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

Einfluß von Cadmium auf *Glyceria maxina* (HARTM.) HOLMBG.

Teil I. Biomasse und Bonitierung

Freidun Raghi-Atri

Glyceria maxima was grown with increased P- and N-contents in the basic nutrient solution and added Cd-quantities of 5, 25, 50, 100 and 200 ppm in sand-water-culture at a pH between 6 and 7 in a greenhouse. The second year, the conditions of productivity were registered and an evaluation was made.

A significant diminution of production in comparison with the Cd-level of 0 ppm was found only from the 100 ppm Cd-level upwards. Chlorotic symptoms appeared from 25 ppm upwards, whereas intense yellowing of the whole plant was to be found only from the 100 ppm Cd-level upwards. Attack by *Ustilago longissima* caused heavier depression in yield.

1. Einleitung

Die zunehmende Gefährdung der Umwelt durch erhöhte Schadstoffzufuhr bzw. Überdüngung wird besonders an Binnengewässer-Ökosystemen deutlich, die durch Zuflüsse von Industrie-, Haushalts- und landwirtschaftlichen Abwässern sowie auch in gewissem Umfange durch die Niederschläge eine Belastung erfahren. Die Eutrophierung verändert den biologischen Zustand der Gewässer und verursacht nachhaltige Auswirkungen auf Ufervegetation und -sedimente (LÜDEMANN 1954, SUKOPP 1963, 1968, SUKOPP u. KUNICK 1969a, b, BLUME u. RÖPER 1972, RAGHI-ATRI 1976) sowie auf die Unterwasservegetation (GRUBE 1974, KOHLER 1975). Die auch in Gewässern verbreiteten Schwermetalle wie Quecksilber, Cadmium und Blei können sich dort, wo noch ein natürlicher Uferbereich mit ständigem Kontakt zwischen Wasser und Ufersediment existiert, im Sediment anreichern und von den dort wachsenden Pflanzen aufgenommen werden.

In dieser Arbeit wird das Interesse auf die höheren Wasserpflanzen gerichtet, denen außer ihrer Uferschutzwirkung auch Bedeutung für die Reinhaltung der Gewässer zukommt, und die außerdem eine bemerkenswerte Aufnahmefähigkeit der Makro- und Mikronährelemente sowie der Schwermetalle aufweisen (BITTMANN 1953, BAUMEISTER u. BURRICHTER 1954, SEIDEL 1956, 1966, SEIBERT 1967, KICKUTH 1969, TITTIZER 1973, ZIMMERMANN 1973). Unter diesen wird speziell *Glyceria maxima* ausgewählt, die zum einen eine Schutzfunktion gegen Bodenoberflächenerosionen und zum anderen eine Schutzwirkung an der Wasserwechselzone von Bächen und kleinen Flüssen ausübt. Die Pflanze bevorzugt nasse Standorte mit hohem Nährstoffangebot (SCHMALE 1939, HUECK 1942, KNAPP 1948; Zeigerwerte nach ELLENBERG 1974: L9, T5, Kx, F10, R8, N7), wodurch sie angesichts des steigenden Nährstoffangebotes in Gewässer und Sediment an Bedeutung gewinnt.

Das Ziel unserer Versuchsreihe bestand darin, unter kontrollierten, den Freilandbedingungen annähernd entsprechenden Versuchsbedingungen die Aufnahme- und Widerstandsfähigkeit von *Glyceria maxima* gegenüber Cadmium bei gleichzeitig erhöhten N- und P-Gehalten zu untersuchen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit soll zunächst über Produktion und auftretende Schadsymptome bei gestuften Cd-Konzentrationen im Substrat berichtet werden. Auch der hier auftretende Befall durch den im Freiland häufig an *Glyceria maxima* vorkommenden Brandpilz *Ustilago longissima* (SOW. ex SCHLECHT) MEYEN soll berücksichtigt werden.

2. Verbreitung und Morphologie von *Glyceria maxima*

Glyceria maxima (HARTM.) HOLMBG. ist eine Art der tieferen Lagen des kontinentalen europäisch-asiatischen Festlandes, wobei die Verbreitung in Europa bis in den atlantischen und submediterranen Raum reicht (s. MEUSEL, JÄGER u. WEINERT 1965).

