Aufnahme von Cadmium und dessen Einfluß auf den Gaswechsel von Plantago major L.

Dieter Overdieck und Kathrin Gloe

The Cadmium (Cd) content of rat-tail plantain (*Plantago major* L.) from habitats at different distances from motor-traffic streets in Berlin was determined by means of atomic absorption spectroscopy. The Cd content of leaves and roots was correlated to traffic density and distance from streets; the lowest content was 0.14 ppm, the highest 3.8 ppm of dry matter. Generally the contents of the leaves were higher than those of the roots.

In a parallel laboratory experiment plantain plants were grown in soil which received different Cd quantities. It was shown that Cd is not only taken up by the roots but that it moves acropetally too. The CO_2 gas exchange and the transpiration rates of these plants were measured by means of a Sirigor equipment. Plants with the same average leaf contents of Cd as were found at the urban habitats did not show any disturbance of CO_2 net assimilation, dark respiration nor transpiration.

Cadmium, urban ecology, traffic pollution, gas exchange.

1. Einführung

Cadmium (Cd) ist in allen Ökosystemen in geringen Mengen vorhanden (z. B. als Beimengung von ZnS). Das Metall wird unter anderem bei der Herstellung von Kunststoffen (PVC), Gläsern, glasartigen überzügen auf Keramik und Metall und in Akkumulatoren verwendet. Wegen seines vergleichsweise niedrigen Siedepunktes (767°C) gelangt es bei thermischen Prozessen leicht in die Atmosphäre oder wird durch Waschen der Prozeßgase mit den Abwässern emittiert. Größere Mengen werden auch beim Verbrennen vor allem der schweren Schmier-, Heiz- und Dieselöle freigesetzt. In Straßennähe verstärkt der Reifenabrieb noch zusätzlich die Cd-Immission. Durch Niederschläge und trockene Sedimentation kontaminiert das Metall Böden, Gewässer und Lebewesen.

Nach dem heutigen Wissensstand ist Cd kein essentielles Spurenelement für den Stoffwechsel von Organismen. Wenn bestimmte spezifische Schwellenwerte überschritten werden, wirkt es auf jedes Lebewesen toxisch. Die Schädigung scheint bei vielen Pflanzen mit Cd-Gehalten zwischen 2.5 und 5 ppm in der Gewebe-Trockensubstanz einzusetzen. Dies ist zehnmal mehr als durchschnittlich in nicht oder wenig kontaminierten Pflanzenteilen gefunden wird (Umweltbundesamt 1977). Eine Reihe von Autoren stellen fest, daß bei erhöhten Cd-Gehalten des Bodens die Gehalte in den Pflanzen ansteigen und gleichzeitig ihr Trockengewicht als Zeichen einer Schädigung abnimmt (JOHN et al. 1972; PAGE et al. 1972; HAGHIRI 1973; TURNER 1973; BINGHAM et al. 1975, SYMEONIDES und MCRAE 1977).

In der vorliegenden Arbeit werden die Cd-Aufnahme aus dem Boden, der Cd-Gehalt von Pflanzen und dessen Auswirkungen auf die Photosynthese-Bilanz und die Transpiration beim großen, breitblättrigen Wegerichs ($Plantago\ major\ L$.) untersucht. Diese trittfeste und salztolerante Pflanze wurde ausgewählt, weil sie ubiquitär ist und häufig an straßennahen Standorten in Ballungsgebieten wächst. An ihr sollte vor allem die Wirkung von Cd-Immissionen aus dem Fahrzeugverkehr studiert werden.

2. Material und Methoden

2.1 Freilanduntersuchungen

An den folgenden 7 Standorten im West-Berliner Stadtgebiet wurden gegen Ende der Vegetationsperiode 1977 an zwei aufeinanderfolgenden Tagen Wegerich-Pflanzen für die Cd-Analyse ausgegraben und zu jeweils einer Sammelprobe pro Standort zusammengefaßt. Dabei wurden Wurzeln, Blattstiele und Blattspreiten voneinander getrennt. Der kurze oberirdische Sproß wurde zu den Stielen genommen; die Fruchtstände wurden verworfen.

1) Großes Fenn

Die Pflanzen wuchsen oberhalb einer moorigen Senke an zwei Wegen (1a,b), die weitab von bebautem Gebiet liegen und für den öffentlichen Fahrzeugverkehr gesperrt sind.

