

RESISTENZVERHALTEN VON BUSCHBOHNEN (*PHASEOLUS VULGARIS*) GEGENÜBER BROMCHLORDIFLUORMETHAN (HALON 1211)

Reinhard Debus und Peter Schröder

ABSTRACT

The present investigation deals with the effects of the gaseous halon 1211 (difluoro-chloro-bromo-methane) on beans (*Phaseolus vulgaris*). The plants were exposed to a concentration of 10 ppb over a period of 45 days. The exposure was followed by a distinct increase of the activity of the glutathione-s-transferases, whereas the protein contents in the exposed plants decreased. For the pigment contents no significant differences were observed between exposed beans and control plants. The lutein contents of the exposed beans were however significantly higher. The exposure to the halogenated methane was followed by increasing transpiration and increasing net-photosynthesis rate. For the control plants, however, lower transpiration coefficients were calculated.

keywords: *Phaseolus vulgaris*, difluoro-chloro-bromo-methane, glutathione-s-transferases, protein content, pigment pattern, photosynthesis, transpiration

1. EINFÜHRUNG

Halone sind vollhalogenierte Methane, die unter anderem zur Brandbekämpfung eingesetzt werden. Hervorragende Eigenschaften dieser Moleküle sind ihre gute Fettlöslichkeit und ihre hohe Inertheit. Das Halon 1211 (CBrClF₂), mit dem die nachfolgend beschriebenen Begasungsversuche durchgeführt wurden, tritt in Höhen zwischen 10 und 15 km bereits in Konzentrationen von 2 ppt auf (FIEDLER 1989). Wie eine kürzlich erstellte Literaturstudie ergab, sind die Kenntnisse über die Wirkungen von halogenierten Kohlenwasserstoffen (HKW) äußerst lückenhaft (DEBUS et al. 1989). Zu nennen sind die Arbeiten von FRANK und FRANK (1985, 1986), in denen von Beeinflussungen verschiedener Stoffwechselwege durch HKW in Verbindung mit UV-Einstrahlungen berichtet wird. DEBUS und SCHRÖDER (1989) stellten neben der Veränderung verschiedener Stoffwechselvorgänge durch Bromchlordifluormethan eine vorzeitige Alterung bei Kresse fest.

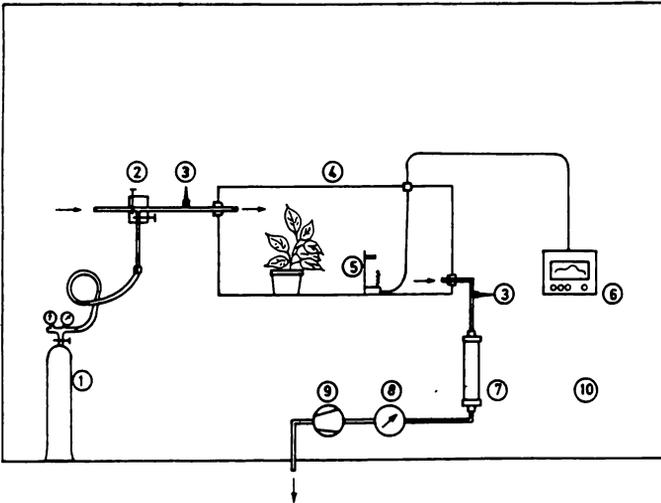
In den hier vorgestellten Begasungsversuchen sollten die Wirkungen von Halon 1211 auf Buschbohnen (*Phaseolus vulgaris*) aufgezeigt werden. Die Untersuchungen beinhalteten die Parameter Pigmentgehalte, Aktivitäten der Glutathion-S-Transferasen und Proteingehalte. Zusätzlich erfolgten die Messungen der Photosynthese und Transpiration.

