

# Adaptation von Wildgräsern an langfristige Belastung mit Schwefeldioxid

Birte Vermehren, Andreas Fangmeier und Hans-Jürgen Jäger

## Synopsis

The adaptation of four grass species to sulphur dioxide pollution has been investigated in an open top chamber experiment. Growth and stomatal conductance were only slightly affected by the SO<sub>2</sub> treatment, but measurements of peroxidase activity and glutathione content indicated an increased tolerance of populations from polluted sites.

*Adaptation, SO<sub>2</sub>, Gräser, Wachstum, Antioxidantien, Open-Top-Kammer.*

*Adaptation, SO<sub>2</sub>, grasses, growth, antioxidants, open top chamber.*

## 1. Einleitung

Anpassung von Gräsern an langfristige Belastung der Luft mit SO<sub>2</sub> konnte bereits von AYAZLOO & BELL (1981) und DUECK & al. (1988) beobachtet werden. Mechanismen der Resistenz gegen SO<sub>2</sub> bestehen bei akuten Konzentrationen in der »avoidance« des Schadgases durch das Schließen der Stomata (AYAZLOO & al. 1982), bei chronischer Belastung hingegen in einer biochemischen Toleranz, für die das antioxidative System mitverantwortlich ist (MADAMANCHI & ALSCHER 1991).

In dem hier beschriebenen Experiment wurde untersucht, ob in Deutschland verbreitete Wildgräser aus stark mit Schwefeldioxid belasteten Gebieten an dieses Schadgas angepaßt sind. Gräser verschiedener Herkunft wurden in Open-Top-Kammern erhöhten SO<sub>2</sub>-Konzentrationen ausgesetzt, und verschiedene Wachstumsparameter, stomatares Verhalten, Schwefelgehalt und Bestandteile des antioxidativen Systems (Gesamtperoxidase-Aktivität und Glutathiongehalt) wurden erfaßt.

## 2. Material & Methoden

### 2.1 Versuchspflanzen

*Poa pratensis* L. (Wiesenrispengras), *Dactylis glomerata* L. (Knautgras), *Holcus lanatus* L. (Wolliges Honiggras) und *Arrhenatherum elatius* L. (Glatthafer).

### 2.2 Herkunftsorte des Saatguts

- Gebiete mit hoher und schon lange währender SO<sub>2</sub>-Belastung finden sich im Süden der ehemaligen DDR (Herkünfte 1–3), wohingegen die Luft in Hüttenberg (Herkunft 4) nur geringfügig mit SO<sub>2</sub> verunreinigt ist.
- Herkunft 1, ZÖSCHEN: zwischen Halle und Leipzig, Jahresmittel der SO<sub>2</sub>-Immissionen um 150 µg/m<sup>3</sup>,
  - Herkunft 2, MÖLBIS: ca. 10 km südöstlich von Leipzig, über lange Zeit extrem belasteter Standort, über 200 µg/m<sup>3</sup> SO<sub>2</sub>,
  - Herkunft 3, SENFTENBERG: zwischen Cottbus und Dresden, SO<sub>2</sub>-Immissionen >50 µg/m<sup>3</sup>,
  - Herkunft 4, HÜTTENBERG: zwischen Gießen und Wetzlar, gering belasteter Standort mit <20 µg/m<sup>3</sup> SO<sub>2</sub> (Immissionsdaten UMWELTBUNDESAMT pers. Mitteilg.).

### 2.3 SO<sub>2</sub>-Exposition

Die SO<sub>2</sub>-Exposition fand im Sommer 1992 auf der Open-Top-Anlage des Instituts für Pflanzenökologie der Justus-Liebig-Universität Gießen statt. Die im Gewächshaus angezogenen, sechs Wochen alten Pflanzen wurden 100 Tage lang drei verschiedenen Begasungsvarianten ausgesetzt:

- NF (non-filtered air = Außenluft),
- NF+50 (Außenluft plus 50 ppb=135 µg/m<sup>3</sup> SO<sub>2</sub>) und
- NF+100 (Außenluft plus 100 ppb=270 µg/m<sup>3</sup> SO<sub>2</sub>).

Pro Art, Herkunft und Begasungsvariante wurden 5 parallele Töpfe verwendet. Bewässerung und Düngung erfolgten in einem für die Versuchspflanzen ausreichenden Maß.

### 2.4 Wirkungserhebungen

**Wachstum:** Wöchentlich bonitiert wurden Wuchshöhe und Halmzahl. Zur Biomassebestimmung erfolgten zwei Ernten nach einer Expositionszeit von 8 bzw. 13 Wochen, bei denen 2 bzw. 3 der parallelen Töpfe geerntet wurden. Die Blätter der ersten Ernte wurden bei -80°C eingefroren und dienten den biochemischen Untersuchungen.

