

Botanisches Centralblatt.

REFERIRENDES ORGAN

für das Gesamtgebiet der Botanik des In- und Auslandes.

Herausgegeben

unter Mitwirkung zahlreicher Gelehrten

von

Dr. Oscar Uhlworm und **Dr. F. G. Kohl**

in Cassel.

in Marburg.

Zugleich Organ

des

Botanischen Vereins in München, der Botaniska Sällskapet i Stockholm, der botanischen Section des naturwissenschaftlichen Vereins zu Hamburg, der botanischen Section der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur zu Breslau, der Botaniska Sektionen af Naturvetenskapliga Student-sällskapet i Upsala, der k. k. zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien, des Botanischen Vereins in Lund und der Societas pro Fauna et Flora Fennica in Helsingfors.

No. 50.

Abonnement für das halbe Jahr (2 Bände) mit 14 M.
durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

1890.

Wissenschaftliche Original-Mittheilungen.

Zur physiologischen Bedeutung des oxalsauren Kalkes
in der Pflanze.

Von

Dr. F. G. Kohl

in Marburg.

Mit 3 Figuren.

I.

In meiner Schrift über die „Kalksalze und Kieselsäure in der Pflanze“ habe ich, um die Correlation zwischen Asparagin- und Calciumoxalat-Bildung zu veranschaulichen, mich eines Schemas bedient, welches mir meine ausgedehnten Beobachtungen an im Dunkeln erwachsenen Pflanzen aufdrängten. Es war mir allein durch die Beziehungen, welche zwischen dem Erscheinen von Amidin und Kohlehydraten einerseits und dem Kalkoxalat andererseits sich beobachten liessen, sehr wahrscheinlich geworden, dass die Oxalsäure

als ein Nebenproduct bei der Synthese des Eiweisses aus Amidn und Kohlehydraten aufzufassen sei: erst durch die Notiz Palladin's, welche mir derselbe zur Veröffentlichung einsandte (Botanisches Centralblatt. Bd. XLI. 1890. No. 12. p. 373), ersah ich, dass dieser Forscher bereits 1887 in einem kurzen Auszug aus seiner russischen Abhandlung (veröffentlicht in den Berichten der Deutschen botanischen Gesellschaft. Bd. V. 1887. p. 325—326) dieselbe Ansicht über die Bildung organischer Säuren in wachsenden Pflanzentheilen ausgesprochen hatte. Ein Uebersehen der diesen Punkt berührenden Mittheilung Palladin's war um so leichter möglich, als dieselbe nur den kleinen Raum von etwa zehn Zeilen einnimmt. Mit Freuden gestehe ich Palladin die Priorität bezüglich obiger Anschauung zu, ist doch für mich der Vorgang der Eiweiss-Synthese unter Abspaltung organischer Säuren nur ein notwendiges Glied in der langen Kette von Processen gewesen, welche sich vor und bei der Ausscheidung des Calciumoxalats abspielen. Jedenfalls habe ich seiner Zeit eine Reihe von Thatsachen beobachtet und mitgetheilt, welche für die auf rein theoretischem Wege erschlossene Wechselwirkung eine recht brauchbare und notwendige Stütze bilden. Von der Voraussetzung ausgehend, dass Eiweissregeneration und Bildung organischer Säuren, in diesem Falle der Oxalsäure, stets Hand in Hand gehen, muss man logischer Weise weiter schliessen, dass alle pflanzlichen Organismen Oxalsäure oder eine dieselbe substituierende Säure erzeugen. Für eine sehr grosse Zahl von Cormophyten ist durch die Untersuchungen zahlreicher Autoren das constante Vorkommen von Calciumoxalat dargelegt. Schimper und ich haben eine ganze Reihe von Thatsachen mitgetheilt, aus denen hervorgeht, dass viele Pflanzen, in denen Calciumoxalat nicht nachgewiesen werden kann, lösliche Oxalate oder Tartrate etc. produciren. Auffallen muss das spärliche Auftreten des oxalsauren Kalkes bei den Thallophyten. Wie ich an anderer Stelle angeführt, sind die Algen, in denen wir genanntes Salz auffinden können, wenig zahlreich, emige *Vaucherien*, *Spirogyren*, *Halimeda Tuna*, ebenso verhält es sich mit den Pilzen. Da sind es die wenigen Arten: *Russula adusta*, *Phallus caninus*, *Pilobolus*, in denen Kalkoxalat in fester Form innerhalb der Zelle ausgeschieden bisher beobachtet wurde. Es fragt sich nun, bilden die übrigen Pilze und Algen wirklich keine Oxalsäure, oder tritt die letztere innerhalb des Pilz- oder Algenkörpers nur in Form löslicher Oxalate auf, oder aber wird sie nach aussen abgegeben? Diese Fragen finden ihre theilweise Beantwortung durch die bekannten Beobachtungen de Bary's an *Peziza Sclerotiorum*, welchen ich meine eigenen an *Peziza nivea* zufügen kann. Wie ich bereits an anderer Stelle hervorgehoben, waren die übrigen von mir untersuchten *Pezizeen* (*Peziza aurantia* Oedr., *P. cochleata* DC., *Lachnea scutellata* L., *Helotium citrinum* Fr. etc.) gänzlich frei von Calciumoxalat, während *Fusisporium roseum* Link zwischen den Hyphen seines zierlichen bäumchenförmigen Stromas grosse Sphaerit-ähnliche Kalkcarbonatmassen erkennen liess.

