

Mitteilungen.

20. A. Ursprung und A. Gockel: Über Ionisierung der Luft durch Pflanzen.

(Eingegangen am 4. April 1918.)

Eine Ionisierung der Luft durch Pflanzen ist auf verschiedene Weise denkbar: 1. durch physiologische Prozesse, 2. durch aus der Atmosphäre stammende Induktionen, die sich auf der Oberfläche der Pflanze niedergeschlagen haben, 3. durch Emanation, die mit dem Bodenwasser oder mit den aus der Luft aufgenommenen Gasen in die Pflanze eingedrungen ist¹⁾, bzw. durch andere in der Pflanze vorhandene Stoffe, 4. durch Zerspritzen von Wasser bei der Blasenausscheidung submerser Pflanzen. Für die Pflanzenphysiologie ist vornehmlich die erste Möglichkeit von Interesse auf die wir uns daher im nachfolgenden beschränken; die anderen Möglichkeiten werden dabei nur in soweit berücksichtigt, als dies unbedingt nötig ist, indem sie eine Ionisierung durch physiologische Prozesse vortäuschen und somit eine wichtige Fehlerquelle darstellen können.

Die Literaturangaben über diesen Gegenstand sind sehr dürftig. SHEPPARD²⁾ schreibt in seiner Photochemie: „Es ist interessant zu beobachten, daß die Atmosphäre rings um ein Blatt ionisiert ist, und wir können bei dieser Gelegenheit an die Zersetzung von CO₂ erinnern, die durch ultraviolettes Licht und Entladungsstrahlen bewirkt wird.“ Auf was für Untersuchungen diese Angabe sich stützt, wird leider nicht mitgeteilt. Aus dem Zusammenhang scheint hervorzugehen, daß die von SHEPPARD erwähnte Ionisierung mit dem Assimilationsprozeß verknüpft sein soll. Bei STOPPEL³⁾ lesen wir, es sei nicht ausgeschlossen, daß bei Assimi-

1) Von PILZ konnte ein Einfluß der Radiumdüngung auf die Radioaktivität der geernteten Pflanzensubstanz allerdings nicht nachgewiesen werden. Nach Ref. in Bot. Centralbl. 1917, 135, p. 38. — Über die Aufnahme von Emanation mit der Atmungsluft vergleiche die zitierte Arbeit von ELSTER und GEITEL.

2) SHEPPARD, Lehrbuch der Photochemie. Deutsch von Iklé 1916, p. 485.

3) STOPPEL, Die Abhängigkeit der Schlafbewegungen etc. Zeitschr. f. Bot. 1916, 8, p. 641, 671.

lation und Atmung Ionen an die Atmosphäre abgegeben oder aus ihr aufgenommen werden; eine experimentelle Prüfung dieser Vermutung wurde aber nicht vorgenommen. Die einzigen uns bekannten Versuche, die zu einem positiven Resultat führten und auch von STOPPEL erwähnt werden, finden sich in einer äußerst kurzen vorläufigen Mitteilung von ERNEST u. ZÁČEK¹⁾. Hiernach erhöhen frische Zweige von *Pinus silvestris* die Leitfähigkeit der Luft (Zahlen fehlen allerdings), abgestorbene aber nicht. Die Verfasser bedienten sich folgender Versuchsanordnung. In ein 2 hl fassendes Zinkgefäß wurde durch eine Öffnung im Deckel ein in Bernsteinfassung gehaltener Kupferdraht frei eingeführt; an dem Ende des Drahtes im Gefäß befand sich eine Zinkplatte als Zerstreuungskörper. Das andere Drahtende war mit den Elektrometerblättchen, das Gefäß mit dem Mantel des Elektrometers verbunden. „Um den Einfluß der Feuchtigkeit, die durch Transpiration des Kiefernzweiges hervorgerufen wird, auszuschalten, haben wir ins Gefäß etwas destilliertes Wasser hineingebracht. Zuerst wurde immer der natürliche Abfall des Elektrometers unter den beschriebenen Bedingungen bestimmt, sodann das Reisig in das Gefäß gebracht und der Abfall des Potentials von neuem gemessen.“ In erster Linie wird man hier an eine Ionisierung durch Atmung denken, doch sind auch andere Möglichkeiten²⁾ vorhanden und die Kürze der Darstellung erlaubt kein sicheres Urteil. In diesem Zusammenhang sind ferner die Versuche über eine Ionisierung der Luft durch menschliche Atmung kurz zu streifen. Die Resultate lauten sehr verschieden. H. DUFOUR³⁾ z. B. kommt zum Schluß, daß „die verschiedenen Atmungsprodukte der Lunge und der Haut, kurz, alle gasförmigen Ausscheidungsprodukte, welche der menschliche Körper abgibt“ die Luft ionisieren. ELSTER und GEITEL⁴⁾ dagegen fanden, bei einer Nachprüfung der Angaben von ASHWORTH⁵⁾, in der ausgeatmeten Luft keinen größeren Ionengehalt als in der natürlichen; nur bei einer Person, die fortgesetzt