**Stomatäre Leitfähigkeit:** Die Messungen wurden mit einem LICOR LI-1600 Steady-State-Porometer jeweils am zweitjüngsten Blatt zum einen tagsüber unter optimalen Strahlungsverhältnissen bei vergleichbaren Außenbedingungen und zum anderen nachts durchgeführt.

**Schwefelgehalt:** Die bei 105°C getrockneten Blätter der Endernte wurden in einer Kaffeemühle gemahlen und der Schwefelgehalt mit einem Schwefelanalysator (LECO SC 132) bestimmt.

**Gesamtperoxidase-Aktivität:** Die Bestimmung erfolgte aus einem Sörensenpufferextrakt der bei -80°C eingefrorenen Blätter nach GRÜNHAGE & JÄGER (1982).

**Glutathiongehalt:** Der Glutathiongesamtgehalt wurde nach GRIFFITH (1980) aus demselben Extrakt wie die Peroxidasen ermittelt.

## 2.5 Statistik

Um den Einfluß von SO<sub>2</sub> und Herkunft auf die untersuchten Parameter zu testen, wurden Varianzanalysen (ANOVA) durchgeführt, an die bei positivem Ergebnis ein LSD-Test angeschlossen wurde.

## 3. Ergebnisse

### 3.1 Wachstum

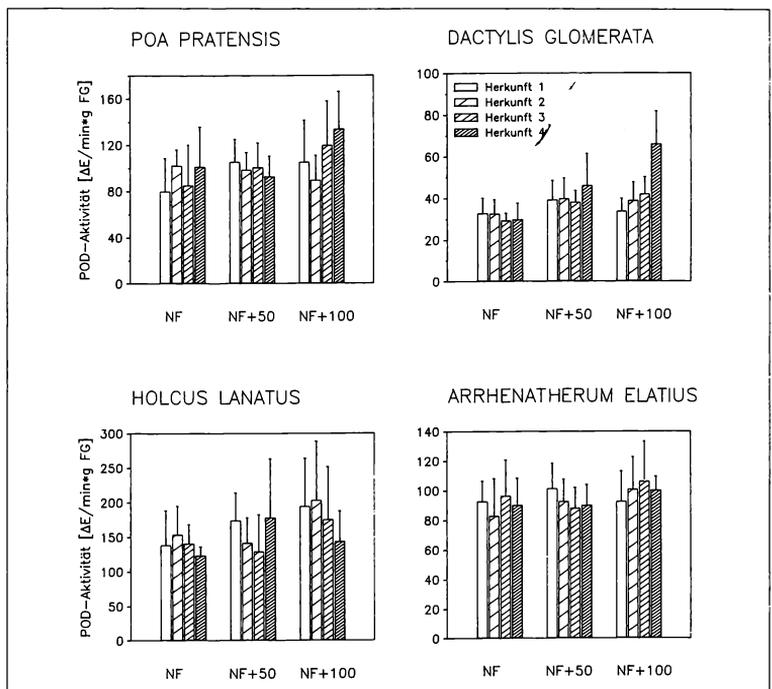
Nur in einzelnen Fällen hatten die SO<sub>2</sub>-Behandlung oder die Herkunft des Saatguts einen Einfluß auf die untersuchten Parameter. So wurde beispielsweise die Wuchshöhe der Knaulgräser aus Hüttenberg durch SO<sub>2</sub> deutlich reduziert. Eine signifikante Reduktion des Sproßgewichts der Hüttenberger Pflanzen trat beim Knaulgras bei der Zwischenernte, beim Glatthafer bei der Endernte auf. Bei den meisten Populationen wurden die Wurzeln eher durch SO<sub>2</sub> geschädigt als die oberirdischen Organe, was eine tendenzielle Vergrößerung der Sproß-Wurzel-Verhältnisse zur Folge hatte.

### 3.2 Stomatäres Verhalten

Die stomatäre Leitfähigkeit aller untersuchter Arten erwies sich sowohl bei den tagsüber als auch bei den nachts durchgeführten Messungen, bei denen alle Spaltöffnungen geschlossen waren, als unbeeinflusst von der Schwefeldioxidbehandlung oder Herkunft.

Abb. 1  
Gesamtperoxidase-Aktivitäten [E (min g FG)<sup>-1</sup>] der vier untersuchten Arten in Abhängigkeit von SO<sub>2</sub>-Behandlung und Herkunft des Saatguts (Hk 1 = Zöschen, Hk 2 = Mölbis, Hk 3 = Senftenberg, Hk 4 = Hüttenberg).