2. MATERIAL UND METHODEN

Begasung und Mikroklima

Die Buschbohnen wurden in Begasungsküvetten einer Halonkonzentration von 10 ppb ausgesetzt. Dazu mußte das Eichgas (Firma Messer Griesheim) mit einer Halonkonzentration von 10 ppm um den Faktor 1000 verdünnt werden. Dies erfolgte mit der Dosierungseinheit 210 der Firma aadco Rockville USA. An Probenahmestellen vor dem Gaseinlaß und am -auslaß der Küvetten konnten mittels Headspeaceröhrchen Gasproben entnommen und im Gaschroma-

tografen auf ihre Halonkonzentration untersucht werden. Insgesamt standen 4 Küvetten mit einem Rauminhalt von 200 l zur Verfügung, die in einer begehbaren Klimakammer installiert waren (Abb. 1). Die exponierten Buschbohnen wurden im Tagesgang Lufttemperaturen zwischen 9 und 23 °C, Luftfeuchtigkeiten um 80 % und Beleuchtungsstärken bis 31000 Lux ausgesetzt (DEBUS und SCHRÖDER, 1989).



1. Gasflasche - Halon
2. Gasdosierung
3. Probenahmestellen - Gasanalytik
4. Begasungsküvette
5. Mikroklimasensoren
6. Schreiber für Mikroklima
7. Aktivkohlefilter
8. Gasuhr
9. Pumpe
10. begehbare Klimakammer

Abb. 1: Schematische Darstellung der Begasungsanlage

Pflanzenmaterial

Die Buschbohnen (*Phaseolus vulgaris*) wurden in Blumentöpfen mit halbautomatischer Wasserversorgung ausgesät und 45 Tage exponiert. Für die Untersuchungen standen je Behandlungsort (Begasung und Kontrolle) 16 Pflanzen zur Verfügung.

Pigmentgehalte

Die Extraktion der Pigmente erfolgte mit Dimethylformamid. Mittels HPLC konnten die Pigmente Chlorophyll a + b, Carotin, Neoxanthin, Violaxanthin und Lutein quantifiziert werden.

Proteingehalte und Enzymaktivitäten

Nach der Extraktion von 5 g frischem Blattmaterial und anschließender Filtration wurde der abdekantierte Überstand einer fraktionierten Ammonium-Sulfat-Fällung unterworfen. Im Anschluß an eine erneute Zentrifugation und Resuspension der Pellets wurden die Proben 24 h

gegen das 300fache Puffervolumen dialysiert. Die Proteinbestimmung in Rohextrakt, 0 - 40 % und 40 - 80 % Fraktion, erfolgte nach der Methode von BRADFORD (1976). Die Aktivität der Glutathion-S-Transferasen in den Fraktionen wurde spektralphotometrisch nach der Methode von HABIG et al. (1974) mit dem Standardsubstrat CDNB (1. Chlor 2.4 Dinitrobenzol) gemessen.

Photosynthese und Transpiration

Die Messung der Photosynthese und Transpiration erfolgte während der Exposition mit einem CO₂/H₂O Porometer der Firma Walz, Effeltrich. Dazu wurden für kurze Dauer einzelne Blätter der Buschbohnen, die mit der Mutterpflanze in Verbindung blieben, verletzungsfrei in eine Gaswechsel-Küvette eingespannt.

Die CO₂-Aufnahme oder -Abgabe der eingeschlossenen Blattfläche sowie ihre Wasserdampf-abgabe wurden mit einem Infrarot-Gasanalysator nach dem Differenzverfahren ermittelt (LANGE und WALZ, 1984).

3. ERGEBNISSE

Pigmentgehalte

Tabelle 1 zeigt die Pigmentkonzentrationen der Buschbohnen in Abhängigkeit von der Exposition. Die aufgelisteten Werte sind Mittelwerte, errechnet aus 4 Parallelen pro Behandlungsart. Bezüglich der Pigmente Chlorophyll a + b konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den begasten Buschbohnen und den Kontrollpflanzen nachgewiesen werden. Dies gilt auch für die Carotinoide, Neoxanthin, Violaxanthin und das Carotin. Allerdings zeigte sich eine deutliche Steigerung (69 %) der Luteingehalte in den begasten Buschbohnenblättern.