1) ERNEST und ZÁČEK, Über die Wirkung der Koniferen auf die Leitfähigkeit der Luft. Sitz.-Ber. der böhm. Ges. d. Wiss. math.-naturw. Kl. 1913, 9.

2) z. B. Isolationsfehler; Angaben über Prüfung der Konstanz der Isolation fehlen.

3) H. DUFOUR, Die Leitfähigkeit der Luft in bewohnten Räumen. Physik. Zs. 1906, 7, p. 262.

4) ELSTER u. GEITEL, Über die Aufnahme von Radiumemanation durch den menschlichen Körper. Physik. Zs. 1904, 5, p. 729.

5) ASHWORTH, Nature 1904, 70, p. 454.

emanationshaltige Luft eingeatmet hatte, war in der ausgeatmeten Luft und im Urin Emanation nachweisbar.

Im Anschlusse an Assimilationsuntersuchungen, die der eine von uns in dieser Zeitschrift vor kurzem mitteilte, gewann für uns die Frage nach der Ionisierung der Luft durch Pflanzen erhöhtes Interesse, so daß wir uns zu orientierenden Versuchen mit den heutigen verfeinerten Hilfsmitteln entschlossen.

Wirkung auf die photographische Platte.

Bevor wir zu den entscheidenden Untersuchungen mit dem Elektrometer übergehen, seien einige beiläufige Experimente über die Einwirkung unseres Versuchsmaterials auf die photographische Platte kurz erwähnt. Da die photographische Platte beim Studium der Radioaktivität häufig als Indikator benutzt wird, waren einige Versuche in dieser Richtung erwünscht. Dabei war uns natürlich von Anfang an bewußt, daß die photographischen Schichten auf die allerverschiedensten Arten entwicklungsfähig gemacht werden können, und daß bei der Interpretation solcher Erscheinungen die größte Vorsicht nötig ist. Die Platte (Hauff orthochromatisch extrarapid) kam mit der Schichtseite nach unten in eine leere Plattenschachtel, in deren Boden ein Zeichen ausgeschnitten war. Die zu prüfende Pflanze wurde auf den Boden eines lichtdichten Kistchens aus schwarzem Karton mit lightsicherem Verschuß gebracht und die Schachtel mit der Platte darauf gelegt, so daß die empfindliche Schicht von der Pflanze durch eine Luftschicht von der Dicke des Schachtelbodens getrennt war. Die ganze Apparatur blieb beständig in einem guten Dunkelzimmer, so daß sicher kein Licht Zutreten konnte. Nach 1—7 tägiger Exposition ließen Querscheiben eines lebenden Kiefernastes, Blätter von *Primula obconica*, keimende Erbsen, gärende Hefe eine Einwirkung auf die Platte erkennen. Die Bilder waren in einigen Fällen solarisiert, in andern nicht, was auch schon SCHEMINZKY¹⁾ bei ähnlichen Experimenten gefunden hatte. Eine Erklärung strebten wir nicht an, erhielten aber immerhin gewisse Aufschlüsse, die nicht übergangen werden sollen. So wurde die empfindliche Schicht nicht verändert als wir sie mit einer dünnen Glasplatte bedeckten; es handelte sich also in dem betreffenden Falle (Kiefernholz) offenbar nicht um eine Luminiszenzerscheinung. Da wir, wie gleich gezeigt werden soll,

