© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Ueber einige physiologische und pathologische Wirkungen des Kampfers auf die Pflanzen, insbesondere auf Laubsprosse.

Von

Dr. Alfred Burgerstein.

(Vorgelegt in der Versammlung am 3. December 1884.)

I. Einleitendes.

Als ich vor etwa acht Jahren im pflanzenphysiologischen Institute der Wiener Universität Untersuchungen anstellte, um den Einfluss kennen zu lernen, den wässerige Lösungen verschiedener Stoffe, insbesondere der Nährstoffe auf die Transpiration der Pflanzen ausüben, machte mir Prof. Wiesner, bezugnehmend auf eine Beobachtung von Barton (siehe unten), den Vorschlag, zu ermitteln, in welcher Weise der Kampfer, beziehungsweise das Kampferwasser, die Transpirationsgrösse zu beeinflussen vermag. Die Versuche, welche ich bald darauf anstellte, ergaben eine grössere Transpiration der im Kampferwasser befindlichen Pflanzen im Vergleich zu jenen, denen destillirtes Wasser geboten war. Ich hatte diese Beobachtung bisher nicht veröffentlicht. Später ersah ich aus der Literatur, dass sich bereits mehrere Autoren mit der Einwirkung des Kampfers auf das „Pflanzenleben" beschäftigt haben, dass jedoch die betreffenden Beobachtungen nur oberflächliche und die aus denselben gebildeten Ansichten zum Theile einander widersprechend waren. Es interessirte mich nun, eigene Erfahrungen über den Gegenstand auf Grund genauerer experimenteller Untersuchungen zu sammeln, die ich in den Jahren 1883—1884, und zwar grösstentheils im pflanzenphysiologischen Institute der Wiener Universität ausführte.

II. Bisherige Beobachtungen.

Schon Hales[1]) erwähnt den Kampfer bei seinen Versuchen über das Saftsteigen: Ein Aststumpf eines Apfelbaumes hatte durch die Schnittfläche eine

[1]) Veget. statiks. 12. Exp. (p. 26 der deutschen Uebersetzung).

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Pinte weingeistiger Kampferlösung in drei Stunden eingesogen; die Hälfte des Baumes starb ab und in allen Theilen des abgestorbenen Stammes war ein starker Kampfergeruch wahrnehmbar.

Etwa siebzig Jahre später hat Barton[1]) zwei Beobachtungen über die Wirkung des Kampferwassers mitgetheilt. Ein Zweig von *Liriodendron tulipifera* mit einer Blüthe und zwei Blättern zeigte im Kampferwasser eine lebhafte Frische, die Blüthe öffnete sich auffallend stark; am dritten Tage begannen die Blätter zu welken und fielen endlich vertrocknet ab. Bei dem in reinem Wasser stehenden Zweige blieben Blätter und Blüthe kaum die Hälfte der Zeit frisch. — Eine im Beginne des Welkens befindliche Iris erholte sich im Kampferwasser bald, ging aber in einigen Stunden zu Grunde. Barton hielt den Kampfer für ein Stimulans und verglich dessen Wirkung auf die Pflanze mit jener des Opiums oder alkoholischer Flüssigkeiten auf den menschlichen Körper.

In Römer's Archiv für Botanik hat Joh. Jac. Bernhardi[2]) einen Aufsatz veröffentlicht, in welchem er auch einige einschlägige Beobachtungen in einer etwas unklaren Fassung beschreibt: Bei einem im Kampferwasser stehenden Zweig von *Cheiranthus annuus* blieben die Blüthen sechs Tage lang frisch, bei dem in reinem Wasser stehenden Vergleichszweig welkten sie schon nach drei Tagen. Eine Blüthe von *Campanula pyramidalis*, welche in reinem Wasser bereits zu welken begann, erholte sich in Kampferwasser für etwa zwei Tage. Auch Bernhardi hält den Kampfer für ein Reizmittel („Probant haec experimenta satis, camforam plantis irritamento valido esse"), besonders für die Blüthen („partes florales adeo excitet, ut corollae marcidae vitam denuo impertiri possit").

A. Zeller[3]) wollte die Wirkung einiger Stoffe (Kirschlorbeerwasser, Opiumextract, Bilsenkrautextract, Kampfer etc.) auf das Pflanzenleben kennen lernen. Unter Anderm stellte er Zweige oder Blätter verschiedener Pflanzen *(Sambucus nigra, Aspidium filix mas, Allium oleraceum, Avena sativa, Euphorbia helioscopia)* mit der Schnittfläche in Kampferwasser. Nach vier Tagen zeigten die Blätter von *Sambucus* und *Aspidium* braune Flecken; nach sieben Tagen waren die Versuchspflanzen theils welk, theils vertrocknet. Dem Autor gelang es nicht, die von Bernhardi behauptete Wirkung des Kampfers auf Blüthen zu bestätigen, wohl aber beobachtete er einmal bei einem *Mimosa*-Zweig, dessen zusammengefaltete Blättchen sich im Wasser nicht öffneten, ein Wiederausbreiten im Kampferwasser.

Die ersten und letzten genaueren Untersuchungen über die Wirkung des Kampfers auf den pflanzlichen Organismus wurden von Göppert[4]) veröffentlicht. Die gewonnenen Resultate waren in nuce folgende: *a)* Auf die auf

[1]) Philos. Transact. soc. Philadelphia, vol. IV, 1798.

[2]) Similitudines quaedam inter regnum animale et vegetabile etc. l. c. 3. Bd, 1805, 3. St., p. 447.

[3]) Unters. über die Einwirkung verschiedener Stoffe des organ. und unorgan. Reiches auf das Leben der Pflanzen. Inaug.-Diss. (Präsidium Schübler), Tübingen, 1826.

[4]) Ueber die Einwirkung der Blausäure und des Kampfers auf die Pflanzen. Pogg. Ann., 14. Bd. (der ganzen Folge 90. Bd.), 1828, p. 243 ff.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

der niedrigsten Stufe der Vegetation stehenden Pflanzen wirkt der Kampfer gleich der Blausäure nicht schädlich. „Schimmelbildung findet in mit Kampferdunst erfüllten Gläsern statt.“[1]) *b)* „Wenn abgeschnittene Theile der Pflanzen in Kampferlösung gebracht wurden, so begannen die Stengel nach dem Verlauf der Gefässe braun zu werden, ihr voriges Volum verminderte sich, endlich vertrockneten sie wie die Blätter, bei denen diese Erscheinungen von den Blattrippen ausgingen.“ *c)* „Selbst in sehr stark verdünnten Kampferlösungen starben Pflanzenstengel von zarter Structur.“ *d)* „Mit Wurzeln versehene Pflanzen starben später als abgeschnittene Stengel derselben Art.“ *e)* „Ungemein schnell wirke die Ausdünstung des Kampfers.“ Alle Pflanzen wurden in kurzer Zeit getödtet, indem Stengel und Blätter sich bräunten und vertrockneten. *f)* Auch viele Blüthenfarben wurden durch Kampferdunst zerstört. Die meisten blauen und rothen Blüthen wurden weiss oder schmutzigbraun, wogegen sich die weissen und gelben Farben, namentlich bei den Compositen, unverändert erhielten. *g)* „Vergebliche Mühe war es, welke Pflanzen in Kampferdunst wieder zu beleben; in Kampferwasser dagegen erholten sich solche Pflanzen für einige Zeit und starben dann ab.“ *h)* Samen von *Lepidium sativum* und *Avena sativa* keimten nach viermonatlichem Liegen in Kampferdunst. — Schon früher hatte Göppert[2]) Versuche angestellt, um die Wirkung verschiedener Stoffe (Blausäure, Weingeist, Aetzammoniak, ätherische Oele etc.) auf die Pflanze kennen zu lernen, und fand ähnliche Erscheinungen: die grünen Theile wurden missfarbig und schrumpften; dieser Zustand trat aber verhältnissmässig langsam und nicht überall gleichzeitig auf, so dass häufig der obere Theil des Sprosses noch ein ganz normales Aussehen hatte, während der untere Theil bereits zerstört war. Auf Grund dieser Ergebnisse kam Göppert zu der Ansicht, dass der Kampfer nicht stimulirend, sondern tödtlich wirke, dass aber lebende Pflanzen den wässerigen Lösungen des Kampfers etc. anfangs das Wasser zu entziehen im Stande sind und erst später den schädlichen Stoff aufnehmen.