Die nach *Glyceria maxima* benannte Röhrichtgesellschaft wurde 1931 von HUECK für die pflanzensoziologische Systematik als *Glycerietum maximae* beschrieben (GRAEBNER, HUECK).

Aus dem mitteleuropäischen Raum liegen zahlreiche Beschreibungen der Pflanzengesellschaft vor, aus der Berliner Umgebung u.a. von SCHMALE (1939), HUECK (1942), SUKOPP (1959). *Glyceria maxima* gehört überwiegend dem eutrophen Teil der Gesellschaft an.

Glyceria maxima (HARTM.) HOLMBG. wird bis zu 200 cm hoch (in Berlin bis 120 cm); unterirdische Ausläufer treibend; Stengel meist starr aufrecht; rohrartig, ca. 1 cm dick (am Grund der Achse); Blattspreiten ca. 10-20 mm breit; geschlossene Blattscheiden; Rispen 20-40 cm lang. Die Einzelheiten der morphologischen Beschreibung sind u.a. folgenden Arbeiten zu entnehmen: HEGI (1935), HERMANN (1938), HESS, LANDOLT u. HIRZEL (1972).

3. Versuchsaufbau

Im Winter 1974 wurden die Pflanzen aus dem Freiland im Bereich der Unterhavel (Große Steinlanke) entnommen, nach gründlicher Reinigung der Wurzeln von Detritus und Schlamm in Gefäße mit gereinigtem Quarzsand eingepflanzt und mit Leitungswasser bewässert. Im März 1975 wurden die Pflanzen kurz mit aqua dest. abgespült und anschließend gleichgroße Pflanzen in die vorbereiteten Versuchsgefäße (System Kick/Brauckmann, Volumen 10 l) umgepflanzt. Das Bodensubstrat in den Gefäßen war ein Gemisch aus gereinigtem Quarzsand und Weißtorf (300 g Weißtorf/5 kg Quarzsand). Die Oberfläche des Bodensubstrates wurde zur Verhinderung der Algenbildung mit Styroporstücken bestreut und das Verdunstungswasser regelmäßig ersetzt durch aqua dest. Die Versuchsgefäße standen in 30 cm-Abständen in einem Gewächshaus (Temperatur 15-20°C) auf Tischen, die mit gleichmä9g feucht gehaltenem Torf bestreut waren. Für alle Gefäße wurde eine Grundnährlösung mit erhöhten P- und N-Gehalten hergestellt. Grundnährlösung (Nährlösung nach Marschner, modifiziert für hiesige Pflanzen:

680.1 mg/l $Ca(NO_3)_2 \times 4\ H_2O$	0.74 mg/l H_3BO_3	0.3 mg/l $MnSO_4 \times H_2O$
447.6 mg/l $CaSO_4 \times 2\ H_2O$	4.0 mg/l Fe-ÄDTE	0.2 mg/l $CuSO_4 \times 5\ H_2O$
827.9 mg/l $Ca(H_2PO_4)_2 \times 2\ H_2O$	473.0 mg/l $MgSO_4 \times 7\ H_2O$	0.2 mg/l $ZnSO_4 \times 7\ H_2O$
472.6 mg/l NH_4NO_3	1747.2 mg/l KNO_3	0.9 mg/l $(NH_4)_2MoO_4 \times 4\ H_2O$

Der pH-Wert des Bodensubstrates der Gefäße wurde durch Zugabe von $CaCO_3$ zwischen 6 und 7 gehalten. Diese Grundnährlösung wurde in einem einjährigen, vorhergehenden Versuch mit *Glyceria maxima* getestet. Zur Herstellung der Cadmiumlösungen wurde Cadmiumchlorid als Salz genommen. Je Konzentration (5, 25, 50, 100, 200 ppm) wurden drei Parallelen hergestellt. Diese Lösungen wurden zur Grundnährlösung zugegeben und dann die Konzentrationen mit einem Atomabsorptionsspektralphotometer nachgeprüft. Als Vergleich wurden drei Gefäße mit Grundnährlösung ohne Zugabe von Cadmium herangezogen. Die Nährlösungen wurden 2 x jährlich (im Frühjahr und im Spätsommer) gegeben. Vor jedem Wechsel der Nährlösung wurde der Inhalt der Gefäße mit aqua dest. dreimal ausgespült.

