

Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Kiel 1977 (1978):

Einfluß von Cadmium auf *Glyceria maxima* (HARTM.) HOLBG.

Teil II. Cd-Gehalt der Sprosse

Freidun Raghi-Atri und Hans-Dieter Schenke

For two years, *Glyceria maxima* was examined under controlled experimental conditions with different levels of Cd (0, 5, 25, 50, 100, 200 ppm) and increased nitrogen and phosphorus contents in the soil.

The plant has a considerable ability for taking up Cadmium; contents in shoot and leaf sheath are higher than in the leaf. Plants attacked by *Ustilago longissima* show by far higher Cd contents; regarding the food chains this will have an impact on the remaining ecosystem.

1. Einleitung

Wie berichtet (RAGHI-ATRI 1978), ruft Zugabe von Cd (bei gleichzeitig hohen Konzentrationen von N und P) zu Gefäßkulturen von *Glyceria maxima* ab 100 ppm starke chlorotische Erscheinungen und eine starke Ertragsdepression hervor. Bei Pflanzen, die mit *Ustilago longissima* befallen waren, trat diese Depression schon bei geringeren Konzentrationen ein und war bei höheren Konzentrationen wesentlich stärker ausgeprägt. Um etwas über die Ursachen dieses Effekts zu erfahren, war es von Interesse, den Cd-Gehalt der Pflanzen zu kennen. Es wurden daher die Spreiten sowie Blattscheiden und Halme von *Glyceria* auf ihren Gehalt an Cd analysiert.

2. Entnahme und Vorbereitung des Probenmaterials

Ende Juli 1976 wurden die gesamten oberirdischen Pflanzenteile geerntet, und zwar Blattspreite, Blattscheide und Halm getrennt. Die Proben wurden gefriergetrocknet (Leybold-Heraeus GT 2) und anschließend gemahlen (Schwingmühleneinsatz: Widia-Hartmetall). Das feingemahlene Pflanzenpulver wurde in Plastikdosen gefüllt, in Metall Dosen evakuiert und bei -27°C aufbewahrt. Bei der Entnahme der Pflanzenproben wurden auch Proben aus dem Uferbereich der Unterhavel (UH) entnommen. Die Entnahme erfolgte zur gleichen Zeit wie bei den Versuchsgefäßen im Gewächshaus auf einer Fläche von 10 m^2 (UH), die Anzahl der entnommenen Pflanzen betrug 20.

Der Standort UH befindet sich am Ostufer der Unterhavel, ca. 4 km südlich des Grunewaldturmes (Große Steinlanke). Die Probenahmefläche, die zeitweilig im Jahr überflutet wird, liegt am Rand eines dichten *Phragmites*-Gürtels, ca. 150 m von einer im Sommer stark befahrenen Straße entfernt. Der Boden ist mineralisch mit wenig organischem Material an der Oberfläche. Die Unterhavel ist ein eutrophes Gewässer mit hohen P- und N-Gehalten; so betrug der Gesamt-N-Gehalt (ohne org. N) 4.43 mg/l , der Phosphat-Gehalt 2.22 mg/l ; beide Gehalte im Mittel des Sommerhalbjahres 1973 (GEWÄSSERKUNDLICHER JAHRESBERICHT); RAGHI-ATRI 1976).

3. Methodik der Cadmium-Analysen

Bestimmung des Cd-Gehaltes in *Glyceria*-Proben

Die gefriergetrockneten Proben werden trocken aufgeschlossen und die Cd-Gehalte in den Aufschlußlösungen durch Atomabsorptionsspektrophotometrie (AAS) oder Inverspolarographie bestimmt. Die AAS wird in all den Fällen angewendet, in denen es die Konzentration zuläßt. Die niedrigen Konzentrationen werden zusätzlich oder nur inverspolarographisch bestimmt.

Der trockene Aufschluß wird mit ca. 2 g Einwaage bei 450°C durchgeführt. Die Asche wird in 0.5 molarer HCl (suprapur) aufgenommen, erwärmt, die Lösung filtriert und mit 0.5 molarer HCl (suprapur) auf 50.0 ml gebracht (BOCK 1972).

