht einmal absolut sicher, ob alle Beziehungen derselben zu der Pflanzenzelle aufgedeckt sind. Das Verhalten der Chloroplasten und der Protoplasten zu der Säure zeigt, wie verschiedenartig beide von ihr beeinflusst werden. Die feineren Vorgänge, welche sich hierbei abspielen, lassen sich an den untersuchten Objecten nicht verfolgen. Es muss weiterer Untersuchung überlassen bleiben, ob es vielleicht gelingt, an anderen Objecten einen tieferen Einblick in dieselben zu thun. Die ausserordentliche Verdünnung der wirksamen Säure und ihre langsame Wirkung erschweren derartige Untersuchungen ausserordentlich. Einstweilen muss die Aufdeckung der verschiedenen Beziehungen der Säure zu den Pflanzen als ein Fortschritt betrachtet werden. Manche der beobachteten Erscheinungen sind auch durch andere Ursachen hervorzurufen, so z. B. die Inactivirung der Chloroplasten, die Injectionen und schliesslich auch die vorzeitige herbstliche Verfärbung der Buche. Vielleicht gelingt es durch das Studium dieser Beziehungen das Dunkel ganz zu lichten, welches über der Wirkungsweise der Säure schwebt.

Bei der Ausführung meiner umfangreichen und sehr zeitraubenden Versuche bin ich in aufopfernder Weise nach einander von Herrn Dr. HARTLEB und Herrn Dr. WÄCHTER unterstützt worden. Beiden Herren spreche ich an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank aus.

Aachen, Botanisches Institut der Technischen Hochschule.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1902

Band/Volume: [20](#)

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

Artikel/Article: [Ueber die Einwirkung der schwefligen Säure auf die Pflanzen.
556-566](#)