

Zinkanreicherung in annuellen und biennen Wildkräutern und Zierpflanzen

Karin Köhl, Annette Kehl, Jaqueline Buddendieck & Rainer Lösch

Synopsis

A reduction of the total heavy metal content of polluted soils is necessary to achieve a permanent renovation of heavy metal contaminated sites. In our study the zinc uptake by annual/biennial plants from nutrient solution-sand cultures of different zinc concentrations was studied, investigating *Galinsoga parviflora*, *Papaver rhoeas*, *Chenopodium album*, *Echium vulgare*, *Antirrhinum majus* and *Dianthus barbatus*. In all species there was a considerable zinc accumulation in aboveground and belowground organs of the plant compared to the soil concentration (6 to 30fold). Roots accumulated more zinc than the aboveground parts of the plant. The Zn uptake partly resulted in a considerable reduction of the heavy metal concentration of the substratum. Cultivation of these annual plants followed by a removal of the biomass could be a method to renovate slightly contaminated sites by removal of the heavy metals sequestered in the biomass.

Zink, Schwermetallakkumulatoren, Bodensanierung, Schwermetallallokation

zinc, heavy metal accumulators, soil renovation, heavy metal allocation

1. Einleitung

Zink ist als essentielles Spurenelement notwendig für gutes pflanzliches Gedeihen, wirkt im Überschuss aber als toxisches Schwermetall (BAUMEISTER & ERNST 1978). Außer an Galmel-Standorten kann es im Industrieumfeld und als Korrosionsausstrag von verzinkten Metallkonstruktionen (Freileitungen!), als freiwerdendes Additiv von Schmierölen und Korrosionsschutzmitteln im Straßenverkehr, in Klärschlamm aus Industrieabwässern und in Fungiziden und Rodentiziden in Böden gelangen. Schadwirkungen höherer Zink-Konzentrationen auf Kulturpflanzen können durch agrikulturnchemische Maßnahmen (Erhöhung von pH-Wert und Sorptionskapazität, Phosphatdüngung) und mechanische Maßnahmen (Tiefpflügen, Aufbringen unverseuchten Bodens) vermieden werden (KUNTZE et al. 1984). Die Verfügbarkeit

dieses Schwermetalls wird dadurch verringert, der Gesamtvorrat bleibt jedoch unverändert. Für eine dauerhafte Sanierung belasteter Standorte ist jedoch gerade eine Reduktion dieses Gesamtvorrats anzustreben. Mittels schnellwüchsiger, leicht kultivierbarer und leicht zu erntender Akkumulatorpflanzen könnte es möglich sein, eine Zinkanreicherung in deren Biomasse und damit eine entsprechende Abnahme des Schwermetallvorrates im Boden zu erhalten. Das Erntegut könnte dann thermisch entsorgt werden und die Asche raumsparend deponiert werden.

2. Material und Methoden

Papaver rhoeas L., *Chenopodium album* L., *Echium vulgare* L., *Antirrhinum majus* L., *Verbascum phlo-moides* L., *Erigeron canadensis* L., *Galinsoga parviflora* Cav., *Centaurea cyanus* L., *Calendula officinalis* L. und *Dianthus barbatus* L. (Nomenklatur nach SCHMEIL & FITSCHEN 1982) wurden jeweils mehrere Wochen auf Sandsubstraten unterschiedlichen Zinkgehaltes kultiviert. Ihr Erscheinungsbild, ihre osmotischen Potentiale (kryoskopische Messung an wässrigem Trockenpulverextrakt (Osmomat Gonotec)), Chlorophyllgehalte (Spektroskopie des Aceton-Extraktes entsprechend gängiger Methodik; ZIEGLER & EGLE 1965) und z.T. auch ihre Photosyntheseleistungen (Warburg-Manometrie) dienen als Vitalitätskriterien unter den unterschiedlichen Stufen der Schwermetallbelastung, ebenso schließlich die erntbare ober- und unterirdische Biomasse. In dieser und in den Wuchssubstraten wurden zu Beginn und zu Ende der Versuche die Zinkgehalte nach Salpetersäure-Aufschluß der Pflanzenproben bzw. NH_4Cl -Auszug der Sandsubstrate mittels AAS bestimmt (Routineanalytik gemäß STEUBING & FANGMEIER 1992, Überprüfung von Präzision und Richtigkeit mittels Referenzsubstanz (Tomato leaves 1573, National Bureau of Standards, Washington D.C.)).