2) Autobahn ('Avus')

Der ausgewählte Straßenabschnitt wird von ca. 30 000 Fahrzeugen/Tag befahren. An der standortnächsten Fahrbahn sind es ca. 10 000 mit einem Anteil von 16 % Lastkraftwagen (LKW). (Alle Angaben des Verkehrsaufkommens sind nach Zählungen im Auftrage des Sen. f. Bau- u. Wohnungswesen 1973, 1975 u. 1976 mit einer Zuwachsrate von jährlich 5 % auf das Jahr 1977 hochgerechnet.) Die Pflanzen wurden von vier verschieden weit von der Fahrbahn entfernten Standorten entnommen:

- a) 0.5 m von der Asphaltdecke entfernt.
- b) 50 m von der Avus entfernt an einem asphaltierten Weg. Zwischen a und b liegt ein Waldstück. Auf dem Weg ist kein öffentlicher Fahrzeugverkehr zugelassen.
- c) 150 m entfernt, im Grunewald an einem Waldweg, der in nordwestlicher Richtung von der Avus wegführt.
- d) 500 m von der Avus entfernt am selben Waldweg.
- 3) Dahlemer Feld im Jagen 90 des Grunewaldes Gerodete Fläche mit niedrigem Neuaufwuchs. Es liegen keine Straßen in der Nähe.
- 4) Straßenkreuzung Grunewaldstraße/Rothenburgstraße Etwa 1 m über dem Straßenniveau direkt am Bürgersteig. Die Verkehrsbelastung der Kreuzung beträgt ca. 24 000 Fahrzeuge/Tag (LKW-Anteil: 4.4 %).

5) Lützowplatz

Trümmergelände etwa 10 m von einer Straße entfernt, auf der täglich ca. 12 000 Fahrzeuge verkehren (LKW-Anteil: 10 %).

6) Humboldthain

Park eines Wohngebietes im Stadtbezirk Wedding. Die angrenzenden Straßen sind unterschiedlich stark befahren ca. 5000 - 13 000 Fahrzeuge/Tag (10-18 % LKW-Anteil).

7) Bernauer Straße

Westlich des Flughafens Tegel, 0.5 m entfernt von der stark befahrenen Straße (ca. 23 000 Fahrzeuge/Tag, LKW-Anteil: 14 %).

Die oberirdischen Pflanzenteile von den Standorten 1b, 2c und 2d konnten nicht getrennt werden, da das Trockengewicht sonst nicht zur Analyse ausgereicht hätte. Die Wurzeln aller Proben wurden abgewaschen; die oberirdischen Teile nicht. Nach dem Wiegen der frischen Blätter wurde ihre Fläche durch Auswiegen ausgeschnittener Xerokopien bestimmt und ihr Trockengewicht nach Trocknen über Nacht (105°C) ermittelt. Die feingemahlenen Proben wurden in Anlehnung an MARKARD (1974), OEL-SCHLÄGER und BESTENLEHNER (1974), WOIDICH und PFANNHAUSER (1974) und den Anweisungen des Analytical Methods Committee (1960) 12 h bei 370-390°C trocken und anschließend mehrere Stunden naß verascht (Sandbad). Der Cd-Gehalt der gelösten Proben (Aq. bidest.) wurde mit dem Atomabsorptionsspektroskop Perkin Elmer 400 mit Graphitrohrküvette HGA 74, Deuteriumkompensation und Miniflow, ohne Temperaturprogramm bei Spalt 0.7 Å und Wellenlänge 228.8 nm bestimmt. Die Analyse wurde dreimal wiederholt und täglich Blindwert und Eichkurve erneuert. Außerdem wurden jeweils drei Parallelwerte der Wiederfindungsrate ermittelt, indem den Proben 10 µl einer 10 ppm Vorratslösung aus CdCl, zugesetzt wurde. Die Wiederfindungsrate wurde prozentual zum zugegebenen Cd berechnet.