Vogel,[3]) der im Jahre 1873 eine die Einwirkung des Kampfers auf die Pflanze betreffende Abhandlung veröffentlichte, kannte die Göppert'schen Schriften nicht. Ihm war blos die Beobachtung von Barton aus einer Anmerkung in Runge's Grundriss der Chemie (I, p. 235) bekannt. Vogel beschreibt nur zwei Versuche. 1. Ein blühender Syringazweig wurde in Brunnenwasser, ein anderer, gleich entwickelter in Kampferwasser gestellt. Nach zwölf Stunden war der erstere dem Verwelken nahe, während der andere erst am dritten

[1]) Ich will hier bemerken, dass in einer gut verkorkten Flasche, in welcher ich filtrirtes Kampferwasser reservirt hatte, ein Pilzmycelium auftrat, welches weisse, flockige Massen bildete und in der wässerigen Kampferlösung (die nicht weiter benützt wurde) monatelang vegetirte. Als ich es schliesslich auf feuchtes Brod aussäte, entwickelte es in einigen Tagen Lufthyphen, die massenhaft länglichrunde Conidien erzeugten.

[2]) De acidi hydrocyanici vi in plantas commentatio Vratislaviae 1827. (Habilitationsschrift des Verf.)

[3]) Ueber das Verhältniss der Camphergruppe zum Pflanzenleben. Sitzb. der math.-naturw. Cl. der bair. Akad. der Wissensch. München, III. Bd., 1873, p. 213.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Tage zu welken begann. 2. Ein blühender Syringazweig, „der schon dem völligen Absterben nahe stand", wurde in Kampferwasser gebracht. „Alsbald trat eine unverkennbare Erholung, eine deutlich sichtbare Erhebung des Zweiges ein, welche einige Zeit andauerte."

Diese beiden Versuche lehren jedoch nichts. Denn bei dem ersten, den der Verfasser als „einen der gelungensten" bezeichnet, ist es auffallend, dass der im Brunnenwasser stehende Syringaspross schon nach zwölf Stunden dem Verwelken nahe war, da sich Syringazweige im frischen Brunnenwasser bekanntlich mehrere Tage vollkommen turgescent erhalten können. Der zweite Versuch enthält aber deshalb keine Beweiskraft, weil der Parallelversuch mit (destillirtem) Wasser fehlte. Vogel spricht dann noch von einer grösseren Versuchsreihe, die er mit „Frühlingsblumen" angestellt hat; welche Erscheinungen, Veränderungen und dergleichen das Kampferwasser an jenen „Frühlingsblumen" hervorgebracht hat, hat er leider anzugeben vergessen. — Der zweite Theil der Vogel'schen Arbeit handelt von der Wirkung des Kampfers auf den Keimvorgang; darüber werde ich aber erst zum Schlusse (vergl. Anhang) sprechen.

Auf Anregung von Göppert unternahm es Convenz,[1]) „die Einwirkung des Kampfers auf das Pflanzenleben" mikroskopisch zu prüfen. Zu den Versuchen diente *Cladophora fracta* Kützg. Im Kampferwasser trat nach fünf Stunden eine Bräunung und Contrahirung des Plasmas ein. Wurde die Alge dann in destillirtes Wasser gebracht, so trat stets eine vollständige Desorganisation des Plasmas ein. Bei einem anderen Versuche wurden Cladophorafäden in einer zehnprocentigen Lösung von Kaliumnitrat plasmolysirt und hierauf nach Abtrocknung in Kampferwasser eingelegt. „Sofort dehnte sich das Plasma vollkommen aus und behielt sein frisches Aussehen eine bis zwei Stunden, dann erst machte sich die tödtliche Wirkung des Kampfers geltend." Auf Grund dieser Ergebnisse kommt Convenz zu derselben Ansicht wie Göppert. Der Kampfer wirkt auf die Pflanzenzellen tödtend ein. „In wässerigen Lösungen befinden sich die Vegetabilien eine Zeit lang völlig frisch und gesund; erst später nehmen sie das Gift auf. Jene Erscheinung beruht auf der Fähigkeit des Protoplasmas, den betreffenden Flüssigkeiten Wasser zu entziehen."

Aufmerksam gemacht durch die Resultate von Vogel, machte Darwin Versuche, um zu ermitteln, „ob Kampfer die Blätter der *Drosera* für mechanische Reize empfindlicher machen würde, als sie vorher waren". Während Blätter, die fünf bis sechs Minuten lang in destillirtem Wasser belassen waren, keine Bewegung der Tentakeln zeigten, nachdem sie zwei- bis dreimal mit einem weichen Pinsel gestrichen wurden, begann bei anderen Blättern, welche drei bis fünf Minuten in Kampferwasser eingetaucht waren und hierauf mit demselben Pinsel nur einmal gestrichen wurden, die Einbiegung meist schon nach zwei bis zweieinhalb Minuten und war nach zwei bis sechs Minuten deutlich ausgesprochen. Bei Blättern, welche in der Kampferlösung blieben, ohne bepinselt zu werden, begannen sich die Tentakeln nach eilf bis zwanzig Minuten einzu-

[1]) Ueber das Verhältniss der Kampfergruppe etc. Bot. Ztg. 1874, p. 401.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

biegen. Auf Grund dieser und anderer Ergebnisse sagt Darwin: „Wir können wohl schliessen, dass eine kleine Dosis Kampfer in Lösung ein kräftiges Reizmittel für *Drosera* ist.“ — „Kampferdämpfe wirken andererseits narkotisch.“ [1]) Ich erwähnte diese Stelle aus Darwin's Werken nur der Vollständigkeit der Literaturangabe wegen; auf die Versuche selbst und die (vitalistischen) Schlussfolgerungen aus denselben werde ich in meiner Abhandlung nicht wieder zurückkommen.

Ueber die ausserordentliche Empfindlichkeit von Keimwurzeln für Kampfer gibt Molisch[2]) ein Beispiel in seiner jüngst erschienenen Abhandlung über den Aërotropismus der Wurzeln. Ein paar Tropfen Kampferwasser (die beiläufig 0·0001—0·0002 Gramm Kampfer enthalten) in einem Gefässe von 700 cm.^{3} Inhalt bewirkten eine deutliche Wegkrümmung von Maiswurzeln.

Andere den Gegenstand betreffende Schriften als die eben referirten sind mir nicht bekannt geworden.

III. Eigene Untersuchungen.

1. Wirkung des Kampferwassers auf welke Pflanzentheile.

Abgeschnittene, beblätterte Zweige (in einigen Fällen auch einzelne Blätter) wurden welken gelassen; hierauf wurden aus den vorliegenden Exemplaren diejenigen ausgewählt, welche anscheinend denselben Grad des Welkzustandes zeigten, und nach Herstellung einer frischen Schnittfläche mit letzterer in destillirtes Wasser (DW.[3]), beziehungsweise in Kampferwasser (KW.[4]) gestellt. Es wurde sowohl bei diesen wie bei allen anderen Versuchen dafür gesorgt, dass die Vergleichspflanzen unter sonst gleichen äusseren Bedingungen sich befanden. In der Regel begannen die im KW. stehenden Zweige ihre Blätter und Sprossgipfel früher aufzurichten und aufzufrischen, so dass sie nach einer bestimmten Zeit den vollen Turgor erlangt hatten, während die im DW. stehenden Pflanzen noch einen gewissen Grad der Welkheit zeigten. Nicht selten war der Unterschied ein auffallender. Manchmal erholten sich jedoch die Vergleichspflanzen fast gleichzeitig, in einzelnen Fällen die im DW. oder BW. befindlichen sogar früher und besser als die im KW. Endlich kam es auch vor, dass beide Zweige welk blieben oder noch welker wurden.

Diese Ausnahmsfälle lassen sich leicht erklären. Sinkt der Wassergehalt einer Pflanze, eines Sprosses, Blattes etc. unter ein bestimmtes Minimum, so

[1]) Gesammelte Werke. Aus dem Englischen übersetzt von J. V. Carus, VIII. Bd. Insectenfressende Pflanzen, p. 188 ff.

[2]) Ueber die Ablenkung der Wurzeln durch Gase (Aërotropismus). Sitzber. d. kais. Akad. d. Wissensch. Wien, XC. Bd., 1884.