Die Bestimmung des Cd in der Aufschlußlösung erfolgt mit Hilfe des Atomabsorptionsspektrophotometers Perkin-Elmer Modell 300 in der $\text{C}_2\text{H}_2/\text{Luft}$ -Flamme (Wellenlänge: 288.8 nm ; spektrale Spaltbreite: $0.7\text{ }\mu\text{m}$; Dämpfung: $1.0\text{ }\mu\text{s}$; Stromstärke der Intensitronlampe: 8 mA) (KOCH u. KOCH-DEDIC 1974, OELSCHLÄGER u. BESTENLEHNER 1974, OELSCHLÄGER u. BÜHLER 1974). Die Konzentrationen der Lösungen werden direkt abgelesen. Höher als $2\text{ }\mu\text{g Cd ml}^{-1}$ konzentrierte Lösungen werden mit 0.5 molarer HCl (suprapur) verdünnt. Die Eichung erfolgt mit doppeldestilliertem Wasser und einer 0.5 molaren salzsauren Lösung, die $2.0\text{ }\mu\text{g Cd ml}^{-1}$ enthält.

Niedrige Cd-Konzentrationen werden inverspolarographisch mit Hilfe des Polarecord E 261 der Firma Metrohm mit AC-Modulator E 393 bestimmt. (Meßvolumen: 25.0 ml; Spülen mit N_2 : 7 min; Hg-Tropfen: 2 Teilstriche; 4 min Elektrolyse unter Rühren bei -0.75 V gegen SCE, $+1/2\text{ min}$ Beruhigungszeit; Polarographieren mit 1 V min^{-1} ; Empfindlichkeit: $5 \times 10^{-9}\text{ A mm}^{-1}$) (OELSCHLÄGER u. GILG 1969). Die Stromstärke des Lösungsvorganges darf 1000 nA nicht übersteigen; bei höherer Stromstärke ist die Aufschlußlösung mit 0.5 molarer HCl (suprapur) zu verdünnen. Die Eichung erfolgt durch Standardaddition mit der Eppendorff-Pipette. Die Cd- und Pb-Peaks erscheinen nacheinander.

Bestimmung des Cd-Gehaltes in der Nährlösung

200 ml Nährlösung werden mit 10 ml konz. HCl (suprapur) versetzt, durch einen Faltenfilter filtriert und das Cd im Filtrat atomabsorptionsspektrophotometrisch in oben beschriebener Weise bestimmt.

Bestimmung des Cd-Gehaltes in Wasserproben

Das mit 50 ml konz. HCl (suprapur) auf 1 l aufgefüllte Flußwasser wird durch einen Faltenfilter filtriert; das Filtrat wird zur Cd-Bestimmung mit Hilfe der AAS benutzt.

4. Ergebnisse

Es werden die Cd-Gehalte der einzelnen Organe (Blattspreite und Blattscheide + Halm) der Versuchsgefäß- und Feilandproben (Unterhavel Ostufer, UH) sowie bei letzteren auch der Cd-Gehalt des Oberflächenwassers am Standort bestimmt. Die Meßergebnisse sind in Tab. 1 und den Abb. 1 und 2 zusammengestellt.

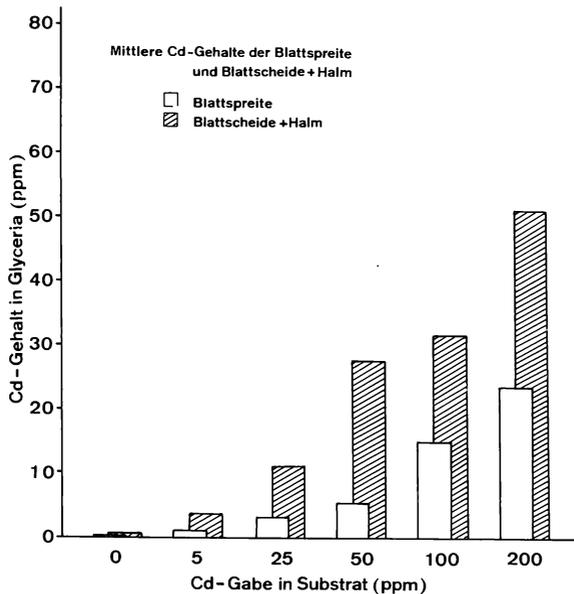


Abb. 1: Mittlere Cd-Gehalte von Blattspreite und Blattscheide + Halm von *Glyceria maxima* bei unterschiedlichen Cd-Gaben im Substrat.

