

## SCHÜLEREXPERIMENTE ZUR EINWIRKUNG VON LUFTVERUNREINIGUNGEN AUF PFLANZEN UND ZUM KOHLENDIOXID-SAUERSTOFF-KREISLAUF

R. KLEE

### *Abstract*

Mimosas react to very low concentrations of  $\text{SO}_2$ . The membranes of certain cells in the leaf of *Rhoeo spathacea* undergo a change following exposure to  $\text{SO}_2$ . In the presence of a certain amount of soil in the fumigation chamber high  $\text{SO}_2$  concentrations are not followed by signs of damage.  $\text{CO}_2$  released by soil microorganisms is utilised in photosynthesis of the green plants.

Im folgenden sollen einige neu entwickelte Schülerversuche zur Diskussion gestellt werden. Eine didaktische Begründung für ihren Einsatz im Unterricht ist z.B. nach dem von Bojunga & Dylla (1972) bzw. Berck (1974) ausgearbeiteten Modellen oder auch nach dem ökologischen Konzept nach Eulefeld (1975) möglich.

Für die Begasungsexperimente verwendeten wir die sog. Glockenmethode (Steubing & Kunze 1972, Härtel & Micklau 1971). Diesem Verfahren liegt das Prinzip zugrunde, daß sich in einem geschlossenen Gefäß über einer  $\text{NaHSO}_3$ -Lösung ein der Konzentration entsprechender  $\text{SO}_2$ -Partialdruck einstellt. Obwohl hinsichtlich der Konzentrationseinstellung ohne größeren Aufwand keine besondere Genauigkeit zu erzielen ist, lassen sich mit dieser Methode bei grünen Pflanzen unterschiedlich starke Schädigungssymptome reproduzieren. Diese Schadbilder ähneln häufig solchen, die durch extreme Klimafaktoren (Hitze, Wassermangel) hervorgerufen werden. Auffallende und eindeutige Schadsymptome fanden wir nach  $\text{SO}_2$ -Begasung an Pflanzen, die in den Epidermisvakuolen Farbstoffe enthalten, z.B. an *Rhoeo spathacea*.

Nach 24 Stunden Begasung mit 250 ppm  $\text{SO}_2$  zeigten sich auf der blauen Unterseite der Blätter dieser Pflanze scharf umgrenzte grüne Flecken, d.h. das vorher vom Farbstoff überdeckte chlorophyllhaltige Gewebe wurde sicht-

Tabelle 1. Reaktionen von *Mimosa pudica* nach Begasung mit 5 bis 7 ppm  $\text{SO}_2$ .

	24 h begast	Kontrolle
Reaktion auf 1. Reizung	+	+
Erholungszeit	20 Min.	10 Min.
Reaktion auf 2. Reizung	-	+
Erholungszeit	-	10 Min.

bar. Die in diesem Fall verwendete Konzentration läßt sich natürlich nicht mit den tatsächlich in Städten vorkommenden Konzentrationen vergleichen, 1 ppm ist dort schon ein hoher Wert. Es gelang lediglich bei der Mimose, diesem Bereich mit sichtbaren Reaktionen nahe zu kommen. Wie Tabelle 1 zeigt, braucht diese Pflanze bei einer  $\text{NaHSO}_3$ -Konzentration von 0,01% (entspricht ca. 5–7 ppm  $\text{SO}_2$ ) eine doppelt so lange Erholungszeit wie die Kontrolle. Auf eine erneute Reizung reagiert die begaste Pflanze nicht mehr.

Um physiologische Reaktionen nach Schadgaseinwirkung zu zeigen, kann die von Lange (1953) entwickelte Methode zur Messung der Flechtenatmung eingesetzt werden. Das Prinzip dieser Methode (s.a. Steubing & Kunze 1972) besteht darin, daß der zu untersuchende Organismus sich in einem geschlossenen Gefäß über einer  $\text{NaHCO}_3$ -Lösung befindet. Ein Indikator (z.B. Methylrot) zeigt an, ob und auch evtl. wieviel  $\text{CO}_2$  absorbiert wird. Begast man die Laubflechte *Hypogymnia physodes* 5 Stunden lang mit ca. 250 ppm  $\text{SO}_2$ , dann ist nach dem beschriebenen Verfahren keine  $\text{CO}_2$ -Abgabe mehr festzustellen.

Eine Möglichkeit, die Schädigung von Zellen durch  $\text{SO}_2$  zu zeigen, besteht in der Begasung der schon erwähnten *Rhoeo spathacea*. Begast man diese Pflanze mit niedriger Konzentration eine Woche lang, so kann man auf Querschnitten schon ohne optische Hilfsmittel erkennen, daß der rot-violette Farbstoff aus den Epidermiszellen ausgetreten ist und sich im gesamten Blatt verteilt hat. Dieses Phänomen ist wohl so zu deuten, daß das  $\text{SO}_2$  die Semipermeabilität der Zellmembranen veränderte — hier sind jedoch noch weitere Untersuchungen zur endgültigen Klärung notwendig.