Die Pilze scheinen demnach (mit welchen Ausnahmen, muss zunächst dahingestellt bleiben) ebenfalls Oxalsäure zu produciren,

welche sie an Kali gebunden, nach aussen diffundiren, ehe es innerhalb der Zelle zur Calciumoxalatbildung kommt. Das Ausbleiben der bei höheren Pflanzen immer eintretenden Wechselerzsetzung zwischen Calciumoxalat und Kalksalzen in den Zellen mag darin seinen Grund haben, dass die Pilzzellen Kalksalze gar nicht oder nur in ganz minimalen Mengen aufnehmen. Mit dieser Anschauung stimmen überein die Befunde bei zahlreichen Flechtenpilzen und allen den Pilzen, welche ich auf p. 68 und 69 meiner Schrift aufgezählt habe.

Gelingt es nicht, Calciumoxalat in den Pilzzellen aufzufinden, so folgt daraus nicht, dass der betreffende Pilz Oxalsäure nicht erzeugt, sondern es ist von vornherein mehr als wahrscheinlich, dass nur der Kalkmangel in den Zellen das Fehlen des unlöslichen Kalksalzes veranlasst, oder dass bei Anwesenheit von Kalk nur so wenig Calciumoxalat entsteht, dass der Zellinhalt im Stande ist, dieses Salz in Lösung zu erhalten. Ergiebt die Prüfung, dass das Calciumoxalat auch bei reichlicher künstlicher Kalkzufuhr im ersten Falle nicht zur Ausbildung gelangt, so ist anzunehmen, dass die erzeugte Oxalsäure (frei oder an Kalium gebunden) rasch nach aussen diffundirt, ehe sie noch mit Kalk sich vereinigt, und sie wäre dann ausserhalb der Zellen nachzuweisen. Wäre das Calciumoxalat gelöst in den Zellen vorhanden, so müsste es bei geeigneter Behandlung zum Krystallisiren zu bringen sein. Das Verfahren, das bei Algen von ausgezeichneter Wirkung war, ergab mir für die Pilze keine Resultate. Eintrocknenlassen und Einwirkung wasserentziehender Mittel etc. waren ohne Erfolg. Zufuhr kalkhaltiger Lösungen rief stets Calciumoxalatfällung in sehr verschiedenem Grade in der Umgebung der Pilzzellen hervor. Die Pilze scheiden also meist ein lösliches Oxalat aus, das beim Zusammentreffen mit Kalksalzlösungen Calciumoxalat erzeugt. Es gelang mir dies bei sehr vielen Pilzen nachzuweisen und ich zögere nicht, eine fast an Allgemeinheit grenzende Verbreitung dieses Verhaltens bei den Pilzen anzunehmen. Daher die überaus häufige Bedeckung von Pilzhypphen mit Calciumoxalatkrystallen da, wo es an Kalksalzen in der Umgebung des Pilzes nicht fehlte. In Flüssigkeiten untergetaucht vegetirende Pilze werden die producirte Oxalsäure an das umgebende Medium abgeben und das Calciumoxalat muss, wenn es nicht den Hypphen ansitzt, was bei solchen Pilzen sehr selten ist, am Boden des die Flüssigkeit beherbergenden Behälters gesucht werden. Oft späht man darnach vergeblich aus, dann ist die Flüssigkeit kalkarm und die Oxalsäure war gezwungen, als lösliches Kaliumoxalat in ihr zu verbleiben.