Bei den Cd-Stufen von 5 bis 200 ppm im Nährsubstrat wird im allgemeinen in den Pflanzenorganen der geringste Cd-Gehalt bei 5 ppm, der höchste bei 200 ppm gemessen. Bei höheren Cd-Konzentrationen wird die Beziehung unterproportional, was auch von anderen Pflanzen bekannt ist. Die Freilandproben und die Vergleichsgefäße ohne Cd-Gaben im Substrat weisen etwa gleich hohe, im Vergleich zu den übrigen Gefäßen die niedrigsten Gehalte in der Trockensubstanz der Pflanzen auf. So liegt der durchschnittliche Gehalt der Freilandproben bei 0.06 ppm. Vergleicht man innerhalb einer Cd-Stufe die Cd-Gehalte der verschiedenen Pflanzenteile, so werden bei allen Cd-Konzentrationen des Nährsubstrats sehr starke Unterschiede festgestellt, wobei Blattscheide + Halm generell höhere Cd-Gehalte als die Blattspreite zeigen. Diese Art der Cd-Verteilung in der Pflanze wird auch von GORDEE et al. (1960) bei Untersuchungen mit Cd 115 an *Mentha piperita* (Pfefferminze) sowie von anderen Autoren an weiteren Kulturpflanzen festgestellt (HAGHIRI 1973, CUTLER et al. 1974, KIRKHAM 1975, JARRIS et al. 1976). Der größte Gehaltsunterschied zwischen Blattscheide + Halm und der Blattspreite wird bei der 50 ppm-Stufe erreicht, wie aus Tab. 1 hervorgeht.

Die durch *Ustilago longissima* befallenen Pflanzen weisen höhere Cd-Gehalte auf als die nicht befallenen; dies gilt sowohl für die Blattspreite als auch für Blattscheide + Halm.

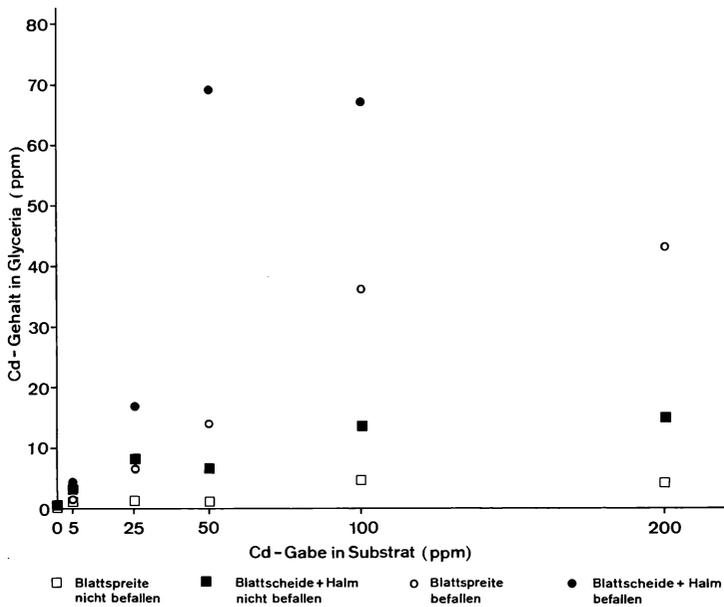


Abb. 2a: Cd-Gehalte der Blattspreiten und Blattscheiden + Halme von durch *Ustilago longissima* befallenen und nicht befallenen Pflanzen von *Glyceria maxima* bei unterschiedlichen Cd-Gaben im Substrat.

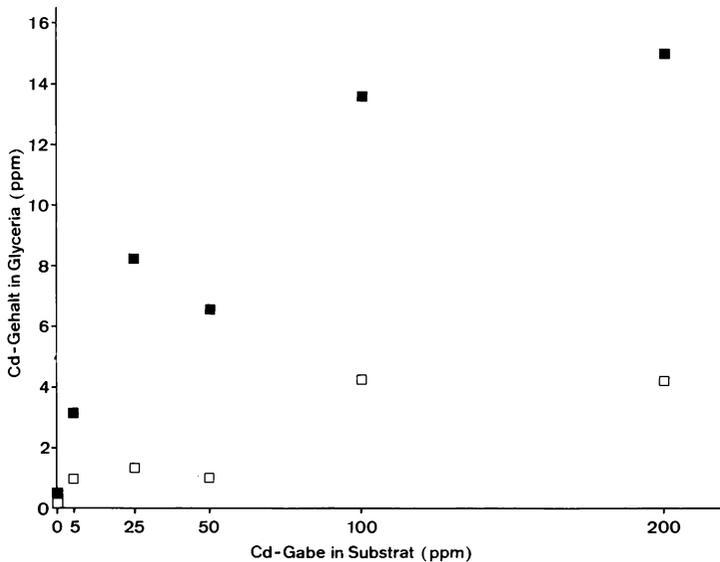


Abb. 2b: Cd-Gehalte der Blattspreiten und Blattscheiden + Halme von nicht durch *Ustilago longissima* befallenen Pflanzen von *Glyceria maxima* bei unterschiedlichen Cd-Gaben im Substrat.