4. Bestimmung der Biomasse und Bonitierung

Um eine Aussage zu erzielen, die eher auf natürliche Standorte (Freiland) übertragbar ist, wurden die Pflanzen für wenigstens ein Vegetationsjahr mit der vorher beschriebenen Substratzusammensetzung (mit Cd-Gaben) kultiviert. Im zweiten Vegetationsjahr (Juli 1976) wurden die gesamten oberirdischen Pflanzenteile geerntet und in Blattspreite und Blattscheide + Halm getrennt; die Entnahme von Wurzeln und Rhizomen erfolgte im Dezember. Die Erntezeit wurde so kurz wie möglich gehalten (Vormittag, 10.00-12.00 Uhr) und das Frischgewicht der geernteten Pflanzenteile gleich nach dem Schnitt im Gewächshaus bestimmt. Danach wurden sie gefriergetrocknet (Leybold-Heraeus GT 2) und anschließend das Trockengewicht bestimmt. Die Anzahl der Blattspreiten und Blattscheiden betrug jeweils 30 bis 40, die der Halme 3 bis 5 pro Parallele.

Bezüglich der Bonitierung wurden folgende Beobachtungen an den Vergleichspflanzen (0 ppm) und den in den mit Cd-Gaben versehenen Gefäßen befindlichen Pflanzen durchgeführt: Wachstum, Morphologie, Auftreten sichtbarer Schadsymptome. Diese visuellen Beobachtungen wurden erst bei eindeutigen Unterschieden sowie bei Übereinstimmung der Parallelen untereinander als Ergebnisse gewertet.

In der Versuchsreihe wurden die Biomasse und Cd-Gehalte (Teil II) der vom Streifenbrand befallenen Pflanzen extra bestimmt (RAGHI-ATRI u. SCHENKE 1978).

Der Brandpilz *Ustilago longissima* (SOW. ex SCHLECHT) MEYEN ("Streifenbrand") ist weit verbreitet. ZILLIG (1932) zählt ihn zu den häufigsten Brandpilzen Mitteleuropas und SCHOLZ (1976) zu den häufigsten Arten der Berliner Pilzflora. In der Natur (Freiland) tritt der Pilz vom Frühjahr bis zum Herbst auf, im Gewächshaus bei gebotenen günstigen Klimafaktoren das ganze Jahr über.

An den Blattspreiten der befallenen Pflanzen befinden sich parallel zur Blattlänge verlaufende, zunächst von der Epidermis bedeckte Sporenlager, die erst später nach Plätzen der Epidermis durch die braune bis schwarze Sporenmasse auffallen. Die Sporen sind kugelig bis oval und messen nach BUHR (1964) 3-6 µ.

Da *Glyceria*-Arten besonders in früherer Zeit eine Bedeutung als Futtermittel hatten, erweckte der Befall durch Brandpilze besonderes Interesse wegen vermuteter Giftigkeit bei Verfütterung befallener Pflanzen. Die Meinungen bezüglich der Toxizität gehen jedoch auseinander (ERIKSSON 1900, ZWICK et al. 1912, LIRO 1924).

5. Ergebnisse und Diskussion

5.1 Produktion

Die Biomasseproduktion der Vergleichsgefäße entspricht mit 3465.8 g/m^2 (Frischgewicht/m^2; wurde bestimmt durch Umrechnung des Frischgewichts/Oberfläche des Substrates eines Gefäßes als Mittelwert von drei Parallelen) in ihrer Größenordnung der des Freilandes (s. KIENDL 1953, ZELDER 1963). Die durch die Gewichtsbestimmungen aller Pflanzenorgane erhaltenen Werte wurden statistisch ausgewertet (2- und 3fache Varianzanalyse; WEBER 1972); die Durchschnittswerte sind in Tab. 1 zusammengestellt.