1) Wir verzichten auf die Wiedergabe von Abbildungen die bei SCHEMINZKY, Photographischer Nachweis von Emanationen bei biochemischen Prozessen. Biochem. Zs. 1916, 77, p. 14 nachgesehen werden mögen.

auch keine Ionisierung der Luft beobachteten, so wird an eine chemische Einwirkung zu denken sein. SCHAUM¹⁾ teilt die Stoffe, die hier in Betracht fallen ein in 1. Reduktionsmittel (hierher würde z. B. die Ameisensäure gehören, deren Wirkung auch von BOUASSE²⁾ besprochen und von uns direkt geprüft und bestätigt wurde), 2. Oxydationsmittel, 3. Fällungsmittel, 4. Lösungsmittel, 5. Indifferente Stoffe (z. B. schwache Säuren, wie Essigsäure, Kohlensäure, die z. T. eine sehr kräftige Wirkung auf die Platte ausüben), 6. Verunreinigungen gewisser indifferenter Stoffe (z. B. durch Wasserstoffperoxyd, Ozon; gewisse ätherische Öle, wie Terpentin- und Lavendelöl ozonisieren den Sauerstoff der Luft, worauf wahrscheinlich die Wirkung von Holz³⁾ und Papier beruhen dürfte). Eine Beeinflussung der Platte auf diesem Wege ist leicht möglich, da vielfach derartige Substanzen von der Pflanze gebildet werden. Wir haben auch bei unsern *Primulablättern*, bei gärender Hefe und keimenden Erbsen das Vorhandensein reduzierender Substanzen mit Silbernitrat oder Sublimat leicht nachweisen können. Selbst Luft, die über Blattstücke von *Primula obconica* geleitet worden war, erzeugte in Silbernitrat eine Schwärzung. Es ist daher für unser Versuchsmaterial nicht nötig die Erklärung mit SCHEMINZKY in einer „Elektronenstrahlung“ zu suchen, um so mehr als die direkte Prüfung (siehe unten) dagegen spricht. SCHEMINZKY gibt allerdings an, daß faulende Bohnen auch durch eine Glasplatte hindurch auf die photographische Platte einwirkten; doch wurde von ihm die nächstliegende Ursache — die Luminiszenz — gar nicht berücksichtigt.

Elektrometerversuche.

Es kamen zwei Methoden zur Anwendung: 1. Beobachtung des Spannungsabfalles unter Benützung eines WULFschen Elektrometers. 2. Beobachtung der Aufladung unter Benützung eines LUTZschen Elektrometers.

Auf den Hals des WULFschen Elektrometers wurde ein Messingteller aufgesetzt. Darauf stand eine Glasglocke von 14,6 cm

1) SCHAUM, Versuch einer Systematik der Wirkungen chemischer Agenzien auf photographische Schichten. Zeitschr. f. wiss. Photographie 1904, 2, p. 205.

2) BOUASSE, Cours de physique, p. 417.

3) RUSSELL, der mit vielen Holzarten experimentierte und die Resultate durch schöne Photographien illustrierte, vermutet in Wasserstoffsperoxyd das wirksame Agens. On the action of wood on an photographic plate in the dark. Phil. Trans. of the Roy. Soc. London. B. 1905, 197, p. 281.

inneren Durchmesser und 30 cm Höhe; ihre Innenseite⁻ war, um sie leitend zu machen, mit konzentrierter Chlorkalziumlösung bestrichen. Als Zerstreungskörper diente ein auf das Elektrometer gesteckter Eisenstift von 25 cm Länge und 2,8 mm Durchmesser. Die Aufrechterhaltung einer guten Isolation in dem durch Transpiration feuchten Raum unter der Glocke erforderte besondere Sorgfalt. Es wurde deshalb der untere Teil des Zerstreungskörpers noch mit einem Schutzzyylinder von 67 mm Höhe und 15 mm Durchmesser umgeben; dieser Zylinder war von einem zweiten gleich hohen eingeschlossen und der Raum zwischen beiden mit gekörntem Chlorkalzium gefüllt. Dadurch sollte ein Eindringen feuchter Luft zum Bernsteinisolator des Elektrometers möglichst verhindert werden, ohne daß das starke Feld eine Störung der Messungen bewirkte. Dieser doppelte Schutzzyylinder war gleich der Glocke geerdet. Selbstverständlich wurde die Isolation nach jeder Versuchsserie geprüft und alle Messungen verworfen, wenn die Isolation sich vermindert erwies. Eine Verschlechterung derselben konnte übrigens nur in der Weise wirken, daß sie einen in Wirklichkeit nicht vorhandenen Ionisationseffekt vortäuschte. Unser Resultat, daß ein solcher fehlt, ist also, soweit es sich um die Messungen mit dem WULFschen Elektrometer handelt, auf jeden Fall frei von jeder Beeinflussung durch Isolationsfehler. Das Aufladen erfolgte mit Hilfe der am Elektrometer angebrachten Ladevorrichtung, eine Entfernung der Glocke war also nicht nötig. Wir arbeiteten stets mit Ladungen beider Vorzeichens. Die Empfindlichkeit betrug ungefähr 1,3 Volt pro Skalenteil; die Kapazität 9,7 cm¹).