5. Diskussion

Es liegen zahlreiche Untersuchungen über Schwermetalle (u.a. auch über Cadmium) und ihre Beziehung und Auswirkung auf Pflanzen vor. Die Cadmiumaufnahme kann sowohl durch die unterirdischen als auch durch die oberirdischen Pflanzenorgane erfolgen (KLOKE u. SCHENKE 1973, KRAUSE 1974).

Wie aus dem Versuchsaufbau hervorgeht, erfolgt in unserem Falle die Cd-Aufnahme bei *Glyceria maxima* durch die Wurzeln aus dem mit P und N angereicherten Bodensubstrat. Der Cd-Gehalt in den Pflanzen nimmt insgesamt mit steigenden Cd-Konzentrationen im Bodensubstrat zu, jedoch besteht keine Proportionalität zwischen den steigenden Cd-Gehalten des Bodensubstrates und denen in der Trockensubstanz der Pflanzen. Für die genannte Unproportionalität, aber auch für die starke Streuung der Ergebnisse gibt es verschiedene mögliche Erklärungen. So können steigende Cd-Konzentrationen einen Einfluß auf den Ionenhaushalt und die Wechselwirkung zwischen Kationen und Anionen haben, was sich auf den Aufnahmevergang des Cd durch die Pflanze auswirkt. Auch ist für die Aufnahme von Bedeutung, ob das angebotene Cd in ionogener oder chelatisierter Form vorhanden ist. Für Zink wird bei *Silene cucubalus* festgestellt, daß es in ionogener Form in größeren Mengen aufgenommen wird als in chelatisierter Form (ERNST 1968, 1972). Auch die Frage des Resistenzverhaltens der Wurzelzellen bietet Anlaß zu weiteren Untersuchungen. Diese und andere Faktoren beeinflussen und bestimmen die Aufnahmekapazität, und es ist sehr unwahrscheinlich, daß alle diese Zustandsänderungen über einen längeren Cd-Konzentrationsbereich proportional sind.

Tab. 1: Cd-Gehalte der Pflanzenorgane von durch *Ustilago longissima* befallenen und nicht befallenen Pflanzen von *Glyceria maxima* (Gefäßversuch) sowie Cd-Gehalte von Freilandproben und dem Wasser am Standort (1976).

Parallele	Cd-Stufen	0	5	25	50	100	200	Freiland
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	(UH)
	Pflanzenorgane							
a	Blattspreite	0.14	0.7	1.4	1.0	1.5	4.2	0.05
	Blatts. + Halm	0.60	2.3	8.4	6.9	7.1	15.0	0.06
b	Blattspreite	—	1.2	6.7	1.0	7.0	43.0	0.06
	Blatts. + Halm	0.41	4.2	17.0	6.2	20.0	87.0	0.06
c	Blattspreite	0.26	1.2	1.2	14.0	36.0	—	—
	Blatts. + Halm	0.32	4.0	8.0	69.0	67.0	—	—
∅	Ges. Blattspreite	0.20	1.0	3.1	5.3	14.8	23.6	0.06
∅	Ges. Blatts. + Halm	0.44	3.5	11.1	27.4	31.4	51.0	0.06

Cd-Gehalt des Wassers im Uferbereich 5.8 ppb

Cd-Gehalt im freien Wasser <1.0 ppb

+ Befall durch *Ustilago longissima*

- kein Befall durch *Ustilago longissima*

Nach Aufnahme des Cadmiums wird es in unterschiedlichen Mengen auf die verschiedenen Pflanzenorgane verteilt. Dabei ist eine stärkere Anreicherung in Blattscheide + Halm festzustellen als in der Blattspreite, was auch von anderen Autoren am Beispiel anderer Pflanzen beschrieben wird (s.a. HAGHIRI 1973). Dabei sind u.a. die jeweilige Pflanze und die Art des Cadmiumangebots von großer Bedeutung für die in Pflanzenorganen angesammelten unterschiedlichen Mengen. Die Dosierungs- bzw. Angebotsformen des Cadmiums scheinen außerdem Bedeutung für die Toxizitätsgrenzen zu haben. Bei Indikation über das Blatt stellte KRAUSE (1974) selbst bei mehreren hundert ppm in der Trockensubstanz keine sichtbaren Schädigungen fest, wogegen ALLAWAY (1968) und TURNER (1973) mit Cd-Gaben im Nährsubstrat schon bei weniger als 5 ppm Cd in der Pflanze Toxizitätswirkungen beobachteten. Offensichtlich müssen Unterschiede bei den Testpflanzen und den Nährsubstraten mit in Betracht gezogen werden. Die hier zum Vergleich herangezogenen, von einem eutrophen Standort stammenden Feilandproben zeigen keine hohen Cd-Gehalte, allerdings gibt der Cd-Gehalt des untersuchten Havelwassers auch keine besonders ungünstigen Bedingungen.