Tab. 1: Pigmentgehalte (mg/g Frischgewicht) der Buschbohnen

mg/g FG	Chl.a	Chl.b	Carotin	Neoxant.	Violaxant.	Lutein
Kontrolle	1,307	0,767	0,011	0,062	0,044	0,343
	± 0,162	± 0,075	± 0,005	± 0,011	± 0,013	± 0,051
Begasung	1,406	0,830	0,009	0,058	0,056	0,579
	± 0,153	± 0,069	± 0,007	± 0,011	± 0,008	± 0,152

Proteingehalte

Die Extraktion der Proteine aus den Blättern der Buschbohnen zeigte das für Ammonium-Sulfat-Fällungen typische Muster. So wurde der größte Anteil an Protein im Bereich zwischen 0 und 40 % Salzkonzentration (1. Fällung) gefällt, ein weitaus geringerer Teil im Rohextrakt und der 40 - 80 % Fraktion (2. Fällung). Im Gesamtproteingehalt der Buschbohne konnten nach Begasung mit Halon 1211 leichte Abnahmen in den beiden Ammonium-Sulfat-Fractionen festgestellt werden (Tab. 2). Der Rückgang der Proteingehalte betrug 3 % bzw. 9 %.

Tab. 2: Proteingehalte (mg/g Frischgewicht) im Blatt der Buschbohne

mg/g FG	Rohextrakt	1. Fällung	2. Fällung
Kontrolle	1,00	2,15	1,03
	± 0,04	± 0,07	± 0,02
Begasung	1,06	2,08	0,94
	± 0,13	± 0,06	± 0,02

Enzymaktivitäten (Glutathion-S-Transferasen)

In den Blättern von unbegasteten Buschbohnen ließen sich Aktivitäten von Glutathion-S-Transferasen (GST) nachweisen. Diese Transferasen sind in der Lage halogenierte Substanzen durch Konjugation mit Glutathion zu entgiften. Der spektralphotometrische Test zeigte, daß die Glutathion-S-Transferasen im 40 - 80 % Schritt der Ammonium-Sulfat-Fällung präzipitieren. In dieser 2. Fällung lag die Enzymaktivität in den begasteten Bohnen 131 % über derjenigen in den Kontrollpflanzen (Tab. 3).

Tab. 3: Aktivitäten der Glutathion-S-Transferasen ($\mu\text{mol Konjugat/g Frischgewicht} \cdot \text{min}$) im Blatt der Buschbohne

$\mu\text{mol Konjugat/g FG} \cdot \text{min}$	Rohextrakt	1. Fällung	2. Fällung
Kontrolle	45,83 $\pm 5,75$	50,05 $\pm 4,00$	206,35 $\pm 15,10$
Begasung	95,78 $\pm 39,95$	73,47 $\pm 21,55$	477,30 $\pm 5,30$

Transpiration und Photosynthese

An den Buschbohnen erfolgten während der Exposition Messungen der Transpirations- und der Nettophotosyntheseraten. Dargestellt sind die mittleren Tagesgänge bestehend aus 3 - 6 Einzelmessungen je aufgetragener Tageszeit.

Transpiration

Die begasteten Buschbohnen zeigten am Vormittag eine deutlich höhere Wasserdampfabgabe als die Kontrollpflanzen. Über die Mittagszeit lag die Transpirationsrate der Kontrollbohnen über derjenigen der begasteten Bohnen (Abb. 2). Um den Vergleich der Transpirationsraten zwischen den begasteten und den unbegasteten Pflanzen zu ermöglichen, wurden die Integrale der Tagesgänge berechnet (KÖRNER 1976; DEBUS 1987) (Tab. 4). Dabei stellte sich heraus, daß die in der halonhaltigen Atmosphäre exponierten Buschbohnen eine leichterhöhte, aber von den Kontrollpflanzen nicht signifikant unterschiedene Transpirationsrate aufwiesen.