Die Intensität, mit welcher die verschiedenen Pilze Oxalsäure produciren, scheint sehr verschieden zu sein. Nur bei denjenigen, bei welchem jene einen höheren Grad erreicht, hat man sie besonders beachtet. So ist zu den specifischen Oxalsäure-Erzeugern par excellence der von Zopf kürzlich entdeckte Hefepilz *Saccharomyces Hansenii* zu rechnen. Die Oxalsäureproduction durch den *Saccharomyces Hansenii* Zopf bezeichnen wir als Oxalsäuregärung, welche wir wie die Essigsäuregärung zu den sogenannten

„Oxydationsgährungen“ rechnen, welche letztere den „Spaltungsgährungen“ gegenübergestellt zu werden pflegen. Die Gährung ist in allen Fällen nichts weiter, als der Ernährungsprocess des die Gährung einleitenden und unterhaltenden Organismus mit seinen Folgen. Chlorophyllfreie (besser farbstofffreie) Organismen müssen von aussen zugeführte Kohlehydrate, Alkohole etc. zum Zweck ihrer Eiweissbildung zersetzen, vergären; farbstoffführende und damit meist CO₂-assimilirende Organismen dagegen zersetzen, vergären selbst erzeugte Kohlehydrate etc. Logischer Weise müssen wir hiernach sagen: Alle Pflanzen sind Gährungserreger, denn wenn wir die Bildung von Oxalsäure durch einen Pilz eine „Oxalsäuregährung“ nennen, so müssen wir consequenter Weise die letztere Bezeichnung auch auf alle Pflanzen übertragen, denen Oxalsäurebildung zukommt. Und mit demselben Rechte, mit dem wir Oxalsäureproduktion als Gährungsprocess auffassen, dürfen wir Kohlensäure-, Essigsäure-, Milchsäure-, Buttersäure-Erzeugung durch den pflanzlichen Organismus „Gährung“ nennen.

Es musste in meinem Interesse liegen, auch die Algen auf ihre Fähigkeit, Oxalsäure oder ein lösliches Oxalat zu erzeugen, zu prüfen. Oxalsaurer Kalk wird, wie ich bereits vorn und an anderem Orte angegeben, relativ selten in Algen gefunden. Es wäre nun die Möglichkeit vorhanden, dass irgend welcher in der Alge enthaltener Stoff das Calciumoxalat in Lösung erhalte; dann müsste es jedenfalls gelingen, auf irgend einem Wege dieses Salz in fester Form auszuscheiden. Alle Versuche jedoch, die ich unternahm in dieser Richtung, hatten negativen Erfolg. Es drängte sich hierdurch die Annahme auf, dass die etwa von der Alge producirte Oxalsäure als solche oder in Form eines in Wasser löslichen Oxalats anwesend sei. Der Lösung dieser Frage näher zu kommen, bediente ich mich folgenden einfachen Verfahrens. Ich spülte Fadenalgen (*Spirogyra*, *Mesocarpus*, *Cladophora*, *Vaucheria* etc.) sorgfältig in destillirtem Wasser ab, legte dieselben sodann auf Objectträger und liess sie langsam eintrocknen. Daneben richtete ich Objectträger in derselben Weise vor, nur wusch ich die Algen statt in destillirtem Wasser einfachem Leitungswasser. Die eingetrockneten Algen wurden sodann in Essigsäure unter Deckglas untersucht. Es zeigte sich nun, dass in allen Präparaten der ersten Reihe weder innerhalb der Algenzellen, noch in deren Umgebung Calciumoxalatkrystalle sich finden liessen, während in allen Präparaten der zweiten Reihe Calciumoxalat in grossen Mengen und in wechselnden Formen sowohl innerhalb der Algenzellen als in deren Umgebung constatirt werden konnte. Prachtvolle tetragonale Krystalle, Sphaerite und bisweilen auch monocline Solitäre lagen im Plasma eingebettet oder von aussen der Membran an oder in der Umgebung der Algenfäden.

