

Leben hemmende und fördernde Wirkungen des Ozons auf Pflanzenkeime*)

Jochen Bockemühl

Ozon ist eine besondere Form des Sauerstoffes. Seine Wirkungen auf Pflanzen betrachten wir im folgenden zusammen mit der Frage nach Gesetzmässigkeiten des Lebens überhaupt.

Es ist bekannt, dass Sauerstoff an allen Lebensvorgängen beteiligt ist, sich aber als Luftsauerstoff relativ neutral verhält. In Form des Ozons (O_3) wirkt er auf die meisten Substanzen sehr aggressiv oxydierend, denn diese ist ziemlich instabil und zerfällt leicht in Luftsauerstoff (O_2) und freien Sauerstoff (O). Auch im Innern eines Organismus liegt Sauerstoff überall dort in loser Bindung vor, wo er sich an Lebensvorgängen beteiligt. Er begleitet sie, von einer Verbindung zur andern weiterwandernd.

Zu den wesentlichsten Merkmalen sowohl eines Organismus als auch eines einzelnen Organes gehören die sie begrenzenden Hüllen. Sie grenzen einerseits gegen die Umwelt ab und lassen andererseits ganz bestimmte Wirkungen ins Innere des Organismus gelangen. So entsteht ein Bereich, in welchem eine Sonderentwicklung stattfinden kann. Die Art der Hülle bestimmt das Ausmass und den Charakter dieser Entwicklung.

«Hüllenbildungen» sind nun auch für den Organismus Erde von grosser Bedeutung (G. Wachsmuth 1952). Auch das Ozon bildet eine solche «Hülle» um die Erde. Es entsteht aus dem atmosphärischen Sauerstoff an der UV-Strahlung der Sonne (bei 185 nm = Absorptionsmaximum des O_2), zerfällt aber auch wieder in einem anderen Bereich dieser Strahlung (bei 254 nm = Absorptionsmaximum des O_3). Dabei bildet sich ein Ozon-Überschuss, der in ca. 23 km Höhe am grössten ist. Der Sauerstoff kommt hier am Tage in eine intensive chemische Bewegung und hält dabei den grössten Teil der UV-Strahlung der Sonne zurück.

Das für Lebensprozesse so wichtige Licht kann durch die Ozonhülle einstrahlen. Vom Ultraviolett dringt nur soviel zur Erdoberfläche vor, wie für die Anregung gewisser chemischer Prozesse auf der Erde notwendig ist (z. B. Vitamin D-Bildung in der menschlichen Haut). Ungehindert würde diese Strahlung jede Entwicklung von Leben auf der Erde unmöglich machen und alle organischen Strukturen auflösen. Konzentriertes Ozon wirkt ähnlich. Wenn es dagegen, wie z. B. im Hochgebirge, nur etwas in der Atmosphäre angereichert ist, schreibt man ihm eine heilende und die vitalen Prozesse fördernde Wirkung auf den Menschen zu (s. Tabelle I).

Über den Einfluss des Ozons auf Mikroorganismen (als Bakterizid oder Fungizid) und auf Tiere sowie über die praktische Anwendung von Ozon z. B. bei der Trinkwasserbereitung und in der Medizin gibt es schon eine sehr umfangreiche Literatur (s. Gmelin, 1958, Moeller, 1921 und z. B. Fedtke, 1959, Kittmeier, 1951).

Nach Fonrobert (1916), Gmelin (1958) und Evenary (1961) ist der Einfluss auf höhere Pflanzen bisher nur sehr ungenau untersucht und die Angaben in der Literatur sind z. T. recht widerspruchsvoll. Meist wird die toxische Wirkung auf Pflanzen betont, aber es gibt auch Berichte über eine stimulierende Wirkung des Ozons auf Entwicklung und Wachstum.

Frühere Versuche im Chemisch-Biologischen Laboratorium am Goetheanum hatten gezeigt**), dass Keimpflanzen von Lein u. a., in einer mit Ozon künstlich angereicherten Atmosphäre gezogen, unter bestimmten Bedingungen im Wachstum stark gehemmt wurden und die Möglichkeit verloren, sich auf die Erdschwere auszurichten. Diese verschiedenartigen Wirkungen riefen wir nun im Experiment bei mehreren Pflanzenarten hervor und legten dabei auf die Bestimmung der Ozon-Konzentrationen besonderen Wert, weil über diese in der Literatur genauere Angaben meist fehlen.

*) Diese Arbeit sei im Gedenken an *Guenther Wachsmuth*, dem verstorbenen Leiter der naturwissenschaftlichen Sektion, veröffentlicht. Er zeigte, durch einige Äusserungen Rudolf Steiners dazu angeregt, immer ein besonderes Interesse an den Fragen, die mit dem Ozon zusammenhängen.