Tab. 4: Transpirationsrate der Buschbohne in Abhängigkeit von der Exposition

$\mu\text{g H}_2\text{O/m}^2 \cdot \text{sec}$	8 ⁰⁰	9 ⁰⁰	10 ³⁰	11 ³⁰	13 ³⁰	15 ³⁰
Kontrolle	1,44 $\pm 1,00$	0,15 -	0,53 $\pm 0,30$	1,04 $\pm 0,48$	2,03 $\pm 0,97$	1,64 $\pm 0,82$
Begasung	1,25 $\pm 0,34$	0,60 -	0,96 $\pm 0,58$	1,39 $\pm 0,39$	1,41 $\pm 0,91$	1,74 $\pm 0,81$

Kontrolle	15 ³⁰ 8 ⁰⁰	Transpirationsrate dt = 8,84 = 100 %
Begasung	15 ³⁰ 8 ⁰⁰	Transpirationsrate dt = 9,23 = 104 %

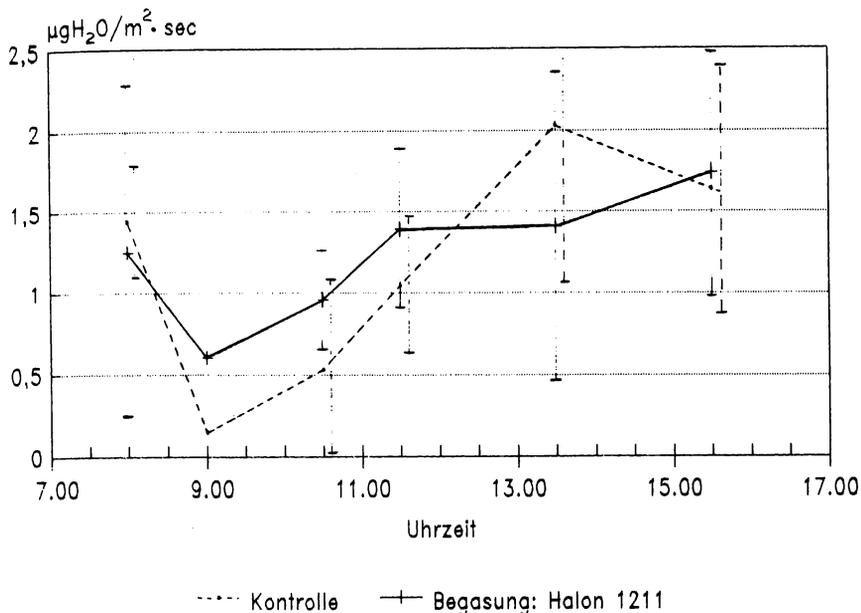


Abb. 2: Transpirationsrate der Buschbohne

Photosynthese

Die Messungen der Nettophotosyntheseraten wurden zu den gleichen Zeitpunkten durchgeführt wie die der Transpiration. In der Abbildung 3 ist zu sehen, daß die Photosyntheseraten der begasten Buschbohnen besonders in den Vormittagsstunden deutlich über den Syntheseraten[⊕] der Kontrolle lagen. Beim Vergleich der Integrale beider Tagesgänge zeigte sich bei den begasten Bohnen eine 30 % höhere Nettophotosyntheserate (Tab. 5), die aber nicht signifikant von derjenigen der Kontrollpflanzen unterschieden war.

Tab. 5: Nettophotosyntheserate der Buschbohne in Abhängigkeit von der Exposition

µg CO ₂ /m ² · sec	8 ⁰⁰	9 ⁰⁰	10 ³⁰	11 ³⁰	13 ³⁰	15 ³⁰
Kontrolle	42,75 ± 4,60	55,71 -	121,35 ± 48,45	166,72 ± 29,90	145,64 ± 37,08	97,70 ± 28,70
Begasung	40,41 ± 12,49	141,11 -	221,72 ± 12,35	182,03 ± 54,27	150,55 ± 44,13	99,54 ± 52,73