Auf den Hals des LUTZschen Elektrometers kam der schon oben erwähnte Messingteller, der ebenfalls geerdet war. Zwischen Messingteller und Glocke befand sich hier ein Paraffinring von 3,2 cm Breite und 1,5 cm Höhe. Er diente zur Isolation der Glocke die im Innern zu $\frac{3}{4}$ des Umfanges mit Stanniol ausgekleidet und mit dem einen Pol einer KLINGELFUSSschen Batterie von 80 Akkumulatoren verbunden war, während der andere Pol über einen Flüssigkeitswiderstand zur Erde ging. Die Verwendung dieses Elektrometers erfolgte in Saitenschaltung²). Zur Aufladung der beiden Schneiden diente je eine Batterie von 30 Bittersalzelementen, deren anderer Pol jeweils geerdet war. Die Saite lief

1) Die Kapazität des Systems setzt sich aus 3 Gliedern zusammen: Kap. des Elektrometers, plus Kap. der beiden Zylinderkondensatoren Glocke-Stift und Schutzzyylinder-Stift.

2) Vgl. LUTZ, Physikal. Zeitschr. 1912, 13, p. 954.

in den schon beim WULFschen Elektrometer benutzten Eisenstift aus, der mit Hilfe eines den Paraffinring durchsetzenden, drehbaren Drahtbügels ohne Abheben der Glocke leicht geerdet werden konnte. Auch hier schützte der Doppelzylinder mit Chlorkalziumfüllung den Bernsteinisolator. Bei dieser Anordnung mußte nun ein Isolationsfehler einen etwa vorhandenen Ionisationseffekt verwischen, doch gelang es auch da einwandfreie Resultate zu erzielen.

Die Empfindlichkeit in dem benutzten Intervall betrug 0,2 Volt pro Skalenteil, die Kapazität 7,5 cm. Da ein Fünftel Skalenteil = 0,04 Volt noch mit Sicherheit abzulesen war, so betrug die sekundliche Ladungsänderung, die noch bemerkt werden konnte

$$7,5 \times \frac{0,04}{300} = 0,001 \text{ E. S. E.}$$

Wir beobachteten meistens 19 Minuten

lang und hätten somit eine sekundliche Ladungsänderung von $\frac{7,5 \times 0,04}{1140 \times 300} = 9 \times 10^{-7}$ E. S. E. finden können. Es entspricht das

einer sekundlichen Ionenerzeugung von $\frac{9 \times 10^{-7}}{4,65 \times 10^{-10}} = \text{rund } 2000$

im ganzen Raum oder $\frac{2000}{7,3^2 \times \pi \times 30} = 0,4$ Ionen im ccm, die nicht hätten entgehen können.