2.2 Kulturversuch

Im Gewächshaus wurden Plantago major-Pflanzen aus Samen einer Mutterpflanze herangezogen, nach 4 Wochen in Komposterde pikiert und nach 8 Wochen in ein Gemisch aus Einheits- und Komposterde mit Lehm (1:1) in 18 cm Ø-Tontöpfe gepflanzt. Die Pflanzen wurden mit HQL-Lampen (Osram, 400 W) bestrahlt. Nach ca. zwei Monaten wurde die Kultur in 3 Gruppen aufgeteilt. Eine Gruppe diente als Kontrolle, die beiden anderen wurden einmalig mit unterschiedlich konzentrierten Cadmiumnitrat-Lösungen gegossen: Die Kontrollgruppe erhielt 0, die 2. Gruppe 10 und die 3. Gruppe 50 ppm Cd pro g Trockengewicht des Bodens. Der pH-Wert des Substrates lag bei 6.6 vier Wochen nach Zugabe des Cadmiums wurden je Gruppe 6 kräftige Pflanzen ausgewählt. An ihren Blättern wurden CO2-Nettoassimilation, Dunkelatmung und Transpiration mit einer Sirigor-Anlage (Siemens), kombiniert mit einer Walz-Küvette (Typ GK 8/16-7) und Absolut-Uras 2 (Hartmann und Braun) unter konstanten Bedingungen im Klimaraum gemessen. Einzelheiten über Entwicklung, Bau und Arbeitsweise der Anlage sind Veröffentlichungen von BOSIAN (1955, 1959), KOCH et al. (1968), LANGE und SCHULZE (1971) zu entnehmen. Die Stärke der photosynthetisch aktiven Strahlung betrug während der Messungen durchschnittlich 300 μ Einstein \cdot m⁻²·s⁻¹, die Lufttemperatur 20°C, die relative Luftfeuchtigkeit ca. 35 % und der CO2-Gehalt der Luft 340 + 20 ppm. Nach der Messung wurde die Blattspreite abgetrennt, frisch gewogen, ihre Fläche bestimmt (s. 2.1) und längs der Mittelrippe in zwei Hälften zerschnitten. Von einer der Hälften wurde das Trockengewicht und von der anderen der Chlorophyllgehalt nach der Methode von ZIEGLER und EGLE (1965 aus SESTAK et al. 1971) am Zeiß-Spektralphotometer PMQ II ermittelt. Sechs Wochen nach Zugabe des Cd wurden die Kulturen insgesamt abgeerntet und der Cd-Gehalt in Wurzeln, Stielen und Blättern bestimmt (s. 2.1).

3. Ergebnisse

3.1 Cadmiumgehalte

In Abb. 1 sind die Cd-Gehalte der Blätter an den verschiedenen Standorten im Stadtgebiet West-Berlins zusammengestellt. Im Grunewald, am durch einen breiten Vegetationsgürtel von Bebauung und Verkehr isolierten Standort 3 wurde der niedrigste Gehalt und direkt an der Avus (2a) der höchste gefunden. Vergleichsweise wenig kontaminiert sind die Blätter an den Standorten 1b, 5 und 6. Die Standorte 1a und 4 haben mittlere Blattgehalte, während der Wert am Standort 7 recht hoch liegt.

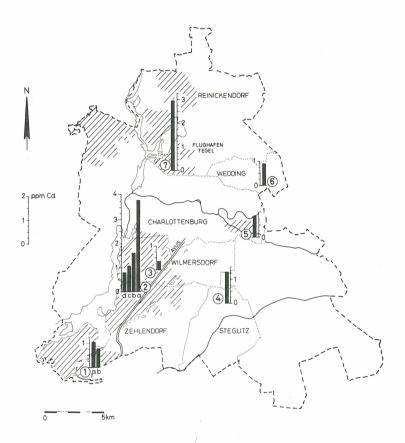


Abb. 1: Cd-Gehalte in ppm der Blätter (Trockensubstanz) von *Plantago major* L. an verschiedenen Standorten Berlins (schraffierte Gebiete: Wald).

Standorte

- 1 a, b Großes Fenn
- 2 a, b, c, d Autobahn ('Avus') 0.5; 50; 150; 500 m
- 3 Dahlemer Feld (Grunewald)
- 4 Grunewaldstr./Rothenburgstr.
- 5 Lützowplatz
- 6 Humboldthain
- 7 Bernauer Str.

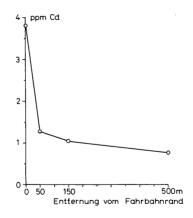


Abb. 2: Cd-Gehalte von *Plantago major-Blättern* in unterschiedlicher Entfernung zur Avus in Berlin-Grunewald.

An der Avus nehmen die Gehalte mit der Entfernung von der Fahrbahn annähernd exponentiell ab (vgl. Abb. 2).