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Werte der artspezifischen Zinkaufnahme aus unterschiedlich stark konzentriertem Substratangebot (bis zum Fünffachen der maximal in unkontaminierten Pflanzensubstraten üblichen Menge: AMBERGER 1979) sind in Abbildung 1 aufgeführt. Besonders hoch

bei gegebener Zn-Konzentration im Substrat ist die Anreicherung in der Biomasse bei *Echium* und *Centaurea*. Eine stärkere Akkumulation des Schwermetalls war jedoch in der Regel mit erheblichen Vitalitätseinbußen verbunden.

Diese Wirkung erhöhter Zn-Belastung auf unterschiedliche funktionelle Parameter der Pflanzen illustriert am Beispiel von *Chenopodium album* Abbildung 2, wo die verschiedenen untersuchten Vitalitäts-

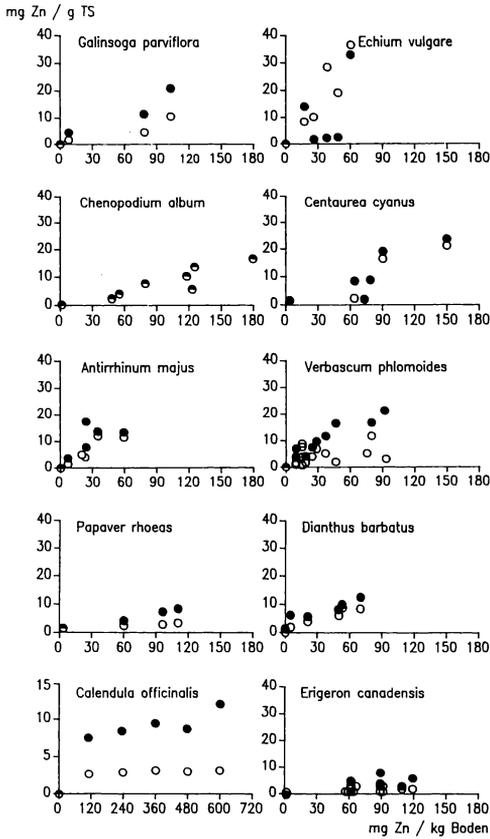


Abb. 1

Zinkgehalt unter- (geschlossene Kreise) bzw. oberirdischer (offene Kreise) Pflanzenteile in Abhängigkeit vom austauschbaren Zinkgehalt des Substrates (Ausnahme: *Calendula*: Gesamt-Zinkgehalt des Substrates; im Falle von *Chenopodium* decken sich die Zinkgehalte der ober- u. unterirdischen Biomasse nahezu vollständig).

Fig. 1

Zinc content of belowground (closed circles) and aboveground (open circles) plant organs depending on the exchangeable zinc content of the substratum (exception: *Calendula*: total zinc content; in the case of *Chenopodium* above- and belowground zinc contents are nearly identical).