[3]) Bei einer Anzahl von Versuchen, die ich während meines Landaufenthaltes in Langenzersdorf bei Wien ausführte, verwendete ich weiches Brunnenwasser, weil mir destillirtes Wasser nicht zur Verfügung stand. — Da sich im Folgenden die Ausdrücke: destillirtes Wasser, Brunnenwasser, Kampferwasser sehr oft wiederholen, so werde ich mich zur Abkürzung der Schreibung der Abbreviaturen: DW., BW., KW. bedienen.

[4]) Kampferwasser bereitete ich mir in folgender Weise: Eine Literflasche wurde mit destillirtem Wasser gefüllt, ein Stück zerriebenen Kampfers zugesetzt, das Ganze durch einige Tage öfters kräftig geschüttelt und schliesslich filtrirt. 1000 Theile Wasser lösen einen Theil Kampfer.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

reichen dann die in der Pflanze wirksamen Kräfte nicht mehr aus, um das dargebotene Wasser (oder eine andere Flüssigkeit) zu heben und gehörig zu vertheilen. Wie gross aber der Verlust des normalen Wassergehaltes bei einem lebenden Pflanzentheil sein kann, ohne dass letzterer die Fähigkeit verliert, denselben durch Aufnahme von später dargebotenem Wasser wieder zu ersetzen, dies ist für verschiedene Pflanzenarten ausserordentlich verschieden und müsste für eine jede im gegebenen Falle erst festgestellt werden. Zweitens wirkt das KW. nicht auf alle Pflanzen in gleicher Weise ein. Wie aus dem im dritten Capitel (Wirkung des KW. bei längerer Einwirkung etc.) Mitgetheilten ersichtlich ist, zeigen sich die durch die Kampferaufnahme veranlassten pathologischen Erscheinungen bei vielen Pflanzenarten nach zwei bis vier Tagen, während bei anderen selbst nach zehn bis zwölf Tagen kaum etwas zu bemerken ist. Drittens muss, wie bei allen physiologischen Experimenten, auch die individuelle Verschiedenheit berücksichtigt werden. Man kann sich leicht davon überzeugen, dass zwei gleichentwickelte und gleichschwere Pflanzen derselben Art, unter gleichen Bedingungen welkend, in gleicher Zeit ungleiche Wassermengen verlieren, und ebenso wieder gleiche Verluste nicht in der gleichen Zeit ersetzen. Diese und andere Umstände erklären jene Ausnahmsfälle von der Regel, dass sich welke Laubsprosse in Kampferwasser früher oder besser erholen als im destillirten Wasser.

Um den Einfluss von KW. auf welke Pflanzentheile ziffermässig festzustellen, habe ich eine Reihe von Wassergehaltsbestimmungen gemacht, von denen ich hier einige im Auszuge mittheile.

Bei der ersten Versuchsreihe wurden die Pflanzen entweder gleich gewogen, oder, wenn dies nicht möglich war, einstweilen im dunstgesättigten Raum belassen. Hierauf wurden sie welken gelassen und nach Bestimmung des Gewichtsverlustes mit der Schnittfläche in DW., beziehungsweise KW. gestellt und, um die Transpiration auszuschliessen, unter eine mit Wasser abgesperrte Glasglocke gebracht. Der absolut feuchte Raum wurde mittelst eines Psychrometers constatirt. Die von Zeit zu Zeit (möglichst schnell) vorgenommenen Wägungen ergaben die Verminderung des Wasserverlustes, respective die Vermehrung des Wassergehaltes in Folge der Wasseraufnahme. Die gewonnenen Zahlen wurden auf Procente des ursprünglichen Frischgewichtes umgerechnet. Da während des Welkens die ursprüngliche Schnittfläche häufig stark eintrocknete (schrumpfte), so wurde vor dem Eintauchen in DW. und KW. eine neue hergestellt und der Gewichtsverlust in Rechnung gebracht.

1. Versuch. Zwei Laubsprosse von *Chenopodium album*. Der Wasserverlust betrug in Procenten des ursprünglichen Frischgewichtes:

Nach sechsstündigem Welken	$A = 21{\cdot}72$[1])		$B = 19{\cdot}29$	
„ einstündiger Wasseraufnahme	DW. = 16·82		KW. = 6·78	
„ zweistündiger „	DW. = 14·13		KW. = 2·45	

[1]) Der Zweig *A* wurde nach dem Welken in DW., der Zweig *B* in KW. gestellt.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Der durch das Welken herbeigeführte Wasserverlust hatte sich demnach vermindert um Procent:

Nach einer Stunde . . . . . DW. = 4·90 KW. = 12·51
„ zwei Stunden . . . . . DW. = 7·59 KW. = 16·84

Die im KW. stehende Pflanze hatte fast den vollen Turgor erreicht, die im DW. blieb noch ziemlich welk.

2. Versuch. Zwei Laubsprosse von *Cornus alba*. Der Wasserverlust betrug in Procenten des Frischgewichtes:

Nach vierstündigem Welken . . . . . *A* = 17·32 *B* = 20·12
„ einstündiger Wasseraufnahme . . . . DW. = 14·23 KW. = 15·37
„ zweistündiger „ . . . . DW. = 12·34 KW. = 12·17

Der Wasserverlust hatte sich demnach vermindert:

Nach einer Stunde . . . . . DW. = 3·09 KW. = 4·75
„ zwei Stunden . . . . . DW. = 4·98 KW. = 7·95

Die im KW. stehende Pflanze hatte ein frischeres Aussehen als die im DW. befindliche.

3. Versuch. Zwei Laubsprosse von *Solanum nigrum*. Der procentische Wasserverlust betrug:

Nach zweistündigem Welken . . . . . *A* = 12·9 *B* = 12·2
„ 1·5stündiger Wasseraufnahme . . . . DW. = 5·6 KW. = 3·0
daher Gewinn an Wasser . . . . . DW. = 7·3 KW = 9·2

Im Aussehen der beiden Pflanzen war kein grosser Unterschied bemerkbar.

4. Versuch. Zwei grosse Blätter von *Convolvulus sepium*. Der procentische Wasserverlust betrug:

Nach 1·5stündigem Welken . . . . . *A* = 10·2 *B* = 11·8
„ 45 Minuten Wasseraufnahme . . . . DW. = 6·4 KW. = 0·2
daher Gewinn an Wasser . . . . . DW. = 3·8 KW. = 11·6

Das in DW. stehende Blatt war noch ziemlich welk, das in KW. ganz turgescent.

5. Versuch. Zwei grössere Blätter von *Phaseolus multiflorus*. Der procentische Wasserverlust betrug:

Nach 45 Minuten Welken . . . . . *A* = 14·3 *B* = 15·8
„ 60 „ Wasseraufnahme . . . . DW. = 12·4 KW. = 12·5
daher Gewinn an Wasser . . . . . DW. = 1·9 KW. = 3·3

Bei einer anderen Versuchsreihe wurde durch Ermittlung der Trockensubstanz der jeweilige Wassergehalt direct bestimmt.

6. Versuch. Zwei Laubsprosse von *Solanum nigrum*. Der Wassergehalt betrug in Procenten des anfänglichen Frischgewichtes:

Nach zweistündigem Welken . . . . . *A* = 86·91 *B* = 86·66
„ 30 Minuten Wasseraufnahme . . . . DW. = 87·44 KW. = 87·45
„ 60 „ „ . . . . DW. = 87·68 KW. = 87·59
„ 90 „ „ . . . . DW. = 87·82 KW. = 87·74

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Die procentische Zunahme des Wassergehaltes betrug daher:

Nach 30 Minuten	DW. = 0·53	KW. = 0·79
„ 60 „	DW. = 0·77	KW. = 0·93
„ 90 „	DW. = 0·91	KW. = 1·08

Beide Pflanzen zeigten anscheinend denselben frischen Zustand.

7. Versuch. Zwei Blätter von *Morus alba*. Der Wassergehalt betrug:

Nach circa fünfstündigem Welken . . .	A = 73·45	B = 74·38
„ 15 Minuten Wasseraufnahme	DW. = 73·89	KW. = 75·83
„ 30 „ „	DW. = 74·35	KW. = 76·25

daher die procentische Zunahme des Wassergehaltes:

Nach 15 Minuten	DW. = 0·44	KW. = 1·45
„ 30 „	DW. = 0·90	KW. = 1·87

Das im KW. stehende Blatt hatte ein frischeres Aussehen.