Die Verteilung des Cadmiums in Blättern, Stielen und Wurzeln ist Tab. 1 zu entnehmen. An dem am schwächsten kontaminierten Standort 3 liegen die Blattgehalte etwa doppelt so hoch wie die Wurzelgehalte. An den Standorten 4, 5 und 6 sind die Blätter ebenfalls reicher an Cd als Stiele und Wurzeln. Die Gehalte an diesen drei Standorten liegen allerdings um ein Vielfaches höher als am Standort 3. Ähnlich wie an Standort 3 ist auch am Standort 7 der Cd-Gehalt der oberirdischen Organe wesentlich höher als in den Wurzeln. In den Blattspreiten (ohne Stiele) ist sogar das 2.7 fache des Wurzelgehaltes gefunden worden. An den Standorten in verschiedener Entfernung zur Avus sind die Cd-Mengen in oberirdischen und unterirdischen Organen etwa gleich.

Nur an den beiden Standorten 1a und 1b ist in den Wurzeln mehr Cadmium als in den Stielen und Blättern gefunden worden; die Unterschiede sind allerdings gering

Die Ergebnisse der Cd-Analysen an Pflanzen des Kulturversuchs zeigen, daß mit wachsendem Angebot von Cd im Boden die Gehalte der Wurzeln, Stiele und Blattspreiten nahezu linear angestiegen sind (Tab. 2).

Auch die Verteilung des Schwermetalls in den drei Pflanzenorganen ist nahezu gleichmäßig; lediglich in der Kontrollgruppe (ohne Cd-Gabel) liegen die Gehalte der Wurzeln deutlich höher als die der oberirdischen Teile.

Tab. 1: Cd-Gehalte in ppm (Trockensubstanz) der Blätter, Stiele und Wurzeln von Plantago major an verschiedenen Standorten Berlins.

Standort	Blätter	Stiele	Wurzeln	Verhältnis oberirdirsche Teile zu unterirdischen
1 Großes Fenn a	1,0	1,1	1,2	0,9 : 1
b	0,8	-	1,0	0,8 : 1
2 Avus 0,5 m a	3,8	2,9	3,3	1 : 1
Avus 50 m b	1,3	0,9	0,9	1,2 : 1
Avus 150 m c	1,1	-	1,1	1:1
Avus 5000 m d	0,8	-	0,6	1,4 : 1
3 Dahlemer Feld	0,3	0,2	0,1	2,5 : 1
4 Rothenburgstr.	1,3	1,0	1,0	1,2 : 1
5 Lützowplatz	0,8	0,6	0,6	1,2:1
6 Humboldthain	0,9	0,7	0,6	1,4 : 1
7 Bernauer Str.	3,0	1,2	1,1	1,9 : 1

Tab. 2: Cd-Gehalte bei drei Behandlungsstufen (0, 10, 50 ppm) von Plantago major (Kulturversuch)

		Cd-Zugabe zum Boden (ppm)			
		0	10	50	
Cd-Gehalte	Wurzeln	0,47	1,97	7,71	
	Stiele	0,15	1,39	8,64	
	Blätter	0,14	1,55	7,26	

3.2 Einfluß der Cadmium-Belastung auf CO2-Gaswechsel und Transpiration

Die im Versuch verwendeten Cd-Mengen im Gießwasser haben sich nicht deutlich auf Frisch- und Trockengewicht der Blätter ausgewirkt. Zwischen CO2-Netto-Assimilationsraten (bei Licht) und Cd-Gaben ist ebenfalls keine Abhängigkeit festzustellen. Die Assimilationsraten aller Cd-Stufen können daher zu dem gemeinsamen Mittelwert: 8.6 ± 3.5 mg CO2·dm^{-2·h-1} (Bezugsgröße: einseitige Blattfläche, n = 18) zusammengefaßt werden. Die große Streuung der Einzelwerte (vgl. Abb. 3) ist durch Entwicklungs- und Altersunterschiede der Blätter bedingt. Auch die CO2-Dunkelatmungsraten der drei Versuchsgruppen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (Gesamtmittel: 2.0 ± 1 mg CO2·dm^{-2·h-1}). Die Transpirationsraten bei Licht und Dunkelheit bleiben ebenfalls bei steigendem Cd-Angebot im Mittel unverändert (Gesamtmittel bei Licht: 860 ± 290 und bei Dunkelheit: 380 ± 110 mg 120-dm^{-2·h-1}). Nur die Chlorophyllwerte zeigen mit wachsenden Cd-Gaben und Cd-Gehalten der Blätter eine schwach ausgeprägte abnehmende Tendenz. Dies gilt für Chlorophyll a und b. Die Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Gruppen sind jedoch statistisch nicht signifikant (t-Test). Im Gesamtmittel enthalten die Blätter 3.0 ± 0.3 mg Chlorophyll a und 1.0 ± 0.1 mg Chlorophyll b pro dm² einseitige Blattfläche.