Fig. 1  
Effects of SO<sub>2</sub> treatment on peroxidase activity [E (min g fresh weight)<sup>-1</sup>] of the different grass populations.



3.3 Schwefelgehalt

Bei allen Arten und Herkünften war als Reaktion auf die Schwefeldioxidbehandlung eine signifikante Akkumulation von Schwefel zu beobachten. Eindeutige Korrelationen zwischen dem Schwefelgehalt und der Herkunft konnten nicht gefunden werden.

3.4 Gesamtperoxidase-Aktivität

Die Schwefeldioxidbehandlung bewirkte bei allen Arten einen tendenziellen Anstieg der Peroxidase-Aktivität (Abb. 1). Besonders deutlich ausgeprägt und signifikant war diese Steigerung bei den Hüttenberger Wiesenrispengräsern und den Knaulgräsern aus Hüttenberg und Senftenberg, d.h. den am geringsten mit SO<sub>2</sub> belasteten Gebieten.

3.5 Glutathiongehalt

Die Glutathiongehalte wurden bei allen vier Arten signifikant von der SO<sub>2</sub>-Behandlung beeinflusst.

In Abb. 2 sind die Werte für *Arrhenatherum elatius* dargestellt. (Bei *Poa pratensis* zeigten sich ähnliche Ergebnisse.) Erhöhte Schwefeldioxidkonzentrationen bewirkten bei allen Populationen dieser beiden Arten eine signifikante Steigerung der Glutathiongehalte, die jeweils besonders ausgeprägt bei

den Hüttenberger Pflanzen war. Diese wiesen innerhalb der NF-Behandlung, d.h. ohne SO<sub>2</sub>-Zufuhr, die niedrigsten Werte auf.

Bei den Messungen an *Dactylis glomerata* und *Holcus lanatus* ergaben sich relativ niedrige Werte. Eine Erklärung liegt möglicherweise in der Existenz einer zweiten Glutathionform bei Poaceen (Glutamylcysteinylserin), die durch die GRIFFITH-Methode nur unvollständig nachgewiesen wird (KLAPHECK & al. 1992).

4. Diskussion

In dem hier beschriebenen Experiment hatten Schwefeldioxidkonzentrationen von 50 bzw. 100 ppb nur geringe Auswirkungen auf das Wachstum aller untersuchten Arten, die stomatare Regulationsfähigkeit erwies sich als gänzlich unbeeinflusst. Gründe hierfür können in vergleichsweise geringen SO<sub>2</sub>-Konzentrationen und/oder in den günstigen klimatischen Bedingungen einer Exposition im Sommer liegen.

Erhöhte pflanzliche Schwefelgehalte, wie sie bei allen untersuchten Arten und Populationen auftraten, sind eine generelle Reaktion auf Schwefeldioxid und beruhen auf der pflanzlichen Fähigkeit, den Schwefel zu metabolisieren und in der Vakuole als Sulfat zu lagern (RENNENBERG 1984).

Die unspezifische Aktivität der Peroxidasen ist ein Maß für den oxidativen Stress, dem eine Pflanze

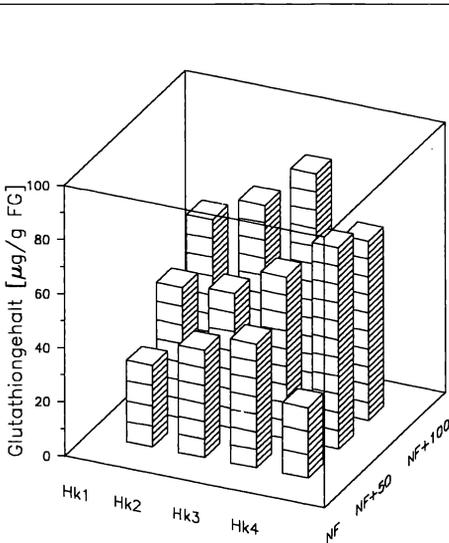


Abb. 2  
**Glutathiongehalt [ $\mu\text{g g}^{-1}$  FG] von *Arrhenatherum elatius* in Abhängigkeit von SO<sub>2</sub>-Behandlung und Herkunft des Saatguts (Hk 1 = Zöschen, Hk 2 = Mölbis, Hk 3 = Senftenberg, Hk 4 = Hüttenberg).**

Fig. 2  
**Effects of SO<sub>2</sub> treatment on glutathione levels [ $\mu\text{g g}^{-1}$  fresh weight] of *Arrhenatherum elatius* populations.**

ausgesetzt ist. Schwefeldioxid verursacht oxidativen Streß, da im Verlauf seiner Metabolisierung Radikale gebildet werden (ALSCHER 1984). Die im Verhältnis stark erhöhten Enzymaktivitäten der Wiesenrispengräser aus Hüttenberg sowie der Knaulgräser aus Hüttenberg und Senftenberg – beides Herkünfte mit geringer SO<sub>2</sub>-Belastung – weisen auf eine geringere Toleranz des Stoffwechsels gegenüber SO<sub>2</sub> hin.