Die Frischgewichte der oberirdischen Pflanzenorgane aus den mit Cadmium behandelten Gefäßen liegen geringfügig unter denen der Vergleichspflanzen (0 ppm). Dabei zeigen die durch *Ustilago* befallenen Pflanzen eine stärkere Gewichtsverminderung zwischen den verschiedenen Cd-Stufen; in mehreren Fällen treten statistisch gesicherte Gewichtsunterschiede auf, z.B. zwischen den Cd-Stufen 100 und 200 ppm und den befallenen Parallelen. Insgesamt bestehen zwischen den Frischgewichten der oberirdischen Pflanzenorgane bei den verschiedenen Cd-Konzentrationen signifikante Unterschiede ($F = 33.28$, $\alpha = 0.01$), was auch beim Gesamt-Frischgewicht aller Pflanzenorgane der Fall ist ($F = 2.19$, $\alpha = 0.05$). Das Frischgewicht von Wurzeln und Rhizomen der befallenen Gefäße liegt gegenüber dem der nicht befallenen besonders niedrig, was durch einige signifikante Unterschiede bestätigt wird; dies soll hier jedoch nicht weiter diskutiert werden.

Tab. 1: Biomasseproduktion von *Glyceria maxima* (Mittelwerte) in g bei verschiedenen Cd-Konzentrationen im Substrat

	Frischbiomasse					Trockenbiomasse					
Cd-Stufe ppm	Blattspreite		Blattscheide + Halm	Wurzeln und Rhizome	Gesamt	Blattspreite		Blattscheide + Halm	Wurzeln und Rhizome	Gesamt	Total
0	64.3		79.7	191.3	335.3	8.7	*	9.9	28.7	47.3	*
5	59.4	*	77.6	174.3	311.3	8.9	*	10.6	24.2	43.7	*
++	*50.0*	* **	*62.2*	*41.4*	*153.6*	*6.1*		*11.6*	*3.1*	*20.8*	*
25	58.6	** *	68.5	181.7	300.8	7.5		12.1	27.5	47.1	*
++	*51.0*	*	*71.2*	*34.3*	*156.5*	*6.4*	*	*10.1*	*6.0*	*22.5*	
50	57.0	*	69.1	162.8	288.9	7.2	*	11.2	20.1	38.5	
++	*51.0*		*56.0*	*105.8*	*212.8*	*4.2*	*	*4.7*	*15.0*	*23.9*	
100	53.6	** *	66.3	181.0	300.9	6.2		9.1	25.6	40.9	*
++	*35.6*	*	*56.7*	*155.1*	*247.4*	*2.3*	*	*5.6*	*24.3*	*32.2*	*
200	46.1	** *	56.3	38.4	140.8	4.3	*	5.3	4.6	14.2	*
++	*11.3*	*	*16.4*	*30.8*	*58.5*	*1.1*	*	*1.6*	*5.3*	*8.0*	

Varianzanalyse für dreifache Klassifikation Total

Variabilitätsursachen	F	α	
Cd-Stufen	3.98	*	* = 0.05
Cd-Stufen / FG, TG	2.19	*	** = 0.01

++ durch Ustilago longissima befallene Pflanzen

Das Trockengewicht der oberirdischen Pflanzenorgane zeigt eine ähnliche Abstufung zwischen den Cd-Dosierungen wie das Frischgewicht, jedoch besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den Vergleichsgefäßen (0 ppm) und der 200 ppm Cd-Stufe; es gibt einige statistisch gesicherte Unterschiede bei befallenen und nicht befallenen Gefäßen und deren Kombination (s. Tab. 1).