In Abb. 3 sind die mittleren Cd-Gehalte der Blätter, die Ergebnisse der Gaswechselmessungen und die Gesamtchlorophyllgehalte von *Plantago major* im Kulturversuch zusammengestellt.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die hier dem Substrat zugeführten Cd-Gaben zu Gehalten in Wurzeln, Stielen und Blättern geführt haben, wie sie in ähnlicher Größenordnung in den entsprechenden Organen von Pflanzen an West-Berliner Freilandstandorten gefunden werden. Diese Cd-Gehalte beeinflussen ${\rm CO}_2$ -Gaswechsel und Transpiration des Wegerichs nicht eindeutig.

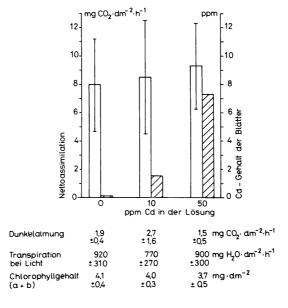


Abb. 3: Cd-Gehalte der Blätter, CO₂-Nettoassimilationsraten, Transpirationsraten bei Licht, Dunkelatmungsraten und Chlorophyllgehalte von *Plantago major* in Kultur bei abgestuften Cd-Gaben im Boden.

Schraffierte Säulen: Cd-Gehalte

4. Diskussion

Die Standortuntersuchungen im West-Berliner Stadtgebiet bestätigen die Ergebnisse von LAGERWERFF und SPECHT (1970, 1971), die bei Boden- und Pflanzenanalysen feststellen, daß der Fahrzeugverkehr entscheidend zur Cd-Kontamination beiträgt. Denn einerseits nehmen die Gehalte der Pflanzen mit wachsender Entfernung von einem stark befahrenen Verkehrsweg (Autobahn Avus) ab, andererseits sind sie auch an den stärker befahrenen Straßen prinzipiell höher als an den schwächer befahrenen. Entscheidend für die Cd-Kontamination ist dabei erwartungsgemäß, ob der Standort durch Bäume und Sträucher gegen die Straße abgeschirmt ist. Trotz des umgebenden Waldes bleibt aber auch in 500 m Entfernung von der Avus (2d) der Einfluß dieser Autobahn spürbar, weil der dortige Plantago major-Standort an einem breiten, etwa in Ost-West-Richtung verlaufenden, bis kurz vor die Autobahn reichenden Waldweg (Schneise) liegt. Auf dem gleich weit von diesem Verkehrsweg entfernten Dahlemer Feld (3) liegt der Wert wesentlich niedriger, da dieser Standort nach allen Himmelsrichtungen dicht abgeschirmt ist. Die dort gefundenen Werte dürften daher auch etwa die Grundbelastung durch die allgemeine Luftverschmutzung an relativ emissionsfernen Standorten West-Berlins widerspiegeln. Wenn die Luftverschmutzung insgesamt auch durch Hausbrand und Industrie groß ist, können abschirmende Pflanzungen nur teilweise wirksam sein, wie die Werte aus dem Inneren des Humboldthains (6) im Stadtbezirk Wedding zeigen. In diesem Bezirk wurde 1975 auch die höchste SO_2 -Immission West-Berlins gemessen (BLUME-Meßnetz, Senator für Gesundheit und Umweltschutz West-Berlin). Wie unmittelbar an der Avus ist auch der Cd-Gehalt des Wegerichs an der Bernauerstraße (7) sehr hoch. Neben dem großen Verkehrsaufkommen könnte sich hier auch die Lage in der Einflugschneise zum in der Nähe liegenden Flughafen Tegel ausgewirkt haben. An diesem Standort (7) fällt auch die große Diskrepanz zwischen den Blatt-Gehalten und den Gehalten der anderen Pflanzenteile auf (vgl. Tab. 1). Da der Boden dort nicht lange vor unseren Probennahmen bei Straßenbaumaßnahmen umgeschichtet worden ist, kann Cd-armes Material an die Oberfläche gelangt sein. Vielleicht ist deshalb nur wenig Cd in die Wurzeln aufgenommen worden. Aus dem relativ hohen Cd-Gehalt der Blätter und dem niedrigen der Wurzeln ließe sich also in diesem Fall auf die Kontamination der Pflanzen über die Luft während der Vegetationsperiode 1977 schließen.