Interessant ist die gleichzeitige Belastung der Testpflanzen durch den Parasiten *Ustilago longissima*, der an den Gewächshauspflanzen stärker auftritt als an den Freilandpflanzen, wozu die Klimafaktoren im Gewächshaus beitragen dürften. Der Befall durch den Rostpilz führt zu starken Erhöhungen der Cd-Gehalte in den Pflanzen (Tab. 1, Abb. 2a).

Es sei die Frage gestellt, ob die Cd-Gehalte der *Glyceria*-Pflanzen diese höheren Werte als Folge des Befalls mit *Ustilago longissima* erreicht haben, oder ob umgekehrt der Befall eine Folge des hohen Cd-Gehaltes ist. Um das entscheiden zu können, müßte der Versuch unter kontrollierter Infektion wiederholt werden. Immerhin spricht das konstante Verhältnis von befallenen zu nicht befallenen Pflanzen über den gesamten Cd-Konzentrationsbereich dafür, daß der Befall für den erhöhten Cd-Gehalt verantwortlich ist und nicht umgekehrt. Das abzusichern und die Ursache hierfür zu finden, wäre das Ziel einer weiteren Untersuchung. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, daß in letzter Zeit einige Arbeiten erschienen sind, die hohe Cadmium- und Quecksilberkonzentrationen in Pilzen beschreiben (AICHBERGER u. HORAK 1975, QUINCHE 1976, SEGER 1976, STIJVE u. BESSON 1976).

Der offensichtliche Zusammenhang zwischen Cd-Gehalt und Pilzbefall der Pflanzen zeigt, mit wieviel Vorbehalten Dosis-Wirkungs-Beziehungen einzelner Parameter zu behandeln sind. Obwohl angestrebt wurde, die natürlichen Feilandbedingungen annähernd herzustellen (z.B. Substrat, pH-Wert, Stickstoffversorgung), gibt es eine Reihe von Faktoren in den natürlichen Standortverhältnissen, die bei der Versuchsdurchführung nicht berücksichtigt werden konnten (z.B. Lichtverhältnisse, Temperatur, Konkurrenz).

Es ist bekannt, daß *Glyceria maxima* häufig von *Ustilago longissima* befallen wird; entsprechend unseren Versuchsergebnissen ist in solchen Fällen mit erhöhten Cd-Gehalten zu rechnen. Da *Glyceria maxima* von Tieren aufgenommen werden kann, ist eine Cd-Anreicherung in der Nahrungskette zu erwarten.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß *Glyceria maxima* unter den gegebenen Versuchsbedingungen eine relativ hohe Cd-Verträglichkeit besitzt.

6. Zusammenfassung

Während zwei Jahren wurde *Glyceria maxima* (Wasserschwaden) unter kontrollierten Versuchsbedingungen mit Cd-Gaben (0, 5, 25, 50, 100, 200 ppm) und erhöhten Stickstoff- und Phosphormengen im Bodensubstrat untersucht.

Die Pflanze besitzt ein beträchtliches Aufnahmevermögen für Cadmium, wobei die Gehalte in der Sprossachse und der Blattscheide höher sind als die in der Blattspreite. Mit *Ustilago longissima* befallene Pflanzen zeigen weitaus höhere Cd-Gehalte, was sich im Zuge der Nahrungsketten auch auf das übrige Ökosystem auswirken muß.