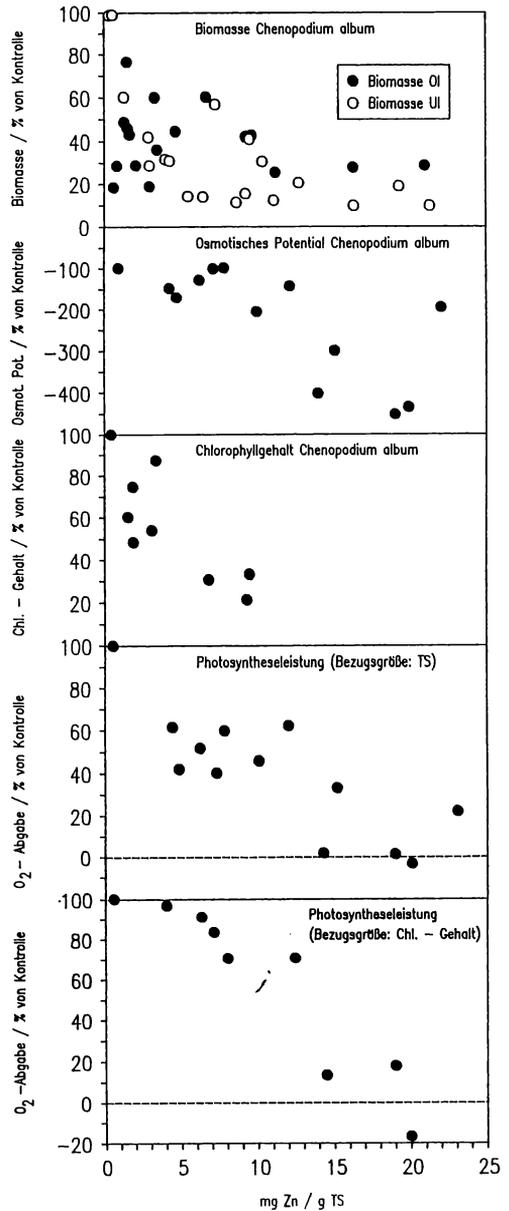


Abb. 2

Biomasse, osmotisches Potential, Chlorophyllgehalt und Photosynthese von *Chenopodium album* in Abhängigkeit vom Zinkgehalt ober- (geschlossene Kreise) bzw. unterirdischer (offene Kreise) Organe.

Fig. 2

Biomass, osmotic potential, chlorophyll content and photosynthesis of *Chenopodium album* depending on the zinc content of aboveground (closed circles) and belowground (open circles) plant organs.