Überraschend hoch liegen die Werte am Großen Fenn (1). Wegen der Lage dieses Standortes fernab von Industrie, Bebauung und Verkehr sind niedrigere Werte erwartet
worden. Möglicherweise wird dort die Cd-Aufnahme durch die moorigen, sauren Böden
gefördert. Denn der pflanzenverfügbare Anteil des Cadmiums ist abhängig von der
Kationenaustauschkapazität des Bodens (HAGHIRI 1974), vom Redoxpotential (REDDY
und PATRICK 1977) und vor allem vom pH-Wert. Mit steigendem pH-Wert des Bodens
nimmt auch im allgemeinen der Cd-Gehalt von Pflanzen ab. LAGERWERFF (1971) führt
dies darauf zurück, daß Metallionen auf Grund von Matrix- und Diffusionsänderungen unlöslicher und unbeweglicher werden. Für diese Interpretation der Cd-Gehalte
am Großen Fenn (1) spricht auch der Befund, daß nur dort der Cd-Gehalt der Wurzeln
höher war als der von Blättern und Stielen.

Mit erhöhten Cd-Gaben zum Substrat der *Plantago*-Kultur stiegen die Gehalte aller Pflanzenteile an. *Plantago major* nimmt also – bei dem im Versuch vorherrschenden pH-Wert von 6.6 und den angebotenen Mengen – Cadmium über die Wurzelń auf und verlagert es in die oberirdischen Organe. Cd-Aufnahme und -Verteilung in die Organe scheinen bei verschiedenen Pflanzenarten recht unterschiedlich zu sein. Bei umfangreichen Untersuchungen (23 Arten) stellen JARVIS et al. (1976) fest, daß bei fast allen Arten mehr als 50 % des Cadmiums in den Wurzeln verbleibt. Im Gegensatz dazu finden LAGERWERFF (1971) und REDDY und PATRICK (1977) bei anderen Arten, daß Cd im Sproß bzw. in oberirdischen Teilen angereichert wird. Nach unseren Ergebnissen wird Cd bei *Plantago major* gleichmäßig in der Pflanze verteilt.

Anders als die Pflanzen des Kulturversuchs sind die Pflanzen am natürlichen Standort nicht nur über den Boden, sondern auch über die Luft mit Cadmium kontaminiert worden. Nach KRAUSE (1974) wird das Element auch über die Blattoberflächen in die Gewebe aufgenommen. Nach Waschen mit EDTA-Lösung findet er ca. 10 % des aufgestaubten Cadmiums in den Blättern wieder. Von dort kann es dann auch basipetal in Stengel und Wurzeln verlagert werden. Es ist daher wahrscheinlich, daß ein Teil des Cadmiums in Stengeln und Wurzeln der Freilandpflanzen direkt aus dem Cd-haltigem Staub der Luft stammt.

Im Gegensatz zu unseren Ergebnissen finden BAZZAZ et al. (1974a) an abgetrennten Blättern von Zea mays L. und Helianthus annuus L., daß die Photosyntheseleistung durch Cd vermindert wird. Allerdings lagen die Cd-Gehalte der Blätter bei diesen Versuchen sehr viel höher als es natürlichen Verhältnissen entspricht (Mais: 6.5 - 9.6 und Sonnenblume: 4.5 - 9.2 mg/g TS). In einer weiteren Arbeit finden dieselben Autoren (1974b), daß in Sonnenblumenblättern bereits 96 ppm Cd (TS) die Photosyntheseleistung um 50 % herabsetzen. Untersuchungen an ganzen Pflanzen (ebenfalls Sonnenblume und Mais) führen zu vergleichbaren Ergebnissen (CARLSON et al. 1975). Aber auch diese Cd-Blattgehalte liegen noch eine Zehnerpotenz über den Werten, die Plantago major an stark kontaminierten Standorten West-Berlins (max. 3.8 ppm) bzw. in unserem Kulturversuch (max. 7.3 ppm) aufweist. Die Versuche mit sehr hohen Cd-Gaben machen allerdings deutlich, daß das Element die Stomata-