8. Versuch. Zwei grosse Blätter von *Sambucus nigra*. Der Wassergehalt betrug:

Nach dreistündigem Welken	A = 79·91	B = 78·96
„ 30 Minuten Wasseraufnahme	DW. = 80·20	KW. = 79·74
„ 60 „ „	DW. = 80·22	KW. = 79·94
„ 240 „ „	DW. = 80·47	KW. = 82·13

daher die Zunahme des Wassergehaltes:

Nach 30 Minuten	DW. = 0·29	KW. = 0·78
„ 60 „	DW. = 0·31	KW. = 0·98
„ 240 „	DW. = 0·56	KW. = 3·17

Das im DW. stehende Blatt war fast noch so welk wie anfangs, das andere (KW.) zeigte ein ganz turgorstarkes Aussehen.

Ausser mit den genannten Pflanzen wurden noch derartige Versuche gemacht mit *Aristolochia, Lycium, Populus, Catalpa, Philadelphus, Spiraea, Erigeron* u. A. Mit Ausnahme von etwa zwei Fällen war stets die Wasseraufnahme im KW. eine raschere und bessere als im DW.

In einer 3. Versuchsreihe wurden je zwei welke Pflanzen derselben Art des Abends in DW., beziehungsweise KW., gestellt. Transpiration war hiebei nicht ausgeschlossen. Bei einigen, bei denen sich am folgenden Morgen ein auffallender Unterschied zeigte, wurde eine Wassergehaltsbestimmung gemacht. Beispielsweise betrug der Wassergehalt nach vierzehnstündigem Verweilen in den betreffenden Flüssigkeiten:

Broussonetia papyrifera	DW. = 53·1	KW. = 70·9
Cercis Siliquastrum	DW. = 43·7	KW. = 68·7
Syringa persicifolia	DW. = 52·4	KW. = 74·0

Aus diesen Zahlen ergibt sich von selbst der Unterschied im Aussehen der genannten Vergleichspflanzen.

2. Einfluss des Kampferwassers auf die Transpiration.

Es wurde schon in der Einleitung erwähnt, dass Versuche, die ich vor längerer Zeit anstellte, lehrten, dass Kampferwasser die Transpiration

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

beschleunigt. Die folgende Tabelle enthält die Zusammenstellung der Ergebnisse jener Versuche.

9.—14. Versuch. Die in der letzten Verticalreihe stehenden Zahlen sind bei den Versuchen 9.—12. auf das Lebendgewicht, bei Versuchen 13.—14. auf die Trockensubstanz der transpirirenden Theile umgerechnet. Die Versuche wurden im Mai 1876 ausgeführt. Die Temperatur schwankte zwischen 16—18·8° C.

Versuchspflanze	Versuchs-Dauer in Stunden	Verhältniss der absoluten Transpir.-Grösse DW. : KW.	Verhältn. d. Transpir.-Grösse von DW. : KW., bezogen auf gleiche Einheit
9. Junge Maispflanzen	60	100 : 120·9	100 : 170·9
10. Laubspr. v. *Viburnum Lanthana*	15	100 : 118·3	100 : 109·2
11. „ „ *Tilia grandifolia* . .	17	100 : 152·7	100 : 135·0
12. „ „ *Buxus sempervirens* .	77	100 : 177·3	100 : 184·7
13. „ „ *Syringa persicifolia* .	24	100 : 108·4	100 : 133·3
14. „ „ *Syringa persicifolia* .	4	100 : 144·4	100 : 135·5

Im Juli 1884 stellte ich neue Versuche an. Um das Transpirationsverhältniss DW. : KW. genauer kennen zu lernen, constatirte ich zuerst die relative Transpirationsgrösse der beiden Versuchspflanzen im DW. und hierauf das Verhältniss DW. : KW. Zu diesem Zwecke liess ich die Vergleichspflanzen durch mehrere Stunden im destillirten Wasser stehen, bestimmte die Transpiration während dieser Zeit, übertrug dann die eine der beiden Pflanzen in Kampferwasser und bestimmte neuerdings die Transpiration. Um nicht zu viel Zahlen bringen zu müssen, gebe ich in der folgenden Tabelle blos die Schlussresultate.

15.—25. Versuch.

Versuchspflanzen	Transp.-Verhältniss DW. : DW.	Transp.-Verhältniss DW. : KW.
Philadelphus coron.	100 : 79·3	100 : 83·4
Philadelphus coron.	100 : 94·5	100 : 100·6
Ligustrum vulgare	100 : 49·8	100 : 62·2
Spiraea spec.	100 : 107·1	100 : 119·3
Spiraea spec.	100 : 94·2	100 : 97·3
Physalis Alkekengi	100 : 83·1	100 : 98·5
Physalis Alkekengi	100 : 152·6	100 : 163·6
Artemisia vulgaris	100 : 100·0	100 : 109·6
Erigeron canadense	100 : 56·2	100 : 89·0
Aristolochia Clemat.	100 : 91·9	100 : 75·5
Cornus alba	100 : 137·9	100 : 123·7

Es ergaben also auch diese Versuche (mit Ausnahme zweier Fälle, *Aristolochia* und *Cornus*), dass KW. eine stärkere Transpiration hervorruft als DW.

Da nun, wie im ersten Capitel auseinandergesetzt wurde, welke Pflanzen den normalen Turgorzustand im KW. in der Regel früher erreichen als im DW.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

oder im BW., da ferner frische Laubsprosse im KW. trotz der stärkeren Transpiration ein ebenso frisches oder noch besseres Aussehen während einer gewissen Zeit behalten als im DW. oder BW., so muss das KW. überhaupt eine lebhaftere Wasserbewegung in der Pflanze hervorrufen. Darauf reducirt und so erklärt sich die „stimulirende Wirkung" des Kampfers, wie sie Barton, Bernhardi und in neuerer Zeit auch Vogel (in München) angenommen haben.

Die mitgetheilten physiologischen Wirkungen des Kampferwassers, eine raschere Wasserbewegung in der Pflanze zu veranlassen, dauern jedoch meistens nur zwei bis mehrere Tage. Dann beginnen sich pathologische Wirkungen einzustellen, worüber ich im folgenden Capitel spreche.

3. Einfluss des Kampferwassers auf Laubsprosse bei längerer Einwirkung.

Wie schon in der Literaturübersicht bemerkt wurde, hatten sowohl Zeller als Göppert constatirt, dass die Pflanzen bei länger andauernder Aufsaugung von Kampferwasser erkranken und absterben. Die Symptome der Krankheit äussern sich, wie Göppert angibt, darin, dass die Stengel und Blattstiele sich bräunen und einschrumpfen, die Blätter gleichfalls „nach dem Verlauf der Gefässe" braunfleckig werden. Gleichzeitig verlieren die inficirten Theile den „turgor vitalis", sie verwelken und vertrocknen. Diese pathologischen Erscheinungen verbreiteten sich, wie Göppert weiter angibt, von unten nach oben, „und immer konnte man wahrnehmen, dass mit dem Beginn des Todes nicht ein allgemein kränklicher Zustand der Pflanze eintrat, sondern die oberhalb der vergifteten Stelle befindlichen Theile ihre völlige Integrität bewahrten".

Nach zahlreichen eigenen Beobachtungen kann ich die Angaben Göppert's fast vollinhaltlich bestätigen. Da sich jedoch bei den einzelnen Pflanzenarten manche Verschiedenheiten zeigten und Göppert diesbezüglich keine speciellen Mittheilungen publicirt hat, so will ich die Erscheinungen der „Kampferkrankheit" bei einer Anzahl von Pflanzen skizziren. Ich habe gegen 200 Laubsprosse, die sich auf fünfunddreissig Arten vertheilen, der Beobachtung unterzogen. Die betreffenden Sprosse standen mit dem unteren, blattfreien Ende in filtrirtem Kampferwasser, welches, um es rein zu erhalten, nach je ein bis zwei Tagen erneuert wurde. Behufs besserer Aufsaugung wurde die eintauchende Schnittfläche der Zweige nach je zwei bis drei Tagen durch eine frische ersetzt. Die Versuchspflanzen standen im diffusen Lichte.