Glutathion bietet ebenfalls Schutz vor oxidativem Streß und wird in SO<sub>2</sub> ausgesetzten Pflanzen in erhöhten Konzentrationen gefunden (BENDER & al. 1986). In der vorliegenden Arbeit waren alle untersuchten Pflanzen in der Lage, auf die vermehrte Radikalbelastung mittels gesteigerter Glutathiongehalte zu reagieren. Bei *Poa pratensis* und *Arrhenatherum elatius* wurde in der höchsten SO<sub>2</sub>-Behandlung von allen Populationen ein ähnliches Niveau erreicht. Die bereits in der Außenluftvariante (ohne SO<sub>2</sub>!) relativ hohen Glutathiongehalte der Pflanzen aus belasteten Gebieten deuten auf eine genetische Anpassung dieser Populationen hin.

Zusammenfassend läßt sich daher sagen, daß insbesondere aufgrund der Messungen von Peroxidaseaktivitäten und Glutathiongehalten eine genetische Anpassung der Wildgräser aus Gebieten mit hoher SO<sub>2</sub>-Belastung zwar aufgezeigt werden konnte, daß aber die verwendeten Konzentrationen zu gering waren, um die Adaptation auch im Wuchs- oder Stomataverhalten deutlich nachzuweisen.

## 5. Literatur

- ALSCHER, R., (1984): Effects of SO<sub>2</sub> on light-modulated enzyme reactions. – In: M.J. KOZIOL & FR. WHATLEY (eds.): Gaseous air pollutants and plant metabolism. – Butterworth, London: 181–200.
- AYAZLOO, M. & BELL, J.N.B., (1981): Studies on the tolerance to sulphur dioxide of grass populations in polluted areas. I. Identification of tolerant populations. – *New Phytol.* 88: 203–222.
- AYAZLOO, M., GARSED, S.G. & BELL, J.N.B., (1982): Studies on the tolerance to sulphur dioxide of grass populations in polluted areas. II. Morphological and physiological investigations. – *New Phytol.* 90: 109–126.
- BENDER, J., JÄGER, H.-J., SEUFERT, G. & ARDNT, U., (1986): Untersuchungen zur Einzel- und Kombinationswirkung von SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub> auf den Stoffwechsel von Waldbäumen in Open-top-Kammern. – *Angew. Bot.* 60: 461–479.
- DUECK, T.A., DIL, E.W. & PASMANN, F.J.M., (1988): Adaptation of grasses in the Netherlands to air pollution. – *New Phytol.* 108: 167–174.
- GRIFFITH, O.W., (1980): Determination of glutathione and glutathione disulfid using glutathione reductase and 2-vinylpyridine. – *Anal. Biochem.* 106: 207–212.
- GRÜNHAGE, L. & JÄGER, H.-J., (1982): Kombinationswirkung von SO<sub>2</sub> und Kadmium auf *Pisum sativum*: II. Enzyme, freie Aminosäuren, organische Säuren und Zucker. – *Angew. Bot.* 56: 167–168.
- KLAPHECK, S., CHROST, B., STARKE, J. & ZIMMERMANN, H., (1992): Glutamylcysteinylserine – a new homologue of glutathione in plants of the family *Poaceae*. – *Bot. Acta* 105: 174–179.
- MADAMANCHI, N.R. & ALSCHER, R., (1991): Metabolic basis for differences in sensitivity of two pea cultivars to sulfur dioxide. – *Plant Physiol.* 97: 88–93.
- RENNENBERG, H., (1984): The fate of excess sulphur in higher plants. – *Ann. Rev. Plant Physiol.* 35: 121–153.

## Adressen

Birte Vermehren, Andreas Fangmeier und  
Hans-Jürgen Jäger  
Institut für Pflanzenökologie der Justus-Liebig-  
Universität Gießen  
Heinrich-Buff-Ring 38, D-35392 Gießen

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1995

Band/Volume: [24\\_1995](#)

Autor(en)/Author(s): Fangmeier Andreas, Jäger Hans-Jürgen,  
Vermehren Birte

Artikel/Article: [Adaptation von Wildgräsern an langfristige Belastung mit Schwefeldioxid 355-358](#)