Funktion stört (bei einigen Arten auch die Wasserleitung im Xylem) und infolgedessen weniger als normal assimiliert und transpiriert wird. Auch die Dunkelatmungsraten, die bei unseren Versuchen mit naturnahen Cd-Gehalten unverändert geblieben sind, steigen bei Gehalten um 100 ppm (TS) überdurchschnittlich an, während die CO_2 -Netto-Assimilation (bei Licht) und die Transpiration zurückgehen (LAMOREAUX und CHANEY 1978).

Ferner sind Cd-induzierte Chlorosen beim Mais festgestellt worden (ROOT et al. 1975). Aber auch bei diesen Befunden liegen die Cd-Gehalte der Blätter zwischen 100 und 450 ppm (TS) und damit weit höher als z. Z. noch in Freilandpflanzen unserer Bałlungsgebiete durchschnittlich zu erwarten ist.

KLOKE (1974) hält Cd-Gehalte von 0.2 - 3 ppm (TS) für normal, so daß der Wegerich nach unseren Befunden keine Sonderstellung einnimmt. Aus dem Ergebnis, daß sich beim Wegerich bei diesen Gehalten und darüber hinaus bis zu 7.26 ppm keine Störung des $\mathrm{CO_2}$ -Gaswechsels und der Transpiration nachweisen läßt, darf nicht geschlossen werden, daß die in West-Berlin gefundenen Werte keine Gefahr darstellen. Was in den Nahrungsketten mit dem Spurenelement geschieht, kann nicht beurteilt werden. Außerdem ist zu prüfen, ob nicht der Mensch, der Obst und Gemüse aus autobahnnahen Gärten ißt, als direkt gefährdet angesehen werden muß. Jedenfalls liegen die von der WHO/FAO angegebenen Grenzwerte für Nahrungs- und Futtermittel [bei 10 kg Nahrung/Woche ca. 0.4 - 0.5 ppm (TS); nach: Umweltbundesamt 1977] durchschnittlich wesentlich niedriger.

Literatur

- Analytical Methods Committee 1960: Methods for the destruction of organic matter. Analyst 85: 643 ff.
- BAZZAZ F.A., CARLSON R.W., ROLFE G.L., 1974a: The effect of heavy metals on plants: I.Inhibition of gas exchange in sunflower by Pb, Cd, Ni, and Tl. Environ. Pollut. 7: 241-246.
- BAZZAZ F.A., ROLFE G.L., CARLSON R.W., 1974b: Effect of Cd on photosynthesis and transpiration of excised leaves of corn and sunflower. Physiol. Plant. 32: 373-376.
- BINGHAM F.T., PAGE A.L., MAHLER R.J., GANJE T.J., 1975: Growth and cadmium accumulation of plants and soil treated with a cadmium-enriched sewage sludge. J. Environm. Qual. 4: 207-211.
- BOSIAN G., 1955: Über die Vollautomatisierung der CO,-Assimilationsbestimmung und zur Methodik des Küvettenklimas. Planta 45: 470-492.
- BOSIAN G., 1959: Zum Problem des Küvettenklimas: Temperatur- und Feuchteregelung. Ber. Deut. Bot. Ges. 72: 391-397.
- CARLSON R.W., BAZZAZ F.A., ROLFE G.L., 1975: The effect of heavy metals on plants. II.Net photosynthesis and transpiration of whole corn and sunflower plants treated with Pb, Cd, Ni, and Tl. Environm. Res. 10: 113-120.
- HAGHIRI H., 1973: Cadmium uptake by plants. J. Environm. Qual. 2: 93-96.
- HAGHIRI H., 1974: Plant uptake of cadmium as influenced by cation exchange capacity, organic matter, zinc, and soil temperature. J. Environm. Qual. 3: 180-183.
- JARVIS S.C., JONES L.H.P., HOPPER M.J., 1976: Cadmium uptake from solution by plants and its transport from roots to shoots. Plant and Soil 44: 179-191.
- JOHN M.K., LAERHOVEN C.J. van, CHUAH H.H., 1972: Factors effecting plant uptake and phytotoxicity of cadmium added to soils. Environm. Sci. Technol. 6: 1005-1009.
- KLOKE A., 1974: Blei-, Zink- und Cadmium-Anreicherung in Böden und Pflanzen. Staub-Reinhalt.-Luft 34: 18-21.
- KOCH W., KLEIN E., WALZ H., 1968: Neuartige Gaswechsel-Meßanlage für Pflanzen in Laboratorium und Freiland. Siemens Z. 42: 392-404.
- KRAUSE G.H.M., 1974: Zur Aufnahme von Zink und Cadmium durch oberirdische Pflanzenorgane. Diss.Bonn.
- LAGERWERFF J.V., SPECHT A.W., 1970: Contamination of roadside soil and vegetation with cadmium, nickel, lead, and zinc. Environm. Sci. Technol. 4: 583-586.
- LAGERWERFF J.V., 1971: Uptake of cadmium, lead, and zinc by radish from soil and air. Soil Sci. 111:
- LAGERWERFF J.V., SPRECHT A.W., 1971: Occurence of the environmental Cd and Zn and their uptake by plants. In: (Ed. HEMPHILL D.D.) Trace substances in environmental health. IV. Missouri Univ. 4th Ann. Conf. on Trace Substances in Env. Health Proc.: 85-93.
- LAMOREAUX R.J., CHANEY W.R., 1978: The effect of cadmium on net photosynthesis, transpiration, and dark respiration of excised maple leaves. Physiol. Plant. 43: 231-236.
- LANGE O.L., SCHULZE E.-D., 1971: Measurement of CO_2 -gas exchange and transpiration in the beech (Fagus silvatica L.). Ecol. Studies 2: 16-28.
- MARKARD C., 1974: Der Cadmium-, Blei- und Zinkgehalt von pflanzlichen Lebensmitteln aus industriellen Anbaugebieten am Beispiel von Kleingartenprodukten im Raum Dortmund. Diss. Bonn.