Syringa vulgaris (acht- bis zehnblättrige Zweige). Nach drei Tagen (24 × 3 Stunden) beginnt sich das Mesophyll[1]) am untersten Blattpaar zu beiden Seiten des Hauptnervs zu bräunen; nach vier Tagen ist die Bräunung

[1]) Ich bediene mich hier dieses Wortes nur der Kürze des Ausdruckes wegen und meine darunter die Gewebe der Lamina mit Ausnahme und zum Unterschiede von der Nervatur.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

bis zur halben Blatthöhe vorgeschritten, gleichzeitig beginnt das nächste, höher inserirte Blattpaar sich in derselben Weise zu verfärben. Nach fünf Tagen ist das Mesophyll der drei untersten Blattpaare bis zur Hälfte oder Dreiviertel der Blatthöhe zu beiden Seiten des Hauptnervs inficirt. Später setzt sich die Bräunung auch in der Richtung der Seitennerven fort, die Blattstiele werden missfärbig, die Blätter welken und fallen ab; an den oberen Blättern ist keine Braunfärbung sichtbar.

Evonymus europaeus (zehn- bis zwölfblätterige Zweige). Nach drei bis fünf Tagen sind zu beiden Seiten des Hauptnervs im Mesophyll Flecken sichtbar, die im reflectirten Lichte schwarz, im transmittirten Lichte lichtgrün erscheinen. Nach sechs bis neun Tagen ist die Bräunung längs des Hauptnervs und der Seitennerven bis zur Hälfte oder Dreiviertel der Blatthöhe vorgeschritten. Allmälig beginnen die Blätter zu vergilben und zu vertrocknen.

Cornus alba. Nach zwei Tagen Beginn der Braunfärbung am Blattgrund. Nach drei Tagen ist das Mesophyll der unteren Blätter längs des Hauptnervs und der primären Seitennerven braun bis zu einem Drittel oder zur Hälfte der Blattlänge; Blattstiele und inficirte Blätter ohne Turgor. Nach fünf Tagen fast alle Blätter auf weite Strecken in der Länge und Breite verfärbt und verwelkt.

Ligustrum vulgare. Nach vier bis fünf Tagen Beginn der Bräunung des Mesophylls an der Basis einzelner Blätter; Blattstiele geschrumpft. Nach sieben Tagen Bräunung bis zur halben Blatthöhe vorgeschritten; ausserdem auch an anderen Stellen der Lamina braune Flecken. Blätter welk.

Betula alba. Nach drei Tagen alle Nerven braun. Nach fünf Tagen auch das Mesophyll längs der Gefässbündel braun, sowie braune Flecken in der ganzen Lamina der vertrockneten Blätter.

Crataegus oxyacantha. Nach einem Tage alle Nerven gebräunt. Nach zwei Tagen starke Bräunung der Blattstiele. Nach fünf Tagen auch das Mesophyll der bereits ziemlich vertrockneten Blätter braun.

Acer campestre. Nach sieben Tagen treten an einzelnen Blättern grössere oder kleinere lichtbraune Flecken auf. Nach acht Tagen Blattnerven gebräunt, Blattstiele schlaff, Lamina vertrocknet.

Clematis Vitalba. Nach drei bis vier Tagen Braunfärbung der Nerven; nach sieben Tagen im Mesophyll licht- und dunkelbraune Flecken; Blattstiele geschrumpft.

Rubus Idaeus (vier- bis fünfblätterige Zweige). Nach zwei Tagen hie und da eine leichte Bräunung am Grunde der Hauptnerven bemerkbar. Nach drei Tagen Hauptnerven bis zur Hälfte oder Dreiviertel der Länge gebräunt. Ebenso der Stengel und die Blattstiele braun. Nach vier Tagen beginnen sich die primären Seitennerven zu verfärben, die Blätter sind (vielleicht mit Ausnahme des jüngsten) turgescent. Nach sechs Tagen geht die Bräunung auf die secundären Seitennerven über, und es beginnen die Blätter bald zu welken.

Vitis vinifera. Nach zwei Tagen ist das in KW. eintauchende Stengelstück weich. Nach drei bis vier Tagen beginnt sich die Verbindung zwischen

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Stengel und Blattstiel einerseits, Blattstiel und Lamina anderseits zu lockern und nach fünf bis sieben Tagen fallen die Blätter ab. Die Lamina vergilbt in der Regel ein wenig, ohne braunfleckig zu werden; in einzelnen Fällen treten braune Flecken in den Nervenwinkeln oder im ganzen Blatte zerstreut auf, oder es verfärben sich die Nerven sammt dem angrenzenden Mesophyll.

Leonurus cardiaca. Nach zwei Tagen treten an den unteren Blättern lichtbraune Flecken auf, die sich bis zum folgenden Tage über die ganze Lamina ausbreiten. Nach fünf Tagen sind fast alle Blätter infiltrirt und welk.

Ballota nigra. Nach drei Tagen lichtbraune Flecken im Mesophyll zerstreut; nach fünf Tagen sind die angegriffenen Blätter ganz inficirt.

Erigeron canadense. Nach zwei bis drei Tagen sind die Blätter voll brauner Flecken.

Rhus Cotinus. Nach zehn bis zwölf Tagen ganz leichte Bräunung der Hauptnerven an den bereits zu welken beginnenden Blättern.

Symphoricarpus racemosus. Nach zehn bis zwölf Tagen sind die Blätter etwas vergilbt und lösen sich leicht ab. Von der charakteristischen Bräunung ist nichts zu bemerken.

Aus den mitgetheilten Beispielen ist ersichtlich, dass die makroskopisch sichtbare schädliche Wirkung des Kampfers bei den einzelnen Pflanzenarten ungleichzeitig und ungleichartig auftritt. Bei den meisten Arten sind die Symptome der Kampfererkrankung nach drei Tagen deutlich sichtbar. Bei anderen (Ribes, Rhus, Aristolochia) dauert es meist eine Woche oder noch länger, ehe eine pathologische, auf die Kampferwirkung zurückzuführende Veränderung zu bemerken ist. — Entweder sind es zuerst die Nerven, welche braungefärbt erscheinen (Corylus, Betula, Ulmus, Rubus, Crataegus), während das Grundgewebe sich später local verfärbt oder auch nicht, wenn nämlich die Blätter bald vertrocknen, oder es bräunt sich zuerst das grüne Blattparenchym längs der Nerven (Syringa Cornus, Euvonymus etc.). Hiebei treten nicht selten zuerst locale grüne Flecken auf, die sich in der Farbe von dem Normalgrün des Blattes deutlich unterscheiden, und erst später sind lichtbraune, dunkelbraune oder fast schwarz aussehende Flecken oder Streifen sichtbar. Bei krautigen Sprossen werden die eintauchenden Stengeltheile weich und missfärbig. Steigt das KW. rasch auf, so erscheinen häufig locale Braunfärbungen an den Blättern; steigt es langsam auf, so wird der Stengel bis zu einer gewissen Höhe desorganisirt, die durch eine eingeknickte (eingeschrumpfte) Stelle kenntlich ist. Die oberhalb dieser Stelle befindlichen Sprosstheile erhalten sich noch eine Zeit lang grün und frisch, um endlich zu verwelken oder zu vertrocknen.

Die Angabe von Göppert, dass „mit dem Beginn des Todes nicht ein allgemein kränklicher Zustand der Pflanzen eintrat, sondern die oberhalb der vergifteten Stelle befindlichen Theile ihre völlige Integrität bewahrten", ist nach meinen Beobachtungen im Allgemeinen richtig, indem häufig die oberen Theile der in KW. tauchenden Sprosse intact bleiben. Es kommt aber auch vor, dass zuerst der Sprossgipfel sich bräunt und abstirbt oder dass das unterste Blattpaar intact bleibt, oder dass bei einem reicher verzweigten Spross die

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

locale Verfärbung an verschiedenen Stellen (Blättern) sichtbar ist, während andere dazwischen liegende Theile (Blätter) sich durch eine bald kürzere, bald längere Zeit grün und turgescent erhalten. Ich führe hier nur ein paar Beobachtungen an:

Achtblätteriger Spross von *Cornus alba*. Nach sechs Tagen waren sechs Blätter stark gebräunt und nahezu vertrocknet, das oberste Blattpaar normal grün und frisch.

Sechsblätteriger Spross von *Cornus alba*. Nach fünf Tagen waren fünf Blätter stark injicirt, mit Ausnahme eines Blattes des untersten Paares, welches noch mehrere Tage vollkommen intact verblieb.