Kontrolle	15 ³⁰ 8 ⁰⁰	Nettophotosyntheserate dt = 881,77 = 100 %
Begasung	15 ³⁰ 8 ⁰⁰	Nettophotosyntheserate dt = 1147,43 = 130 %

Enzymaktivitäten (Glutathion-S-Transferasen)

In den Blättern von unbegasteten Buschbohnen ließen sich Aktivitäten von Glutathion-S-Transferasen (GST) nachweisen. Diese Transferasen sind in der Lage halogenierte Substanzen durch Konjugation mit Glutathion zu entgiften. Der spektralphotometrische Test zeigte, daß die Glutathion-S-Transferasen im 40 - 80 % Schritt der Ammonium-Sulfat-Fällung präzipitieren. In dieser 2. Fällung lag die Enzymaktivität in den begasteten Bohnen 131 % über derjenigen in den Kontrollpflanzen (Tab. 3).

Tab. 3: Aktivitäten der Glutathion-S-Transferasen ($\mu\text{mol Konjugat/g Frischgewicht} \cdot \text{min}$) im Blatt der Buschbohne

$\mu\text{mol Konjugat/g FG} \cdot \text{min}$	Rohextrakt	1. Fällung	2. Fällung
Kontrolle	45,83 $\pm 5,75$	50,05 $\pm 4,00$	206,35 $\pm 15,10$
Begasung	95,78 $\pm 39,95$	73,47 $\pm 21,55$	477,30 $\pm 5,30$

Transpiration und Photosynthese

An den Buschbohnen erfolgten während der Exposition Messungen der Transpirations- und der Nettophotosyntheseraten. Dargestellt sind die mittleren Tagesgänge bestehend aus 3 - 6 Einzelmessungen je auftragener Tageszeit.

Transpiration

Die begasteten Buschbohnen zeigten am Vormittag eine deutlich höhere Wasserdampfabgabe als die Kontrollpflanzen. Über die Mittagszeit lag die Transpirationsrate der Kontrollbohnen über derjenigen der begasteten Bohnen (Abb. 2). Um den Vergleich der Transpirationsraten zwischen den begasteten und den unbegasteten Pflanzen zu ermöglichen, wurden die Integrale der Tagesgänge berechnet (KÖRNER 1976; DEBUS 1987) (Tab. 4). Dabei stellte sich heraus, daß die in der halonhaltigen Atmosphäre exponierten Buschbohnen eine leichterhöhte, aber von den Kontrollpflanzen nicht signifikant unterschiedene Transpirationsrate aufwiesen.

Tab. 4: Transpirationsrate der Buschbohne in Abhängigkeit von der Exposition

$\mu\text{g H}_2\text{O/m}^2 \cdot \text{sec}$	8 ⁰⁰	9 ⁰⁰	10 ³⁰	11 ³⁰	13 ³⁰	15 ³⁰
Kontrolle	1,44 $\pm 1,00$	0,15 -	0,53 $\pm 0,30$	1,04 $\pm 0,48$	2,03 $\pm 0,97$	1,64 $\pm 0,82$
Begasung	1,25 $\pm 0,34$	0,60 -	0,96 $\pm 0,58$	1,39 $\pm 0,39$	1,41 $\pm 0,91$	1,74 $\pm 0,81$

Kontrolle	15 ³⁰ ┌ 8 ⁰⁰ └	Transpirationsrate dt = 8,84 = 100 %
Begasung	15 ³⁰ ┌ 8 ⁰⁰ └	Transpirationsrate dt = 9,23 = 104 %