Literatur

- AICHBERGER K., HORAK O., 1975: Quecksilberaufnahme von Champignons (*Agaricus bisporus*) aus künstlich angereichertem Substrat. Bodenkultur 26: 8-14.
- ALLAWAY W.H., 1968: Agronomic controls over the environmental cycling of trace elements. Adv. Agron. 20: 235-274.
- BOCK R., 1972: Aufschlußmethoden der anorganischen und organischen Chemie. Weinheim (Verlag Chemie).
- CUTLER J.M., RAINS D.W., 1974: Characterization of Cadmium uptake by plant tissue. Plant Physiol. 54: 67-71.
- ERNST W., 1968: Der Einfluß der Phosphatversorgung sowie die Wirkung von ionogenem und chelatisiertem Zink auf die Zink- und Phosphataufnahme einiger Schwermetallpflanzen. Physiol. Pl. 21: 323-333.
- , 1972: Schwermetallresistenz und Mineralstoffhaushalt. Opladen (Westdt. Verlag).
- GEWÄSSERKUNDL. JAHRESBER. des Landes Berlin für das Abflußjahr 1973. Berlin (Senator f. Bau- u. Wohnungswesen).
- GORDEE R.S., PORTER C.L., LANGSTON R.G., 1960: Uptake and distribution studies of Cadmium 115-m in peppermint. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 75: 525-528.
- HAGHIRI F., 1973: Cadmium uptake by plants. J. Environ. Quality 2: 93-96.
- JARRIS S.C., JONES L.H.P., HOPPER M.J., 1976: Cadmium uptake from solution by plants and its transport from roots to shoots. Pl. Soil 44: 179-191.
- KIRKHAM M.B., 1975: Trace-elements in corn grown on long-term sludge disposal site. Environ. Sci. Technol. 9: 765-768.
- KLOKE A., SCHENKE H.-D., 1973: Quecksilber und Cadmium in Böden und Pflanzen. EUR 5075 (EG-Kolloquium über "Probleme im Zusammenhang mit der Kontamination des Menschen und seiner Umwelt durch Quecksilber und Cadmium". 3.-5.7.1973 in Luxemburg): 83-97.
- KOCH O.G., KOCH-DEDIC G.A., 1974: Handbuch der Spurenanalyse. Berlin/Heidelberg/New York (Springer).
- KRAUSE G.H.M., 1974: Zur Aufnahme von Zink und Cadmium durch oberirdische Pflanzenorgane. Diss. Bonn.
- OELSCHLÄGER W., BESTENLEHNER L., 1974: Bestimmung von Cadmium in biologischen und anderen Materialien mit Hilfe der Atomabsorptionsspektrophotometrie (AAS). 1. Mitt.: Fehlermöglichkeiten und deren Eliminierung bei der Veraschung und Herstellung der Analysenlösung. Landw. Forsch. 27: 62-69.
- , BÜHLER E., 1974: Bestimmung von Cadmium in biologischen und anderen Materialien mit Hilfe der Atomabsorptionsspektrophotometrie (AAS). 2. Mitt.: Fehlermöglichkeiten und deren Eliminierung bei der AAS-Bestimmung. Landw. Forsch. 27: 70-79.
- , GILG R., 1969: Inverspolarographische Bleibestimmung in biologischen Substanzen. Landw. Forsch. 22: 218-228.

- QUINCHE J.-P., 1976: La pollution mercurielle de diverses espèces de champignons. Rev. suisse Agric. 8: 143-148.
- RAGHI-ATRI F., 1976: Ökologische Untersuchungen an *Phragmites communis* TRINIUS in Berlin unter Berücksichtigung des Eutrophierungseinflusses. Diss. TU Berlin.
- , 1978: Einfluß von Cadmium auf *Glyceria maxima* (HARTM.) HOLMBG. Teil I. Biomasse und Bonitierung Verh. Ges. f. Ökologie (Kiel 1977).
- SEEGER R., 1976: Quecksilbergehalt der Pilze. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 160: 303-312.
- STIJVE T., BESSON R., 1976: Mercury, Cadmium, Lead and Selenium content of mushroom species belonging to the genus *Agaricus*. Chemosphere 2: 151-158.
- TURNER M.A., 1973: Effect of Cadmium treatment on Cadmium and Zinc uptake by selected vegetable species. J. Environ. Quality 2: 118-119.

Adressen

Dr. Freidun Raghi-Atri
Institut für Ökologie - Fachgebiet Botanik
Technische Universität Berlin
Rothenburgstraße 12
D-1000 Berlin 41

Dr. Hans-Dieter Schenke
Umweltbundesamt
Bismarckplatz 1
D-1000 Berlin 33

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1978

Band/Volume: [7_1978](#)

Autor(en)/Author(s): Raghi-Atri Freidun, Schenke Hans-Dieter

Artikel/Article: [Einfluß von Cadmium auf Glyceria maxima \(HARTM.\)
HOLBG. Teil II. CD-Gehalt der Sprosse 383-388](#)