Zwölfblätteriger Spross von *Syringa vulgaris*. Nach vier Tagen die beiden untersten, nach fünf Tagen auch noch das nächste Blattpaar (dieses sehr schwach) am Hauptnerv gebräunt. An den drei obersten Blattpaaren war auch noch am neunten Tage, an welchem die Blätter abzufallen begannen, nichts zu bemerken.

Um auch die Wirkung verdünnter Kampferlösungen kennen zu lernen, liess ich in einer Reihe von Versuchen eine Lösung, welche die Zusammensetzung: 0·5 DW. + 0·5 KW. hatte, somit in 1000 Gramm nur 0·5 Gramm (0·05 Procent) Kampfer enthielt, aufsaugen. An den Versuchspflanzen waren dieselben Erscheinungen zu beobachten, wie bei Anwendung einer gesättigten (0·1 procentigen) Lösung, nur traten dieselben in der Regel schwächer und meist auch später auf.

In einer dritten Versuchsreihe wurde eine Lösung nach der Zusammensetzung 0·75 DW. + 0·25 KW. verwendet, die somit nur 0·025 Procent Kampfer enthielt. Die Symptome der Kampferwirkung traten noch später und noch schwächer auf; in einzelnen Fällen war selbst nach tagelanger Aufnahme der Flüssigkeit ein schädlicher Einfluss nicht zu bemerken.

Legt man abgeschnittene, frische Blätter mit der Ober- oder Unterseite (natürlich mit Ausschluss des Blattstieles) auf Kampferwasser, so treten nach einigen Tagen gleichfalls die charakteristischen localen Braunfärbungen auf; ein Beweis für die Aufnahme des Kampferwassers durch die Epidermis.[1])

Untersucht man solche braunfleckige Stellen unter dem Mikroskop, so bemerkt man eine Contraction des Plasma und Braunfärbung desselben, wie auch des Chlorophylls. Ebenso erscheinen die Membranen der Zellen und Gefässe je nach dem Zerstörungsgrade wenig oder sehr stark gebräunt.

4. Prüfung der Behauptung von Göppert, dass die Pflanze dem Kampferwasser zunächst das Wasser entzieht und erst später den Kampfer aufnimmt.

Wie schon in der historischen Uebersicht bemerkt wurde, hatte sich Göppert auf Grund seiner Beobachtung: dass welke Pflanzentheile sich im

[1]) Dass lebende Blätter die Fähigkeit haben, durch die unverletzte Epidermis Wasser und wässerige Salzlösungen aufzunehmen, ist eine lange bekannte Thatsache.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Kampferwasser erholen, eine Zeit lang ein vollkommen frisches Aussehen zeigen und erst später (nach einigen Tagen) erkranken und absterben, die Ansicht gebildet, dass die Pflanzen dem Kampferwasser (wie dem Alkohol, der Blausäure etc.) „zunächst das Wasser entziehen und erst später die wirksamen, dem Pflanzenleben so schädlichen Stoffe aufnehmen". Auch Convenz[1]) kommt zu dem Schluss: „In wässerigen Lösungen (Kampfer, Blausäure, Morphium) befinden sich die Vegetabilien (er untersuchte blos eine Alge) eine Zeit lang völlig gesund; erst später nehmen sie das Gift auf."

Diese Ansicht, dass eine in Kampferwasser stehende Pflanze, beziehungsweise ein Pflanzentheil zuerst nur reines Wasser und erst nach Verlauf von einem bis mehreren Tagen den Kampfer (oder eine andere in Lösung befindliche Substanz) aufnehmen sollte, scheint mir nach alledem, was wir über die Aufnahme anderer Flüssigkeiten durch die Pflanze wissen, nicht richtig oder jedenfalls sehr unwahrscheinlich zu sein. Ich glaube vielmehr, dass der Kampfer gleichzeitig mit dem Wasser aufgenommen wird, mit anderen Worten, dass vom Anfang bis zum Ende des Versuches Kampferwasser (in einem allerdings nicht bekannten Procentverhältniss) aufgenommen wird, dass sich jedoch die Kampfermoleküle (viel) langsamer als die Wassermoleküle bewegen und dass erst dann die schon bekannten pathologischen Kampferwirkungen makroskopisch sichtbar werden, wenn sich der Kampfer in grösserer Menge angehäuft hat. Daraus erklärt es sich dann leicht, dass die Pflanzen eine Zeit lang ein normales Aussehen behalten und erst nach mehreren Tagen die localen Bräunungen zeigen.

Hätten wir ein directes, empfindliches Reagens auf Kampfer, so wäre die Frage, ob, wohin und wie weit derselbe nach einer bestimmten Zeit in der Pflanze eingedrungen ist, leicht beantwortet. Da aber ein solches Reagens meines Wissens nicht existirt, so suchte ich die Richtigkeit meiner eben ausgesprochenen Ansicht auf anderen Wegen zu begründen.

Eine Reihe von Versuchen wurde in der Weise ausgeführt, dass ich in Luft abgeschnittene Zweige je nach der Species durch 12 bis 48 Stunden in KW. beliess, während welcher Zeit noch gar keine makroskopisch sichtbare Veränderung im Aussehen der betreffenden Sprosse zu bemerken war, und dieselben hierauf nach sorgfältiger Reinigung des in KW. eingetaucht gewesenen Stengelstückes und nach Herstellung einer neuen Schnittfläche in DW. oder BW. übertrug.

Das Resultat war, dass am folgenden oder an einem der späteren Tage sich dieselben pathologischen Erscheinungen zeigten (wenn auch manchmal, wie leicht begreiflich, in einem schwächeren Grade) wie bei jenen Vergleichspflanzen, die während der ganzen Versuchsdauer in Kampferwasser verblieben. — Ich will ein paar Versuche anführen:

---

[1]) l. c.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Syringa vulgaris. Achtblätteriger Spross. Nach achtundvierzigstündigem Verweilen in KW. in DW. übertragen. Blätter vollkommen intact. Am nächsten Tage bereits Bräunung des Mesophylls längs des Hauptnervs am untersten Blattpaar. Am zweitnächsten Tage sind die drei untersten Blattpaare bis zur halben Höhe stark gebräunt.

Syringa vulgaris. Achtblätteriger Spross. Nach zwölfstündigem Verweilen in KW. in BW. übertragen. Nach drei Tagen (vom Beginn an gerechnet) trat die charakteristische Bräunung am untersten Blattpaar, nach fünf Tagen auch (allerdings schwach) am zweiten und dritten Blattpaar auf. Obgleich also die „Kampfererkrankung" erst nach drei Tagen, das heisst am vierten Tage constatirt wurde, so musste doch der Kampfer schon im Laufe des ersten Tages aufgenommen worden sein.

Cornus alba. Sechsblätteriger Zweig. Achtundvierzig Stunden in KW., dann in DW. übertragen. Die Blätter noch vollständig intact aussehend. Am folgenden Tage trat Braunfärbung an den beiden unteren Blattpaaren auf; am nächstfolgenden Tage waren alle Blätter bis zur halben Höhe sehr stark gebräunt.

Cornus alba. Sechsblätteriger Zweig. Vierundzwanzig Stunden in KW., dann in DW. übertragen. Am vierten Tage alle Blätter bis zur halben Höhe braun gefärbt.

Cornus alba. Sechsblätteriger Zweig. Zwölf Stunden in KW., dann in DW. Nach drei Tagen traten kleine braune Flecken am Grunde einzelner Blätter auf, die sich nicht weiter verbreiteten.

Dahlia variabilis. Zwei Sprosse wurden nach vierundzwanzigstündigem Verweilen in KW. mit vollkommen grünen Blättern in BW. übertragen. Bei dem einen traten am nächsten, bei dem andern am zweitfolgenden (dritten) Tage schwarze Flecken oder Streifen längs der Nerven an einzelnen Stellen auf, die sich kaum weiter ausdehnten. Ein anderer, permanent in KW. stehender Vergleichszweig begann nach zwei Tagen den Turgor zu verlieren und nach drei Tagen zeigten die Blattspreiten ziemlich ausgebreitete Schwärzungen, die sich am vierten und fünften Tage noch weiter verbreiteten.

Aus diesen und anderen analogen Versuchsergebnissen folgt, dass der Kampfer früher in die Pflanze eintritt, bevor sein schädlicher Einfluss makroskopisch sichtbar wird.