In Figur 1 habe ich ein Stück eines *Vaucheria*-Fadens, in Figur 2 ein solches einer *Spirogyra* und in Figur 3, a, b, c, d, Kalkoxalatkrystalle verschiedener Form abgebildet.

Die Calciumoxalatkrystalle lassen in ihrer Vertheilung inner- und ausserhalb der Zellen keinerlei Regelmässigkeit erkennen. Nur

eine interessante Thatsache kann dem aufmerksamen Beobachter nicht entgehen, die nämlich, dass die in lebhaftem Wachsthum begriffenen „Endzellen“ oder bei *Vaucheria* „Enden der Zellen“ besonderen Krystallreichthum aufweisen. Im dunklen Gesichtsfeld des Polarisations-Mikroskopes verrathen sich bei geeigneter Behandlung diese Endzellen durch den hellen Glanz der in ihnen oft massenhaft zusammengelagerten Calciumoxalatkrystalle.

Mit Platinchlorid erhält man auch bei Anwendung in destillirtem Wasser wiederholt gewaschener Algen eine starke Kaliumplatinchlorid-Bildung. Es dürfte daher die Annahme berechtigt sein, dass die Oxalsäure in Form des leicht löslichen Kaliumsalzes ebenso von den Algen producirt wird, wie von zahlreichen Pilzen. Ich untersuchte deshalb Wässer, in welchen Algen Monate lang vegetirt hatten, auf oxalsaures Kalium und konnte dasselbe in allen Fällen makro- und mikrochemisch nachweisen. Die Oxalsäure wurde in dem stark eingeengten und durch wiederholtes Filtriren gereinigten Wasser als rhombisches Eisenoxyduloxalat und oxalsaures Silber und durch die charakteristische Reaction mit Uranylacetat nachgewiesen, das Kalium mit Platinchlorid. Ohne Zweifel bilden also auch zahlreiche Algen Oxalsäure, welche in Form eines löslichen Oxalats, wohl meist Kaliumoxalats, aus der Zelle austritt.

Wir können demnach nach den Hauptproducten der Gährung die Gesamtheit der Pflanzen in zwei Reihen anordnen, deren erste alle die einschliesst, welche Oxydationsgährungen einleiten, während die zweite die Erreger der Spaltungsgährungen umfasst.

Oxydationsgährungen. Spaltungsgährungen.

Spaltpilze	{ Essigsäure	{ Alkohol. Milchsäure.
		{ Buttersäure.
Zahlreiche andere Pilze	{ Oxalsäure	{ Alkohol.
	{ Kohlensäure	
Algen	{ Oxalsäure.	—
	{ Kohlensäure.	
Bryophyten, Pteridophyten, Phanerogamen	{ Kohlensäure.	—
	{ Oxalsäure.	
	{ Weinsäure.	
	{ Aepfelsäure.	

Die niederen Pflanzen leiten demnach besonders Spaltungsgährungen ein, die höheren ausschliesslich Oxydationsgährungen. Obige Aufzählung soll durchaus keinen Anspruch auf Vollständigkeit machen. Es kommt mir nur darauf an, vorläufig zu zeigen, dass die Oxalsäurebildung wohl ein mit Ausnahme der Spaltpilze allen pflanzlichen Organismen zukommender Process ist. Ich werde über diesen Gegenstand demnächst ausführlicher berichten.

II.

In seiner trefflichen Abhandlung „Zur Frage der Assimilation der Mineralsalze durch die grüne Pflanze“ (Flora. 1890. Heft III) widmet Schimper der Entstehung und

Wanderung des Kalkoxalats ein besonderes Kapitel, dessen Inhalt mich veranlasste, einige meiner eigenen Untersuchungen wieder aufzunehmen, welche ich in meiner Schrift „Anatomisch-physiologische Untersuchung der Kalksalze und Kieselsäure in der Pflanze. Marburg 1889“ nur beiläufige Erwähnung finden konnten. Mit Recht setzt Schimper beim Calciumoxalat, wie bei jedem krystallisirenden Körper, Löslichkeit voraus; überall, wo Krystalle dieses Salzes sich bilden, muss eine Lösung desselben vorhanden sein. Nun fragt es sich nur, ist diese Lösung nur in der Krystall- und Rhaphidenzelle enthalten, oder auch in deren Umgebung. Im ersten Falle würde die Bildungsstätte der Calciumoxalatlösung zugleich Speicher des festen Salzes sein, eine Wanderung des gelösten Salzes wäre ausgeschlossen und damit auch die Unmöglichkeit verbunden, das Calciumoxalat im Pflanzensaft nachzuweisen; im zweiten Falle müsste eine Wanderung von den Bildungsorten nach der Krystallzelle stattfinden, es würde jedenfalls



Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.

immer gelöstes Calciumoxalat unterwegs sein in hinreichender Menge, um im ausgepressten Saft der Pflanzen aufgefunden werden zu können. Ich habe mich vorerst der ersten dieser beiden Möglichkeiten zugewandt, da mir dieselbe besser mit meinen bisherigen Erfahrungen harmonirte. Es war mir nämlich bisher nicht gelungen, sichere Beweise für die Anwesenheit gelösten Calciumoxalats im Pflanzensaft zu bringen; dieselben halte ich für durchaus nothwendig, wenn der zweite jener Fälle als der Wirklichkeit entsprechend hingestellt werden soll.

Schimper äussert sich über diese Angelegenheit folgendermassen: „Es wird uns daher wahrscheinlich dünken, dass die Krystallzellen nur Speicherorgane für das in grünen Zellen gebildete Salz darstellen und diese Annahme ist sowohl durch meine Beobachtungen, als durch diejenigen Kohl's und Wehmer's wesentlich unterstützt worden etc.“ Also eine ausgebreitete Wanderung gelösten Calciumoxalates! Der Beweis für das thatsächliche Vorhandensein gelösten Calciumoxalates in der Pflanze ist jedoch noch nicht erbracht,

weder von Schimper, noch von mir, noch auch von einem anderen auf diesem Gebiete erfahrenen Forscher, ja meine eigenen Beobachtungen liessen eher auf einen Mangel in Frage kommender Gewebe an gelöstem oxalsaurem Kalk, als auf die Anwesenheit eines solchen schliessen. Ich hielt es aus diesen Gründen für gerathen, der Wanderungsfähigkeit des oxalsauren Kalkes als solchem gegenüber mich noch skeptisch zu verhalten und meine weiter zu fassende Meinung von dem Resultate einer Untersuchung des Pflanzensaftes auf gelöstes Calciumoxalat abhängig zu machen. Diese Prüfung habe ich an einer Anzahl von Pflanzen vorgenommen und bin zu ausschliesslich positiven Resultaten gelangt. Theile der zur Untersuchung verwendeten Pflanzen wurden im Mörser sorgfältig zu einem dünnen Brei zerrieben und dieser in geeigneter Weise ohne Zusatz von Wasser, welcher ein Ausfallen des Calciumoxalats herbeiführen würde, schnell filtrirt. Schon beim langsamen Eintrocknen kleiner Quantitäten des Filtrates entstanden allerlei Krystalle, die auf mikroskopisch-chemischem Wege mit Sicherheit definirt werden konnten. Das Calciumoxalat fand ich in vier Formen ausgeschieden: 1. tetragonale Formen, 2. monocline Formen, 3. Drusen und 4. Sphaerite.

Ausserdem war es nicht schwer, Oxalsäure und Kali im Filtrat des Saftes zu ermitteln. So ist neben oxalsaurem Kali dennoch oxalsaurer Kalk in der That in Lösung vorhanden und die Schimper'sche Annahme einer Wanderung des Calciumoxalates als solchen gewinnt an Wahrscheinlichkeit und würde zur Gewissheit, wenn der Nachweis gelingen würde, dass sich das Vorhandensein des gelösten oxalsauren Kalkes nicht auf die Krystallzellen selbst beschränkt. In diesen muss eine Lösung des Salzes dem Krystallisations-Process zu Grunde liegen. Könnte man sich auf irgend welche Weise davon überzeugen, dass auch in den die Krystallzellen umgebenden Parenchymzellen gelöstes Calciumoxalat zugegen ist, dann wären die Krystallzellen in der That als Speicherorgane für das irgendwo anders gebildete Salz aufzufassen, sie stellten denn auf mehr oder weniger grosse Entfernungen wirkende Anziehungscentra dar. Der positive Erfolg meiner Versuche, in Algen das gelöst vorhandene Calciumoxalat durch einfaches Eintrocknenlassen der Zellen und Wasserentziehung mit Hülfe verschiedener Mittel zur Ausscheidung zu bringen, ermutigte mich, dieses einfache Verfahren auch für geeignete Schnitte durch Gewebe von Phanerogamen in Anwendung zu bringen. Unter Beobachtung gewisser, hier nicht zu beleuchtender Vorsichtsmaassregeln gelang es mir nun, gelöstes Calciumoxalat zur Ausscheidung in und ausserhalb der Zellen unter dem Mikroskop befindlicher Schnitte zu bringen. Ich wählte absichtlich vorzugsweise Schnittfragmente ohne Krystallzellen und war überrascht, nach kurzer Zeit das gelöste Salz in Form schöner Krystalle sich ausscheiden zu sehen.