Für die Luftverunreinigungen gibt es ein sehr wirksames Filter, nämlich den Boden. Nach Untersuchungen von Beilke, Georgii & Schmidt (1973) kommt der Bodenabsorption als Senke des atmosphärischen  $\text{SO}_2$  eine große Bedeutung zu. Ulrich (1975) gibt als negative Folgen eines durch  $\text{SO}_2$  erniedrigten pH des Niederschlagswassers eine Schädigung des biologischen Bodenzustandes und Verjüngungshemmung für die Vegetation an. Die enorme Aufnahmefähigkeit des Bodens für  $\text{SO}_2$  kann folgendermaßen demonstriert werden: Ein Weckglas oder ein ähnliches Gefäß wird zu etwa 1/5 mit Gartenerde gefüllt, darauf stellt man ein Gefäß mit  $\text{NaHSO}_3$ -Lösung und ein Gefäß mit frischen, grünen Pflanzenblättern (z.B. *Tradescantia*-Arten). Als Kontrolle dient ein entsprechend beschicktes Glas, jedoch ohne Gartenerde-Füllung. Wird die  $\text{NaHSO}_3$ -Konzentration so gewählt, daß eine Konzentration von etwa 250 ppm  $\text{SO}_2$  entsteht, zeigen die Pflanzen in dem Gefäß ohne Gartenerde deutliche Schädigungssymptome, während in dem Gefäß mit Erde keinerlei Veränderungen zu sehen sind.

Als Lebensstätte für die Mikroorganismen ist der Boden ein wichtiges Kompartiment eines vollständigen Ökosystems (Walter 1970). Die Beziehung

Tabelle 2. Photosyntheseintensität der Wasserpest

	Gasblasen/Min
Gartenerde	230
Sand	20
Kontrolle	1

„Mikroorganismen produzieren CO<sub>2</sub> – Photosynthese der grünen Pflanzen verbraucht dieses CO<sub>2</sub>“ läßt sich durch folgenden Versuch belegen: Ein Weckglas oder dgl. wird zu etwa 1/3 Gartenerde gefüllt, darauf stellt man ein Becherglas mit durch Abkochen CO<sub>2</sub>-frei gemachten Wassers. In das Wasser wird ein Sproß von *Elodea canadensis* eingetaucht und mit einem Glasstab festgeklemmt. Läßt man diesen Ansatz eine Woche lang gut verschlossen stehen und beleuchtet dann mit einer Schreibtischlampe, beginnt der Wasserpest-Sproß nach etwa 10 bis 20 Minuten Gasblasen zu produzieren. Im entsprechenden Kontrollansatz (d.h. ohne Gartenerde) ist dagegen keine Reaktion festzustellen. Verwendet man anstelle von Gartenerde Sand, entwickeln sich nur wenige Gasblasen. Das Ergebnis eines Zählversuchs gibt Tabelle 2 wieder.

Das Versuchsergebnis ist wohl nur dahingehend zu deuten, daß das von den Bodenmikroorganismen produzierte CO<sub>2</sub> sich in dem Wasser gelöst hat und der Pflanze für die Photosynthese zur Verfügung steht.

### Zusammenfassung

Es werden Schülerexperimente beschrieben, die folgende Ergebnisse zeigen: Mimosen reagieren auf sehr niedrige SO<sub>2</sub>-Konzentrationen.

Die Membranen bestimmter Blattzellen von *Rhoeo spathacea* verändern sich nach SO<sub>2</sub>-Einwirkung.

Hohe SO<sub>2</sub>-Konzentrationen führen nicht zu den sonst auftretenden Schädigungen, wenn in dem Begasungsgefäß eine bestimmte Menge Erde vorhanden ist.

Das von den Mikroorganismen im Boden produzierte CO<sub>2</sub> wird von grünen Pflanzen zur Photosynthese verwendet.

### Literatur

- Beilke, S., H.-W. Georgii & R. Schmitt (1973): SO<sub>2</sub>-Senken in der Atmosphäre und am Erdboden. In: Deutsche Forschungsgemeinschaft: Repräsentanz luftchemischer Messungen an background-Stationen. Bonn-Bad Godesberg.
- Berck, K.-H. (1974): Neue Tendenzen im Biologieunterricht. Der Einfluß von Curriculum-Theorien. *Sieger Pädagogische Studien* 16: 10–17.
- Bojunga, W. & K. Dylla (1972): Zur Didaktik eines zeitgemäßen Biologieunterrichts in der Sekundarstufe I. *MNU* 27: 97–106.
- Eulefeld, G. (1975): Ein ökologisches Strukturierungsprinzip für das Biologie-Curriculum in der Sekundarstufe I. In: Kattmann, U. & W. Isensee (Hrsg.): Strukturen des Biologieunterrichts. Köln.
- Lange, O.L. (1953): Hitze- und Trockenresistenz der Flechten in Beziehung zu ihrer Verbreitung. *Flora* 140: 39–97.
- Steubing, L. & Ch. Kunze (1972): Pflanzenökologische Experimente zur Umweltverschmutzung. Heidelberg.
- Ulrich, B. (1975): Die Umweltbeeinflussung des Nährstoffhaushaltes eines bodensauren Buchenwaldes. *Forstw. Cbl.* 94: 280–287.
- Walter, H. (1970): Vegetationszonen und Klima. Stuttgart.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Rainer Klee, Institut für Biologiedidaktik der Universität, Gießen