Eine Proportionalität zwischen Biomasseproduktion und erhöhten Cd-Gaben im Substrat besteht nicht. Werden alle gemessenen Werte bei der statistischen Auswertung berücksichtigt, so ergeben sich signifikante Unterschiede zwischen den Vergleichsgefäßen und der 100 und 200 ppm-Stufe, ferner zwischen den Cd-Stufen 5 und 100 ppm sowie 25 und 100 ppm. Produktionsverminderungen und Wachstumsdepressionen durch Cd-Gaben im Substrat wurden von verschiedenen Autoren beobachtet, jedoch wird ein Vergleich mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit erschwert z.B. durch Unterschiede bei der Testpflanzenart sowie bei den chemischen und physikalischen Eigenschaften des Boden- und Nährsubstrates. Hinzu kommen noch unterschiedliche Dosierungs- und Angebotsformen der Cd-Gaben.

Insgesamt zeigt *Glyceria maxima* nach zweijähriger Versuchsdauer bei relativ hohem Nährstoffangebot mit erhöhten N- und P-Gehalten im Substrat eine ziemlich gute Verträglichkeit gegenüber Cadmium. Eine weitere Versuchsreihe soll klären, ob dies auch der Fall ist bei Kombination von Cadmium mit anderen Schwermetallen wie an kontaminierten Standorten.

Was den Befall durch *Ustilago longissima* betrifft, so scheint er in Wechselwirkung mit den Cd-Konzentrationen zu stehen, da die zusätzliche Depression bei höheren Cd-Konzentrationen stärker ist als bei geringeren; die Erforschung dieser Zusammenhänge bleibt jedoch noch offen.

5.2 Bonitierung

Die Pflanzen der Versuchsgefäße (5-200 ppm) wurden untereinander und mit denen der Vergleichsgefäße (0 ppm) verglichen. Letztere zeigten ein normales Wachstum (90 cm Höhe) und keine Mangel- oder Überschuß-Symptome.

Die Pflanzen der Cd-Stufe 5 ppm zeigten gegenüber denen der Vergleichsgefäße keine sichtbaren Unterschiede. Erst bei 25 und 50 ppm trat eine Bräunung der Blattspitzenränder in der oberen Halmregion auf, die später teilweise in eine blasse Farbe überging. Ein deutlicher Unterschied zu den vorhergehenden Cd-Stufen und besonders zu den Vergleichsgefäßen wurde erst ab 100 ppm mit einer Vergilbung der Blätter, Blattscheiden und des Halmes von der mittleren bis zur oberen Zone festgestellt; gleichzeitig war die Sproßachse dünner und gedrungen, es kamen aber auch Pflanzen mit langgestreckten Internodien vor. Die Pflanzen der Cd-Stufe 200 ppm zeigten extreme Wachstumsunterschiede gegenüber den restlichen, sie erreichten häufig nur eine Höhe von 20-30 cm, die Blätter blieben größtenteils kurz und gedrungen.

Die durch *Ustilago longissima* befallenen Pflanzen zeigten ähnliche Symptome mit einer verstärkten Schädigung, so daß die Blätter schon bei 50 ppm vergilbt waren und teilweise sogar vor dem Platzen der Epidermis austrockneten. Jedoch waren bis 200 ppm noch mit der Sporenmasse bedeckte Blätter zu finden.

Die Ergebnisse der Beobachtungen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

(I) Chlorotische Symptome traten erst ab 25 ppm Cd auf in Form einer Bräunung (später Verblassung) der Blattspitzenränder.

(II) Eine Vergilbung der Gesamtpflanze trat erst ab 100 ppm Cd auf, bei 200 ppm waren eine verstärkte Verfärbung der Blätter sowie Wachstumsdepressionen zu beobachten.

(III) Die durch den Brandpilz befallenen Pflanzen zeigten im Anfangsstadium des Befalls vor dem Platzen der Epidermis starre Blattspreiten, nach dem Platzen der Epidermis wurden die Blätter grüngelblich und in ihrem Wachstum gehemmt (kleinere und schmalere Blattspreiten); die Halme waren teilweise auffallend langgestreckt (bis zu 140% der normalen Halmlänge), dünn und schwach und hingen herunter.