1. Beobachtung des Spannungsabfalles. Wir führten 12 größere Versuchsreihen aus mit Zweigen von *Picea excelsa*, *Pinus silvestris*, mit Sprossen kräftiger Topfpflanzen von *Fuchsia* und *Rosmarinus*, sowie mit panachierten und grünen Blättern von *Acer Negundo*. Alle Versuchspflanzen wurden an der leitenden geerdeten Innenwand der Glocke befestigt; die krautigen tauchten mit der Schnittfläche in ein kleines mit Wasser gefülltes Reagensglas, das oben mit Plastolin abgedichtet war. Die Belichtung erfolgte mit einer Osramlampe von 2500 Kerzen, deren Strahlen häufig durch eine Linse konzentriert und durch Zwischenschaltung einer 22 cm dicken Wasserschicht in parallelwandiger Glasküvette von der Hauptmasse des Ultrarot befreit wurden. Eine Beeinflussung durch Ultraviolett war unter diesen Umständen ausgeschlossen. Daß die Pflanzen unter der Glocke bei der beschriebenen Anordnung assimilierten, hatten Vorversuche sichergestellt. Zur Ausschaltung der Assimilation wurde die Glocke mit einem Zylinder aus schwarzem Karton überdeckt unter Konstanthaltung aller übrigen Bedingungen. Zum Schutz des Bernsteinisolators bedienten wir uns anfänglich nur der am Instrument angebrachten Natrium-Trockenvorrichtung, später wurde noch der Doppelzylinder

mit Chlorkalzium aufgesetzt und der Bernstein durch eine dem Elektrometer genäherte Glühlampe schwach erwärmt.

Vor Benutzung des verstärkten Isolationsschutzes war häufig der Spannungsabfall unter der Glocke mit Pflanze größer als ohne Pflanze. Eine solche Vortäuschung einer Ionisierung der Luft durch die Pflanze war gewöhnlich durch Isolationsfehler bedingt und nach Verbesserung der Isolation nur selten wahrnehmbar. Es sind aber auch noch andere Fehlerquellen möglich. Zur Illustration sei das stark gekürzte Protokoll einer Versuchsreihe mit *Fuchsia* erwähnt, die von 9^h vormittags bis 4^h 30 nachmittags dauerte. Die Pflanze wurde abwechselnd belichtet und verdunkelt je $\frac{1}{2}$ —2 Stunden lang. Das Elektrometer war + aufgeladen. Die Zahlen geben den Spannungsabfall pro Minute in Volt.

	Volt
Isolationsprüfung (ohne Glocke und Zerstreuungskörper), also bei ca. halb so großer Kapazität	0,061
Ganze Apparatur, ohne Pflanze	0,160
Ganze Apparatur, mit Pflanze	0,190
allmähliches Ansteigen bis	0,296
Ganze Apparatur, ohne Pflanze	0,364
Isolationsprüfung	0,050

Wie die Isolationsprüfungen zu Beginn und Schluß des Versuches zeigen, dürfte es sich hier um Zunahme der Ionisation handeln; die Pflanze kann aber dafür nicht verantwortlich gemacht werden, da auch unter der leeren Glocke die Ionisation weiter ansteigt¹⁾. Erwähnt sei noch, daß der regelmäßige Wechsel von Licht und Dunkel keine entsprechende Periodizität der Zerstreuung zur Folge hatte. Als Beispiel für den gewöhnlichen Verlauf sei ein Versuch mit *Pinus silvestris* angeführt, der Pflanze für welche ERNEST und ZÁČEK ein positives Resultat gefunden haben wollen. Der Spannungsabfall betrug anfänglich 0,140 Volt pro Minute und war noch nicht gestiegen als 2 frische, kräftige Zweige über einen Tag unter der Glocke verweilt hatten.

2. Beobachtung der Aufladung. Versuchspflanzen waren: gärende Hefe in Nährlösung, *Penicillium* und *Phycomyces* auf Brot, *Cladophora* mit anhängendem Wasser, ebenso *Sphagnum* und *Elodea*; ferner *Evernia*, frische und dürre Zweige von *Pinus silvestris*,

1) Verunreinigungen durch Spuren radioaktiver Substanzen bilden nach den Erfahrungen des einen von uns eine gar nicht seltene Fehlerquelle bei feineren Ionisationsmessungen.