- OELSCHLÄGER W., BESTENLEHNER L., 1974: Bestimmung von Cadmium in biologischen und anderen Materialien mit Hilfe der Atomabsorptionsspektralphotometrie (AAS). 1. Mitt. Landwirtschaftl. Forsch. 27: 62-69.
- PAGE A.L., BINGHAM F.T., NELSON C., 1972: Cadmium absorption and growth of various plant species as influenced by solution cadmium concentration. J. Environm. Qual. 1: 288-291.
- REDDY C.N., PATRICK W.H., 1977: Effect of redox potential and pH on the uptake of cadmium and lead by rice plants. J. Environm. Qual., 6: 259-262.
- ROOT R.A., MILLER R.J., KOEPPE D.E., 1975: Uptake of cadmium its toxicity and effect on the iron ratio in hydroponically grown corn. J. Environm. Qual. 4: 473-476.
- Senator für Gesundheit und Umweltschutz Berlin, 1976: Berliner Luftgüte-Meßnetz (BLUME). Berlin.
- SESTAK Z., CATSKY J., JARVIS P.G., 1971: Plant photosynthetic production. The Hague (Junk).
- SYMEONIDES C., McRAE S.G., 1977: The assessment of plant-available cadmium in soils. J. Environm. Qual. 6: 120-123.
- TURNER M.A., 1973: Effect of cadmium treatment on cadmium and zinc uptake by selected vegetable species. J. Environm. Qual. 2: 118-119.
- Umweltbundesamt 1977: Luftqualitätskriterien für Cadmium. Berichte 4/77.
- WOIDICH H., PFANNHAUSER W., 1974: Zur Analyse von Cadmium in Lebensmitteln. Z. Lebensm. Unters.-Forsch. 155: 72-76.
- ZIEGLER R., EGLE K., 1965: Zur quantitativen Analyse der Chloroplastenpigmente. I.Kritische Überprüfung der spektralphotometrischen Chlorophyll-Bestimmung. Beitr. Biol. Pflanzen 41: 11-37.

Adressen:

Dr. Dieter Overdieck Universität Osnabrück FB 5, Biologie/Ökologie Albrechtstr. 16 D-4500 Osnabrück Kathrin Gloe Institut für Ökologie (Botanik) TU Berlin Rothenburgstr. 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: 1980

Band/Volume: <u>8_1980</u>

Autor(en)/Author(s): Overdieck Dieter, Gloe Kathrin

Artikel/Article: Aufnahme von Cadmium und dessen Einfluß auf den

Gaswechsel von Plantago major L. 493-500