Dass die Bräunung erst bei länger andauernder Einwirkung des Kampferwassers eintritt, lehrte auch die folgende von mir an Algen (*Cladophora* und *Spirogyra*) gemachte Beobachtung. In Kampferwasser liegend, zeigten diese Algen schon nach einer Stunde Quellung der Membran und schwache Contraction des Plasma. Aber erst nach etwa vierundzwanzigstündigem Verweilen im KW. war eine leichte Verfärbung bemerkbar, die sich erst durch den Vergleich mit frischem Material constatiren liess. Nach drei bis vier Tagen hatten die Algen eine grünlichbraune Farbe angenommen.

Bei einer zweiten Versuchsreihe wurden Sprosse verschiedener Pflanzen (*Syringa, Rubus, Prunus, Corylus*) in der Luft, andere unter Kampfer-

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

wasser abgeschnitten und in demselben belassen. Es traten nun in beiden Fällen die gleichen Verfärbungen in derselben Zeit (bei den unter KW. abgeschnittenen nicht früher!) auf.[1])

Es wurden ferner Sprosse unter KW. abgeschnitten und nach einigen Minuten in BW. übertragen. Bei dieser Versuchsanstellung war auch nach einer Woche von den bekannten Braunfärbungen nichts zu bemerken. Da nun in diesem Falle die Gefässe mit KW. injicirt wurden, somit Kampfer in einer allerdings mit Rücksicht auf sein percentuelles Lösungsverhältniss geringen Menge in die Pflanze eingedrungen war, so ergibt sich wiederum, dass die schädlichen Wirkungen des Kampfers nicht deshalb erst später zu bemerken sind, weil die Pflanze anfangs dem KW. das Wasser entzieht und erst „später" den Kampfer aufnimmt, wie Göppert und Convenz glauben, sondern weil sich der Kampfer in grösserer Menge anhäufen muss, und weil die Zerstörung des Chlorophylls und der Zellwände anfangs langsam vor sich geht.

Die gewonnenen Resultate lassen sich etwa in folgenden Punkten zusammenfassen:

1. Abgeschnittene Sprosse, welche durch Liegen an der Luft bis zu einem gewissen Grade welk geworden sind, erholen sich, mit der Schnittfläche in Kampferwasser gestellt, in der Regel früher als im destillirten Wasser.

2. Das Kampferwasser ruft im Vergleich zum destillirten Wasser bei frischen Laubsprossen eine Beschleunigung der Transpiration hervor. Da ferner, wie ziffermässig festgestellt wurde, welk gewordene Sprosse im Kampferwasser den Wasserverlust rascher ersetzen als im destillirten Wasser, so muss das Kampferwasser überhaupt eine lebhaftere Wasserbewegung in der Pflanze veranlassen. Darauf reducirt sich die von den älteren Autoren angenommene „stimulirende Wirkung" des Kampfers.

3. Bei länger dauernder Aufnahme des Kampferwassers wirkt dasselbe schädlich. Die schädliche Einwirkung äussert sich makroskopisch dadurch, dass krautige Stengel und Blattstiele den Turgor verlieren, schrumpfen und missfarbig werden; in den Blattspreiten treten entweder lichtbraune bis schwarze Streifen auf, die sich anfangs in der Richtung der Hauptnerven, später auch in jener des Seitennerven ausdehnen; oder es bräunen sich die Nerven und die Blätter vertrocknen bald, oder endlich es wird die Lamina braunfleckig. Diese drei Erscheinungsformen, welche hauptsächlich durch eine successive Bräunung der Zell-, respective Gefässwände, und des Chlorophylls bedingt werden, können sich auch combiniren.

4. Bei den meisten Pflanzen treten die erwähnten pathologischen Erscheinungen nach zwei bis fünf Tagen auf, bei manchen Arten ist aber selbst

[1]) Nur bei *Syringa* zeigten die unter KW. abgeschnittenen Sprosse anscheinend eine etwas stärkere Bräunung der Nerven als die unter BW. abgeschnittenen Zweige.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

nach acht bis zehn Tagen von den charakteristischen localen Bräunungen nichts zu bemerken.

5. Die relativ spät sichtbar werdenden Symptome der Kampfererkrankung führten Göppert zu der Ansicht, dass die Pflanzen der Kampferlösung anfangs das Wasser entziehen und erst später den Kampfer aufnehmen. Die Unhaltbarkeit dieser Annahme wurde von mir zwar nicht direct bewiesen, aber mehr als wahrscheinlich gemacht, und zwar durch folgende Beobachtungen:

a) Werden solche Sprosse, bei denen die schädliche Kampferwirkung nach drei bis fünf Tagen sichtbar wird, nur einen bis zwei Tage in Kampferwasser belassen und hierauf in destillirtes Wasser übertragen, so treten an denselben die nämlichen Erscheinungen (wenn auch manchmal in schwächerem Grade) auf, wie bei dauernder Belassung in Kampferwasser.

b) In verdünnten (0·05—0·025 procentigen) Lösungen treten die gleichen Braunfärbungen auf, nur später und schwächer als in gesättigtem (0·1 procentigen) Kampferwasser.

c) Unter Kampferwasser abgeschnittene und in demselben belassene Sprosse verhalten sich ebenso wie in Luft abgeschnittene unter sonst gleichen äusseren Bedingungen.

d) Unter Kampferwasser abgeschnittene und in destillirtes Wasser übertragene Sprosse bleiben intact.

6. Ein in Kampferwasser stehender Spross nimmt sofort eine Kampferlösung (in einem allerdings unbekannten Procentverhältniss) und nicht reines Wasser auf. Da jedoch das Kampferwasser in einer äusserst verdünnten Lösung in die Pflanze eintritt, und es daher relativ lange dauert, bis sich grössere Mengen von Kampfer in den Geweben, besonders der Blätter, angehäuft haben, wozu noch kommt, dass sich die Kampfermoleküle wahrscheinlich langsamer bewegen als die Wassermoleküle, so erklärt es sich, dass die eigenthümlichen localen Braunfärbungen erst nach Verlauf von zwei oder mehreren Tagen sichtbar werden.

Anhang.

Ich erlaube mir, anhangsweise noch einige Bemerkungen beizufügen über den Einfluss des Kampfers auf *A)* die Blüthen, *B)* die Quellung und Keimung der Samen und *C)* auf die Algen — mit Rücksicht auf die Beobachtungen von Göppert, Vogel und Convenz.

A) Blüthen. Wie schon eingangs erwähnt, hatte Göppert einige allgemeine Beobachtungen über die Wirkung des Kampferdunstes auf die Farbenänderung der Blüthen veröffentlicht. Ich selbst habe über den Einfluss des KW. auf die Geschwindigkeit des Aufblühens, auf die Dauer der Anthese, auf die periodischen Bewegungen der Blüthentheile, sowie auf die Veränderung der Blüthenfarben bisher nur wenige Erfahrungen gesammelt. Ich will deshalb erst

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

dann über den Gegenstand speciellе Mittheilungen machen, bis ich Gelegenheit gefunden haben werde, mich eingehender damit zu beschäftigen.

B) Keimfähigkeit, Keimdauer, Quellung der Samen. Göppert berichtet, dass Samen von *Lepidium sativum* und *Avena sativa* noch keimten, nachdem sie vier Monate in Kampferdunst gelegen hatten.

Vogel[1]) fand, dass Samen verschiedener Pflanzen (Rettig, Kresse, Erbsen, Bohnen etc.), mit KW. benetzt, früher keimten als bei Zufuhr von gewöhnlichem Wasser. Eine zweite Beobachtung des Autors, dass Samen von *Cucumis sativa*, die ihr Keimvermögen bereits verloren hatten, dasselbe durch Einwirkung von KW. wieder erlangten, bedarf, wie ich glaube, noch der Wiederholung und Bestätigung. Ich erwähne, dass bei einem von Nobbe[2]) gemachten Versuche mit zwölf Jahre alten Weizensamen trotz Kampferbehandlung nicht ein einziges Korn keimte. — Vogel will indess nicht nur gefunden haben, dass das KW. eine Belebung und Wiederbelebung der Keimkraft zu bewirken im Stande sei, er sagt noch weiter:[3]) „Merkwürdig genug waren auch in der Folge noch deutliche Spuren der vorhergegangenen Behandlung mit Kampferwasser sichtbar. Die jungen Pflanzen zeichneten sich durch besondere Lebensthätigkeit und Frische, sowie durch ein dunkleres Grün aus.“ Nun, an diese merkwürdige Wirkung des Kampfers glaube wer will. Ich liess mir die Mühe nicht verdriessen und liess zehn Erbsensamen (das eine Mal durch zwölf, ein zweites Mal durch vierundzwanzig Stunden) in DW. und zehn Samen ebenso lang in KW. quellen, worauf sie in mit Gartenerde gefüllte Töpfe eingesetzt wurden. Im Aussehen der Pflanzen war jedoch kein Unterschied bemerkbar.