6. Zusammenfassung

Glyceria maxima wurde in einer hinsichtlich N- und P-Gehalt erhöhten Grundnährlösung und unter Zugabe von Cd-Mengen von 5, 25, 50, 100 und 200 ppm in Sand-Wasser-Kultur bei einem pH-Wert von 6 bis 7 in einem Gewächshaus kultiviert. Im zweiten Vegetationsjahr wurden die Produktionsverhältnisse erfaßt sowie eine Bonitierung durchgeführt.

Eine signifikante Produktionsminderung wurde im Vergleich zur 0 ppm Cd-Stufe erst ab der 100 ppm Cd-Gabe festgestellt. Chlorotische Schadsymptome traten ab 25 ppm auf, eine starke Vergilbung der Gesamtpflanze war erst ab 100 ppm zu beobachten. Der Befall durch *Ustilago longissima* führte zu einer stärkeren Ertragsdepression.

Wegen der sehr zahlreichen Literatur über "Pflanzen und Cadmium" sowie aus Gründen der Platzersparnis sei hier nur auf ANONYM (1977) verwiesen.

Hiermit möchte ich Herrn Prof. Dr. R. Bornkamm für die Ermöglichung dieser Versuchsreihe danken. Außerdem danke ich Herrn Prof. Marschner für die Beratung.

Literatur

ANONYM, 1977: Luftqualitätskriterien für Cadmium. Berichte 4. Berlin (Umweltbundesamt).

BAUMEISTER W., BURRICHTER E., 1954: Die Bedeutung des Schilfrohres als Uferschutzpflanze. Angew. Pflanzensoziol. (Festschr. E. Aichinger II): 1283-1311.

BITTMANN E., 1953: Das Schilf (*Phragmites communis* TRIN.) und seine Verwendung im Wasserbau. Angew. Pflanzensoziol. 7.

BLUME H.-P., RÖPER H.-P., 1972: Veränderung hydromorpher Böden durch Überflutung und Uferinfiltration verschmutzter Gewässer. Mitt. Dt. Bodenkundl. Ges. 16: 272-279.

BUHR H., 1964: Bestimmungstabellen der Gallen (Zoo- und Phytocecidien) an Pflanzen Mittel- und Nordeuropas 1. Jena (Fischer).

ELLENBERG H., 1974: Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. Scripta Geobotanica 9.

ERIKSSON J., 1900: Giftiges Süßgras, *Glyceria spectabilis*, von *Ustilago longissima* befallen. Z. Pfl.krankh. 10: 15-16.

GRAEBNER P., HUECK K., 1931: Die Vegetationsverhältnisse des Dümmergebietes. Abh. Westf. Prov.-Mus. Naturkunde Münster 2:59-83.

GRUBE H.-J., 1974: Belastung und Belastbarkeit von submersen Makrophyten in südniedersächsischen Fließgewässern. Verh. Ges. f. Ökol. (Saarbrücken 1973): 193-200.

HEGI G., 1935: Illustrierte Flora von Mitteleuropa I, 2. Aufl.

HERMANN F., 1938: Die deutschen *Glyceria*-Arten. Hercynia 1: 272-273.

HESS H.E., LANDOLT E., HIRZEL R., 1972: Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete 3 (*Plumbaginaceae* bis *Compositae*). Basel/Stuttgart.

HUECK K., 1942: Die Pflanzenwelt des Naturschutzgebietes Krumme Laake bei Rahnsdorf. Arb. Berliner Provinzialstelle Naturschutz.

KICKUTH R., 1969: Höhere Wasserpflanzen und Gewässerreinhaltung. Ökochemische Wirkungen höherer Pflanzen und ihre Funktion bei der Gewässerreinhaltung. Schriftenr. Ver. Dt. Gewässerschutz EV-VDG 19.

KIENDL J., 1953: Zum Wasserhaushalt des *Phragmitetum communis* und des *Glycerietum aquaticae*. Ber. Dt. Bot. Ges. 66: 246-262.

KNAPP R., 1948: Die Pflanzengesellschaften Mitteleuropas. Stuttgart(Ulmer).

KOHLER A., 1975: Veränderungen natürlicher submerser Fließgewässervegetation durch organische Belastung. Daten und Dokumente zum Umweltschutz (Univ. Hohenheim) 14: 59-66.