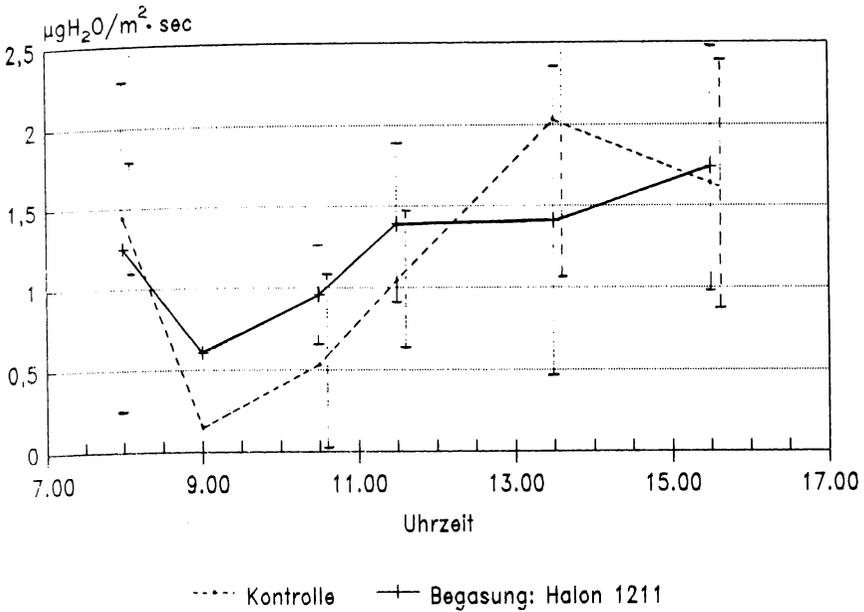


Abb. 2: Transpirationsrate der Buschbohne

Photosynthese

Die Messungen der Nettphotosyntheseraten wurden zu den gleichen Zeitpunkten durchgeführt wie die der Transpiration. In der Abbildung 3 ist zu sehen, daß die Photosyntheseraten der begasten Buschbohnen besonders in den Vormittagsstunden deutlich über den Syntheseraten_⊖ der Kontrolle lagen. Beim Vergleich der Integrale beider Tagesgänge zeigte sich bei den begasten Bohnen eine 30 % höhere Nettphotosyntheserate (Tab. 5), die aber nicht signifikant von derjenigen der Kontrollpflanzen unterschieden war.

Tab. 5: Nettphotosyntheserate der Buschbohne in Abhängigkeit von der Exposition

µg CO ₂ /m ² · sec	8 ⁰⁰	9 ⁰⁰	10 ³⁰	11 ³⁰	13 ³⁰	15 ³⁰
Kontrolle	42,75 ± 4,60	55,71 -	121,35 ± 48,45	166,72 ± 29,90	145,64 ± 37,08	97,70 ± 28,70
Begasung	40,41 ± 12,49	141,11 -	221,72 ± 12,35	182,03 ± 54,27	150,55 ± 44,13	99,54 ± 52,73

Kontrolle	$\int_{8^{00}}^{15^{30}}$	Nettphotosyntheserate dt = 881,77 = 100 %
Begasung		Nettphotosyntheserate dt = 1147,43 = 130 %