Da meine früheren Versuche gezeigt hatten, dass die Flüssigkeitsaufnahme von Laubsprossen im KW. eine raschere ist als im DW., so wollte ich prüfen, ob nicht auch Samen im KW. rascher quellen als im DW., was sich durch eine entsprechende grössere Volums- oder Gewichtszunahme constatiren lässt.

Bei den volumetrischen Versuchen wurden jedesmal zwei Partien gut keimfähiger Samen (in gleicher Anzahl und von möglichst gleichem Aussehen) genommen. Nach Bestimmung des Volums kam die eine Partie in DW., die andere in KW. Innerhalb sechs bis vierundzwanzig Stunden wurde die Volumszunahme zwei- bis drei Mal gemessen. Zur Ermittlung des Volums diente ein 24 Cm. langes Eudiometer, bei welchem 183 Theilstriche = 50 Cm.^{3}, somit ein Theilstrich = 0·273 Cm.^{3} entsprach. Es machte keine Schwierigkeit, auf einen halben Theilstrich = 0·136 Cm.^{3} abzulesen. — Bei der zweiten Versuchsreihe wurden die zwei Samenpartien abgewogen, hierauf in DW., beziehungsweise KW. eingelegt. Nach einer bestimmten Zeit wurden die Samen möglichst rasch und gut abgetrocknet und sogleich wieder gewogen.

Die erhaltenen Resultate sind in den beiden folgenden Tabellen enthalten.

---

[1]) l. c. p. 216.
[2]) Samenkunde, p. 286.
[3]) l. c. p. 220.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

A. Es betrug die Volumszunahme in Procenten des ursprünglichen (lufttrockenen) Volumens (Versuch I.—IX.):

	DW.	KW.
Erbsen.		
I. Nach 5 Stunden	33·3	47·4
„ 16 „	110·3	121·1
II. Nach 6 „	47·4	57·9
„ 16 „	110·5	121·1
III. Nach 6 „	71·4	81·4
„ 15 „	100·0	113·9
Mais.		
IV. Nach 6 Stunden	18·2	20·3
„ 15 „	27·3	28·1
V. Nach 6 „	16·6	18·8
„ 13 „	24·2	28·1
„ 29 „	33·3	37·5
VI. Nach $7^1/_2$ „	19·4	19·4
„ $14^1/_2$ „	27·8	27·8
„ 25 „	29·2	32·0
Feuerbohnen.		
VII. Nach 7 Stunden	55·5	50·5
„ 29 „	129·6	125·0
VIII. Nach 6 „	59·3	64·2
„ 13 „	86·4	89·4
„ 30 „	113·5	106·9
IX. Nach 8 „	72·8	74·1
„ 12 „	86·4	93·1

B. Es betrug die Gewichtszunahme in Procenten des ursprünglichen (lufttrockenen) Gewichtes (Versuch X.—XIII.):

	DW.	KW.
Erbsen.		
X. Nach 8 Stunden	86·4	97·6
„ 24 „	92·7	104·4
XI.[1]) Nach 8 „	89·1	91·5
„ 24 „	96·2	98·4
Mais.		
XII. Nach 24 Stunden	27·3	28·1
Feuerbohnen.		
XIII. Nach 9 Stunden	79·6	88·9
„ 24 „	105·1	107·8

Wie ein Vergleich der mitgetheilten Zahlen lehrt, ergaben sowohl die volumetrischen wie auch die Gewichtsbestimmungen, dass während der Quellung

[1]) Eine andere Sorte.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

bei den im KW. liegenden Samen eine raschere und grössere Flüssigkeitsaufnahme stattfand als bei den unter sonst gleichen Bedingungen in DW. liegenden Samen.

Ob durch das Kampferwasser auch die Keimzeit, das ist das Austreiben der Radicula etc. beschleunigt wird, ferner welchen Einfluss die Kampferbehandlung auf die Weiterentwicklung des Keimlings auszuüben vermag, muss durch weitere Versuche (die ich bereits begonnen habe) ermittelt werden.

C) Algen. Convenz untersuchte, „um die Einwirkung des Kampfers auf das Pflanzenleben einer genauen mikroskopischen Prüfung zu unterziehen", diesbezüglich *Cladophora fracta.* In KW. liegend, erfolgten nach fünf Stunden Bräunung und Contraction des Plasma, bei Uebertragung in Wasser trat niemals eine Erholung, sondern stets Desorganisation ein.

Ich untersuchte zwei Algen, die ich leider nur mit dem Genusnamen nennen kann, nämlich eine *Cladophora* und eine *Spirogyra.* Bei beiden war schon nach einstündigem Liegen in KW. eine schwache Plasmacontraction bemerkbar (bei *Cladophora* an der Schmalseite der Zellen viel stärker als an der Langseite). Eine Bräunung konnte ich jedoch nach fünf Stunden weder makro-, noch mikroskopisch constatiren; dieselbe war nach zwölf Stunden noch sehr schwer und erst nach vierundzwanzig Stunden deutlich sichtbar. Auch hier konnte ich beobachten, dass die schädliche Wirkung des Kampfers, bestehend in Plasmacontraction und Chlorophyllzerstörung, insofern von der Menge des in der Zelle sich anhäufenden Kampfers abhängt, als beide Erscheinungen um so später auftreten, je verdünnter die Kampferlösung ist, wie sich aus Folgendem ergibt: Fünf Eprouvetten, welche dieselbe *Cladophora*-Species enthielten, wurden mit Kampferlösungen verschiedener Concentration gefüllt. Dieselben waren: *a)* 0·1procentig, *b)* 0·05procentig, *c)* 0·025procentig, *d)* 0·012procentig, *e)* 0·006procentig. — Unter diesen Bedingungen war deutliche Plasmacontraction zu bemerken: bei *a)* am ersten Tage, bei *b)* am zweiten, bei *c)* und *d)* am vierten bis fünften, bei *e)* erst nach etwa zehn Tagen.[1])

Zur Bestätigung der Göppert'schen Ansicht, dass die Pflanze (das Protoplasma) dem Kampferwasser zuerst das Wasser entzieht, führt Convenz folgende Beobachtung an: Eine in einer zehnprocentigen Lösung von Kaliumnitrat plasmolysirte *Cladophora* kam nach Abtrocknung in KW. „Sofort dehnte sich das Plasma aus und behielt ein frisches Aussehen durch ein bis zwei Stunden; erst dann machte sich die tödtliche Wirkung des Kampfers geltend." — Ich zweifle nicht daran, dass eine durch eine zehnprocentige Salzlösung herbeigeführte Plasmolyse durch eine 0·1procentige Kampferlösung rückgängig gemacht werden kann. Damit ist jedoch nicht bewiesen, dass anfänglich nur destillirtes Wasser und erst nach ein bis zwei Stunden der Kampfer aufgenommen wurde, noch weniger aber, dass eine Pflanze mit normalen, das ist nicht plasmolysirten Zellinhalten einer Kampferlösung anfangs nur destillirtes Wasser entzieht.

[1]) Darwin (l. c. p. 188) gibt bei *Drosera* an, dass das Protoplasma in den Zellen der Tentakeln eine „Zusammenballung" zeigte, nachdem die Blätter vierundzwanzig Stunden in Kampferwasser gelegen hatten.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien. Frueher: Verh.des Zoologisch-Botanischen Vereins in Wien. seit 2014 "Acta ZooBot Austria"

Jahr/Year: 1885

Band/Volume: 34

Autor(en)/Author(s): Burgerstein Alfred

Artikel/Article: Ueber einige physiologische und pathologische Wirkungen des Kampfers auf die Pflanzen, insbesondere auf Laubsprosse. 543-562