LIRO J.I., 1924: Die Ustilagineen Finnlands I. Ann. Acad. Sci. Fenn. Ser. A, 27.

LÜDEMANN D., 1954: Die Verunreinigung der Berliner Gewässer und ihre Auswirkung. Gesundheits-Ing. 75: 260-262.

MEUSEL H., JÄGER E., WEINERT E., 1965: Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora. Jena (Fischer).

RAGHI-ATRI F., 1976: Ökologische Untersuchungen an *Phragmites communis* TRINIUS in Berlin unter Berücksichtigung des Eutrophierungseinflusses. Diss. TU Berlin.

- , SCHENKE H.-D., 1978: Einfluß von Cadmium auf *Glyceria maxima* (HARTM.) HOLMBG. Teil II. Cd-Gehalte der Sprosse. Verh. Ges. f. Ökol. (Kiel 1977).

SCHMALE E., 1939: Das Naturschutzgebiet Golmer Luch, eine pflanzensoziologisch-ökologische Studie. Verh. Bot. Ver. Prov. Brandenburg 79: 59-152.

SCHOLZ H., 1976: Veränderungen der Berliner Brandpilzflora. Schriftenr. Vegetationsk. 10: 215-225.

SEIBERT P, 1967: Die Bedeutung der natürlichen Ufervegetation für die Ufersicherung von Gewässern. (Deutsche Fassung von: Conservation des eaux - Influence de la vêgêtation naturelle lelong des torrents, des rivières et des canaux. En rapport avec l'aménagement des rivers). Sauvegarde de la nature et des ressources naturelles. Strasbourg (Conseil de l'Europe).

SEIDEL K., 1956: Wasserpflanzen als Akkumulatoren und ihre anatomisch-physiologische Anpassung. Wasser Abwasser 14: 42-51.

- , 1966: Reinigung von Gewässern durch höhere Pflanzen. Naturwissenschaften 53: 289-297.

SUKOPP H., 1959: Vergleichende Untersuchungen der Vegetation Berliner Moore unter besonderer Berücksichtigung der anthropogenen Veränderungen. Bot. Jahrb. Syst. 79: 36-126.

- , 1963: Die Ufervegetation der Havel. Berlin (Senator für Bau- und Wohnungswesen).

- , 1968: Veränderungen des Röhrichtbestandes der Berliner Havel 1962-1967. Berlin (Senator für Bau- und Wohnungswesen).

- , KUNICK W., 1969a): Die Ufervegetation der Berliner Havel. Natur/Landschaft 44: 287-292.

- , - , 1969b: Veränderungen des Röhrichtbestandes der Berliner Havel 1962-1967. Berliner Naturschutzbl. 13: 303-313, 332-344.

TITTIZER T., 1973: Abbau von p-Toluolsulfonat durch höhere Wasserpflanzen und ihre Rhizosphären-Gesellschaft. Diss. Göttingen.

WEBER E., 1972: Grundriß der biologischen Statistik. Stuttgart (Fischer).

ZELDER H., 1963: Untersuchungen über einige wichtige Probleme der Entschilfung von Teichen. Diss. Humboldt-Univ. Berlin.

ZILLIG H., 1932: *Ustilaginales* (Brandpilze). Hdb.Pfl.krankh.3, 2.Teil, 2.Abschn., II.Reihe: 138 ff. 5. Aufl. Berlin (Parey).

ZIMMERMANN W., 1973: Verminderung der Eutrophierung von Oberflächengewässern durch Anpflanzung der Flechtbinse *Scirpus lacustris*. Naturwissenschaften 60: 159.

ZWICK, FISCHER, WINKLER, 1912: Untersuchungen über die Wirkung brandsporenhaltigen Futters auf die Gesundheit der Haustiere. Arb. Kais. Ges.-Amt 38: 450-484.

Adresse

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

D-1000 Berlin 41

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

Artikel/Article: Einfluß von Cadmium auf Glyceria maxina (HARTM.) HOLMBG. Teil I. Biomasse und Bonitierung 377-381