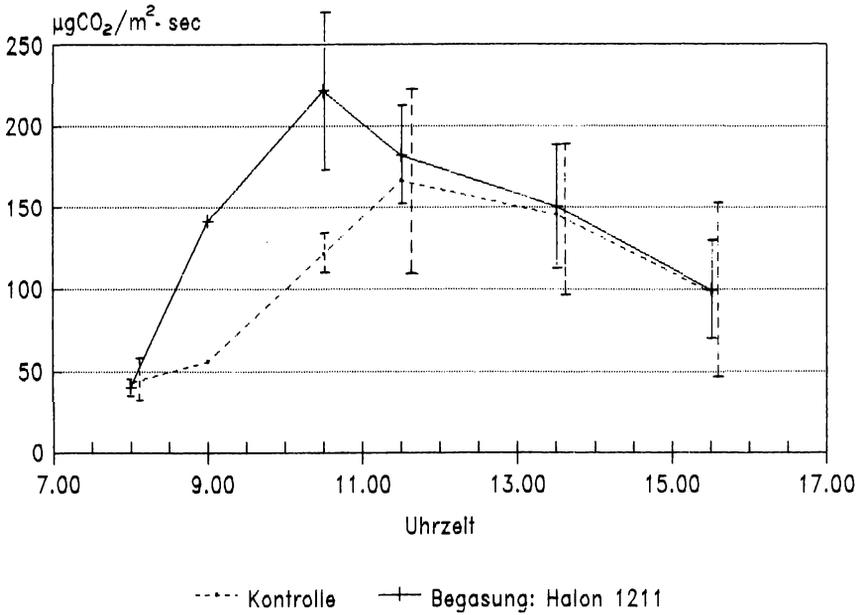


Abb. 3: Nettphotosyntheserate der Buschbohne

Transpirationskoeffizient

Der Transpirationskoeffizient ist ein Maß für die Effektivität der Wasserausnutzung der Pflanzen, bezogen auf die Photosyntheserate. Der Vergleich der Tagesgänge von Kontroll- und begasten Bohnen läßt keine eindeutige Aussage zu. Die Berechnung der Integrale beider Tagesgänge ergab, daß die Wassernutzung der begasten Buschbohnen 4 % schlechter war, sich aber nicht signifikant unterschieden (Tab. 6).

Tab. 6: Transpirationskoeffizient der Buschbohne in Abhängigkeit von der Exposition

	8 ⁰⁰	9 ⁰⁰	10 ³⁰	11 ³⁰	13 ³⁰	15 ³⁰
Kontrolle	32,6 ± 20,8	2,7 -	4,8 ± 3,7	6,1 ± 2,0	13,4 ± 3,5	17,0 ± 7,1
Begasung	33,2 ± 13,2	5,1 -	4,4 ± 2,8	8,6 ± 4,4	9,1 ± 4,8	21,8 ± 12,0

Kontrolle	15 ³⁰ 8 ⁰⁰	Transpirationskoeffizient dt = 78,6 ^ 100 %
Begasung	15 ³⁰ 8 ⁰⁰	Transpirationskoeffizient dt = 81,4 ^ 104 %

4. DISKUSSION

Die Begasung mit dem Halon 1211 (Bromchlordifluormethan) führte in der Konzentration von 10 ppb nach 45 Tagen zu Veränderungen im Stoffwechsel der Buschbohnen, die mindestens teilweise als Entgiftungsversuche gedeutet werden müssen.

Dazu können die Aktivitätssteigerungen der Glutathion-S-Transferasen (GST) in den begasten Buschbohnen gezählt werden. Von dieser Enzymklasse ist bekannt, daß sie zur Entgiftung halogener Kohlenwasserstoffe durch Konjugation mit Glutathion beitragen kann (LAMOUREX & RUSNESS, 1989).

Beim Gesamt-Proteingehalt konnte nach Begasung mit Halon 1211 eine leichte Abnahme in den verschiedenen Ammonium-Sulfat-Fractionen nachgewiesen werden. Diese Daten wiesen auf eine Schwächung des Stoffwechsels der begasten Bohnen unter dem Einfluß des Schadstoffes hin, da die Aktivitätssteigerung der GST nicht mit einer Erhöhung der Proteingehalte einherging.

Bei Begasungsversuchen mit Halon 1211 konnten DEBUS und SCHRÖDER (1989) deutliche Pigmentverluste in den begasten Kressepflanzen nachweisen. Besonders betroffen waren die Chlorophylle a + b, weniger die akzessorischen Carotinoide. Diese Befunde zeigten Ähnlichkeiten zu den Veränderungen, die in Nadelbäumen nach der Einwirkung von Trichlorethan auftraten (FRANK und FRANK, 1986). Bei den Buschbohnen konnten bezüglich der Pigmente Chlorophyll a + b keine signifikanten Unterschiede zwischen den begasten Buschbohnen und den Kontrollpflanzen nachgewiesen werden. Allerdings zeigten sich in den mit 10 ppb Halon begasten Bohnen deutlich höhere Luteingehalte.