Durch diesen Nachweis löslichen Calciumoxalats in dem die Krystallzellen umgebenden Gewebe ist mein Zweifel an der Möglichkeit einer Wanderung dieses Salzes als solchen beseitigt. Schimper sagt auf p. 232 seiner Abhandlung: „Der Unterschied in unseren

Ansichten besteht nur darin, dass Kohl aus mir nicht recht verständlichen Gründen eine Zersetzung und Neubildung des Salzes annimmt, anstatt dasselbe sich als solches bewegen zu lassen.“ Ich konnte der Wanderung des Salzes nach der Schimper'schen Auffassung nicht eher beistimmen, als gelöstes Calciumoxalat ausserhalb der Krystallzellen nachgewiesen war. Das war der Grund zu meiner bis dahin berechtigten Annahme einer Zersetzung und Neubildung des Salzes. Es erwächst nun die weitere Aufgabe, das Lösungsmittel ausfindig zu machen. H. Warlich*), der auf meine Anregung eine Reihe instructiver Versuche über Calciumoxalat-Bildung ausführte, hält die Oxalsäure für das lösende Agens und es sprechen, wie ich mich überzeugen konnte, in der That eine Reihe von Thatsachen für die Richtigkeit seiner Annahme. Es ist der Zweck im Gange befindlicher Untersuchungen meinerseits, zu erforschen, ob neben Oxalsäure auch noch andere Stoffe das Calciumoxalat in der Pflanze in Lösung zu erhalten im Stande sind.

Zur Entwicklungsgeschichte der *Hypogaeen*.

Von

Dr. Rudolf Hesse

in Marburg.

Hierzu Taf. III u. IV, sowie Tafel I u. II in Bd. XL (1889).

(Schluss.)

Unmittelbar nach Anlage der beschriebenen Spirale und zwar noch vor Streckung ihrer Kettenglieder beobachtet man nämlich bei der Gattung *Tuber* zunächst in den Theilen des Kernes, die der Peridie naheliegen, das Auftreten von mehreren (4—5) Hohlräumen oder Lakunen (Taf. IV, Fig. 16, d, d), welches dadurch bewirkt wird, dass einmal in diesen Theilen der Kern dem Grösserwerden der Fruchtkörperanlage nicht mehr folgt und dass ein Zusammenrücken und Aneinanderschliessen derjenigen Fäden der drei Netzwerke stattfindet, die später die unmittelbare Umgrenzung eines jeden dieser Hohlräume bilden. Beide Momente scheinen gleichzeitig einzutreten. In jeden Hohlraum treten sofort aus den engen Maschen der ihn umgrenzenden Netzwerke zahlreiche Achterproducte, nachdem dieselben ihre gallertige Beschaffenheit verloren hatten und beweglich geworden waren, ein. Dieselben füllen den bald mehr rundlichen, bald mehr länglichen Hohlraum nicht gänzlich aus, sondern gruppieren sich in dem von der Peridie abgelegenen Theile des Hohlraumes sichelförmig. Ein grosser Theil dieser Achterproducte schiebt sich sofort an, kettenartige Vereinigung und zwar so zu suchen, dass die entstehenden Ketten verlängert gedacht zum grössten Theile auf der Peridie senkrecht oder nahezu

*) Warlich, H., Ueber Calciumoxalat in den Pflanzen. (Inaug.-Dissert.) Marburg 1890.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Centralblatt](#)

Jahr/Year: 1890

Band/Volume: [44](#)

Autor(en)/Author(s): Kohl Friedrich Georg

Artikel/Article: [Zur physiologischen Bedeutung des oxalsauren Kalkes in der Pflanze. 337-344](#)