Allen, die mir direkt oder indirekt bei der Durchführung der Untersuchungen behilflich waren, möchte ich hiermit meinen Dank aussprechen.

**) Nach mündlichen Mitteilungen von *F. Bessenich* über eigene Untersuchungen.

A. Hemmende Wirkungen von Ozon auf Pflanzenkeime

I. Versuchsanordnung

Wie bei den erwähnten früheren Versuchen verwendeten wir zunächst weissen Phosphor, dessen langsame Oxydation unter normalen Bedingungen auf die umgebende Luft ozonisierend wirkt. Später gingen wir dazu über, das Ozon auf elektrischem Wege herzustellen. Die Wirkungen auf die Pflanzen blieben im wesentlichen die gleichen.

Wir ozonisierten entweder Luft und verdünnten diese mit normaler Luft auf die gewünschte Konzentration oder wir leiteten reinen Sauerstoff durch den Ozonapparat und setzten das ziemlich hochprozentige Ozon-Gemisch dem Luftstrom zu. (Abb. 1 und 2)

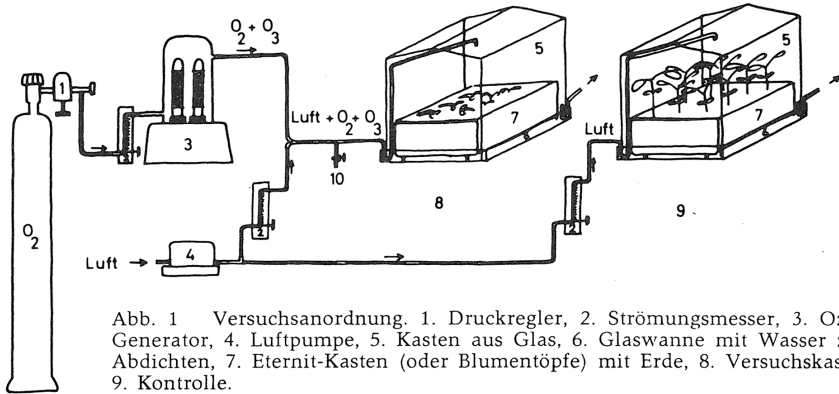
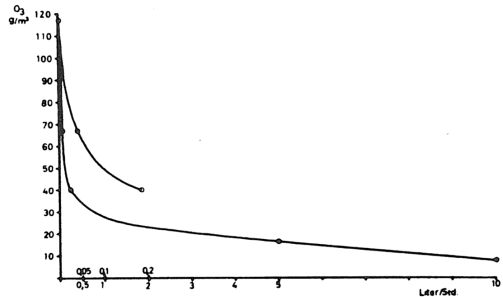


Abb. 1 Versuchsanordnung. 1. Druckregler, 2. Strömungsmesser, 3. Ozon-Generator, 4. Luftpumpe, 5. Kasten aus Glas, 6. Glaswanne mit Wasser zum Abdichten, 7. Eternit-Kasten (oder Blumentöpfe) mit Erde, 8. Versuchskasten, 9. Kontrolle.

Abb. 2 Ozon-Ausbeute unseres Generators von der Firma Balzer in Basel in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit des eingeleiteten Sauerstoffes. Die obere Kurve zeigt den Anfang der unteren Kurve vergrößert. Zu ihr gehören die oberhalb der Abszissenachse angegebenen Werte.



Die zuletzt genannte Methode erlaubte eine genauere Dosierung des Ozon-Stromes und bot die Sicherheit, dass keine Nebenprodukte, z. B. Stickoxyde, entstanden. Die Ozon-Konzentration wurde durch Titration mit Kaliumjodid bestimmt.

Während der Versuche entnahmen wir zur Bestimmung der Ozon-Konzentration Stichproben sowohl am Eingang als auch am Ausgang der Versuchsgefäße. Der Konzentrationsabfall war beträchtlich. Im folgenden sind daher immer die am Eingang gemessenen Werte angegeben. (Vergl. auch Tabelle I)

Die Versuchsanordnung ist in Abb. 1 etwas vereinfacht dargestellt. Wir legten die Samen entweder auf Erde oder auf den oberen Rand eines leeren Blumentopfes. Im ersten Fall drangen die Wurzeln in die Erde ein und entzogen sich der Ozon-Einwirkung, während sie im zweiten Fall dieser ausgesetzt waren.

Die Versuchskästen bestanden anfangs aus Plexiglas. Später hat sich 4 mm starkes Fensterglas, an den Kanten mit «Araldit» verklebt, besser bewährt. Das Wasser in der unteren Glaswanne dichtete den Kasten ab und hielt die Pflanzen feucht.