Die Buschbohnen reagierten auf die Begasung mit einem Anstieg der Nettophotosyntheserate. Bei den Kontrollpflanzen konnten geringfügig niedrigere Transpirationsraten gemessen und etwas kleinere Transpirationskoeffizienten errechnet werden. Die Ergebnisse legen den Schluß nahe, daß die Begasung mit Bromchlordifluormethan die Regulationsfähigkeit der Stomata eingeschränkt haben könnte. Ähnliche Reaktionen sind von Pflanzen bekannt, die unter schweligen SO₂-Dosen ausgesetzt waren (HOCK und ELSTNER, 1988).

DANKSAGUNG

Frau G. Host danken wir für die sorgfältig durchgeführten Analysen.

LITERATUR

- BRADFORD M.M., 1976: A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dyebinding. - *Analyt. Biochem.* 72: 248-254.
- DEBUS R., 1987: Untersuchungen zum Wasserhaushalt von *Myrceugenia exsucca* und *Temu divaricatum* in Relation zur Morphologie und Anatomie der Wurzel an Überflutungsstandorten. - *Dissertationes Botanicae* Band 100, J. Cramer, Stuttgart.
- DEBUS R., DITTRICH B., SCHRÖDER P., VOLMER J., 1989: Bestandsaufnahme organischer Schadstoffe - Möglichkeiten der Bioindikation. - *Handbuch des Umweltschutzes*, Verlag ecomed.
- DEBUS R., SCHRÖDER P., 1989: Wirkung von Halon (Bromchlordifluormethan) auf Kresse. - VDI-Tagung: Halogenierte organische Verbindungen in der Umwelt, 25. - 27.04.1989, Mannheim. Im Druck.
- FIEDLER H., 1989: Bromierte Gase bedrohen Atmosphäre. - *UWSF-Z. Umweltchem. Ökotox.* 1: 2.
- FRANK H., FRANK W., 1985: Chlorophyll-bleaching by atmospheric pollutants and sunlight - a probable cause of tree damages observed in recent years. - *Naturwissenschaften* 72: 139-141.
- FRANK H., FRANK W., 1986: Photochemical activation of chloroethene leading to destruction of photosynthetic pigments. - *Experienta* 42: 1267-1269.

- HABIG W.H., PAPST M.J., JAKOBY W.B., 1974: Glutathione-s-transferases, the first enzymatic step in mercapturic acid formation. - J. Biol. Chem. 249: 7130-7139.
- HOCK B., ELSTNER E.F., 1988: Schadwirkungen auf Pflanzen. - B.J. Wissenschaftsverlag, Mannheim, Wien, Zürich.
- KÖRNER Ch., 1976: Wasserhaushalt und Spaltenverhalten von *Loiseleuria procumbens* und *Calluna vulgaris*. - Dissertation Universität Innsbruck.
- LAMOUREUX G.L., RUSNESS D.G., 1989: The role of glutathione and glutathione-s-transferases in pesticide metabolism, selectivity, and mode of action in plants and insects. - In: DOLPHIN D., POULSON R., AVRAMOVIC O. (Eds.): Coenzymes and cofactors. Vol. III B. J. Wiley & Sons, New York.
- LANGE O.L., WALZ H., 1984: CO₂/H₂O Porometer zur Messung von CO₂-Gaswechsel und Transpiration an Pflanzen unter natürlichen Bedingungen. - Heinz Walz, Meß- und Regeltechnik, Effeltrich.

ADRESSE

Dr. Reinhard Debus
Fraunhofer-Institut für
Umweltchemie und Ökotoxikologie
D-W-5948 Schmallebenberg

Dr. Peter Schröder
Fraunhofer-Institut für
Atmosphärische Umweltforschung
D-W-8100 Garmisch-Patenkirchen

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: [19_3_1991](#)

Autor(en)/Author(s): Schröder Peter, Debus Reinhard

Artikel/Article: [Resistenzverhalten von Buschbohnen \(*Phaseolus vulgaris*\) gegenüber Bromchlordifluormethan \(Halon 1211\) 189-196](#)