Blätter von *Primula obconica*, bewurzelte Exemplare mit mehreren Blättern von *Phaseolus* und *Pisum* in Sägespänen kultiviert, die Wurzeln entweder in Wasser in oben mit Plastolin abgedichteten Reagenzgläsern oder mit anhängendem Wasser frei in Luft. Die Pflanzen waren an der aufgeladenen Innenwand der Glocke befestigt und kamen stets in solchen Mengen zur Verwendung, daß der von Stanniol freie Teil der Glockenwand möglichst vollständig mit ihnen bedeckt war. Die Nährlösung mit der Hefe befand sich in flachen Porzellanschalen, ebenso *Penicillium*, *Phycomyces* und *Cladophora*. Die Belichtung erfolgte wie früher. Durch besondere Versuche überzeugten wir uns, daß vor Einbringen der Pflanze Sättigungsstrom vorhanden war und daß die durch das Einbringen der Pflanze verursachte Kapazitätserhöhung vernachlässigt werden konnte. Kontrollmessungen zeigten ferner, daß bei mehrmaliger Wiederholung des gleichen Versuches (Aufladung unter Glocke ohne Pflanze) die maximale Differenz 0,2 Skalenteile nicht überstieg.

In allen Fällen — mit Ausnahme der gärenden Hefe, von der noch die Rede sein soll — war die Aufladung der Saite in derselben Zeit geringer, wenn die Pflanze sich unter der Glocke befand. Dabei wurde natürlich streng darauf geachtet, daß die gesamte Versuchsanordnung — excl. Vorhandensein und Fehlen der Pflanze — genau dieselbe war, vor allem auch, daß die Bewegung der Saite beidemal im gleichen Skalenbezirk erfolgte. Zur Erläuterung diene ein Protokoll mit *Phaseolus*, Pflanze belichtet.

Glocke +		Glocke —	
Aufladung während 19 Minuten in Skalenteilen		Aufladung während 19 Minuten in Skalenteilen	
ohne Pflanze	mit Pflanze	ohne Pflanze	mit Pflanze
17,4	15,0	15,2	14,0

Da nach Kontrollversuchen die Verringerung der Aufladung weder durch Kapazitäts- noch durch Isolationsänderungen verursacht war, muß die Erklärung in der Zunahme der Luftfeuchtigkeit durch die Transpiration der Pflanzen gesucht werden. Die Ionen werden durch Anlagerung an den Wasserdampf offenbar träger, was eine langsamere Aufladung der Saite zur Folge hat. Gewöhnlich war, wie in diesem Beispiel, das durch die Pflanze verursachte Aufladungsdefizit unter der + Glocke größer als unter der negativen, doch wurde auch (*Primulablätter*) das entgegengesetzte Verhalten beobachtet.

Wie schon erwähnt, bewirkte unter allen Versuchspflanzen nur gärende Hefe eine Steigerung der Ionisation. Wie auch der beigegebene Protokollauszug zeigt, ist die Steigerung am stärksten unter der negativen Glocke. Ferner beobachteten wir eine be-

Glocke +		Glocke —	
Aufladung während 19 Minuten in Skalenteilen		Aufladung während 19 Minuten in Skalenteilen	
ohne Hefe	mit Hefe	ohne Hefe	mit Hefe
17,1	17,3	15,8	17,7

deutende Steigerung nur bei reichlicher Blasenbildung, während bei schwacher Blasenbildung ein Einfluß kaum vorhanden war. Das deutet darauf hin, daß die Zunahme der Ionisation als direkte Folge der Blasenbildung aufzufassen sein wird und nur indirekt mit physiologischer Tätigkeit zusammenhängen dürfte. Diese Auffassung wird bestätigt 1. durch das Fehlen nachweisbarer Ionisation bei allen übrigen Versuchspflanzen, trotz vorhandener Atmung bzw. Assimilation, 2. durch die Tatsache, daß beim Zerspritzeffekt Ionen frei werden. Auch das Vorzeichen stimmt, da beim Zerspritzen — Ionen erzeugt werden.

Versuche mit periodischem Wechsel von Belichtung und Verdunkelung wurden bei Verwendung des LUTZschen Elektrometers nur in geringer Zahl angestellt. Immerhin verdient Erwähnung, daß bei *Phaseolus* die Aufladung der Saite im Licht deutlich schwächer war als im Dunkeln, was wahrscheinlich mit der gesteigerten Transpiration (Wasserdampf) zusammenhängt.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die von uns beobachtete Ionisierung rein physikalisch erklärbar ist und daß die Eingangs erwähnten Angaben über eine Ionisierung der Luft durch physiologische Prozesse in keinem Falle bestätigt werden konnten.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1918

Band/Volume: [36](#)

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

Artikel/Article: [Über Ionisierung der Luft durch Pflanzen. 184-192](#)