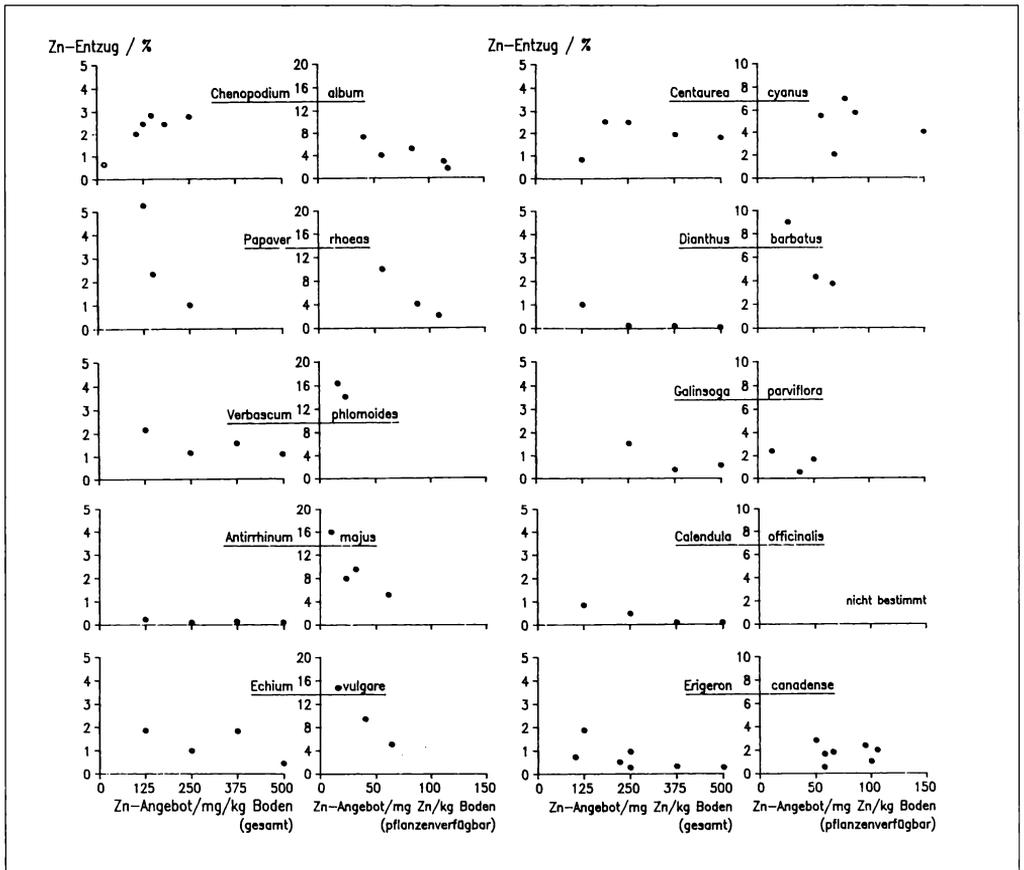


Abb. 3
Zinkentzug durch verschiedene Arten in Abhängigkeit vom Gesamt- bzw. pflanzenverfügbaren Zinkgehalt des Bodens.

parameter in Abhängigkeit vom Zn-Angebot des Substrates aufgeführt sind. Im allgemeinen sinkt mit steigender Schädigung durch ein überhöhtes Schwermetallangebot der photosynthetische Gaswechsel und als Folge davon die heranwachsende Biomasse. Dies ist ein unter dem Einfluß überdurchschnittlicher Schwermetallbelastung häufig auftretendes Phänomen, wie es selbst bei Taxa mit chalkophytischen Teilpopulationen gefunden werden kann (z. B. *Silene inflata*: BAUMEISTER & BURGHARDT 1956). Möglicherweise wird die Abnahme der photosynthetischen Leistung direkt verursacht durch Zn-bedingte Hemmung enzymatischer Prozesse und des photosynthetischen Elektronentransports (DE FILLIPIS et al. 1981; HOCK & ELSTER 1984). Bei einigen Taxa ist die verminderte photosynthetische Leistungsfähigkeit direkt auf reduzierte Chlorophyllgehalte zurückführbar. Dies war in den vorliegenden Versuchen z. B. bei *Antirrhinum* und *Calendula* sehr deutlich, ist aber auch

Fig. 3
Zinc sequestration in the plant by different species depending on the total and exchangeable, respectively, zinc content of the soil.

bei *Chenopodium* (Abb. 2) erkennbar. Derartige Chlorosen gelten generell als Symptome von Schwermetallschädigungen (BERGMANN & NEUBERG 1976; ERNST 1974), müssen aber nicht bei allen Pflanzen auftreten. Bei *Galinsoga*, z. B., war keine deutliche Abnahme der Chlorophyllmengen mit steigender Zinkbelastung erkennbar. Die osmotischen Potentiale, schließlich, wurden mit zunehmendem Zinkangebot des Substrates jeweils stärker negativ, was als Reaktion der Pflanze auf die infolge starker Wurzelschädigung verminderte Wasseraufnahmefähigkeit zu sehen ist.

Generell wuchsen die Pflanzen auf Substraten mit höheren Zn-Konzentrationen schlechter als unter Kontrollbedingungen ohne Zinkzusatz. Dies kompensierte den bei allen Arten festgestellten Anstieg des Zinkgehalt in den Sprossen und Wurzeln mit steigender pflanzenverfügbarer Zn-Konzentration im Sub-

strat. Dadurch ergab sich trotz hoher Zinkgehalte der Pflanzen bei den meisten Arten eine Abnahme des Zinkentzugs (Zinkmasse in der Pflanze/Zinkmasse im Boden) bei hohen Zinkbelastungen.

Die Effizienz des phytoenen Zinkentzugs aus dem Substrat bei Entfernen der Gesamtbioasse war so artspezifisch durchaus unterschiedlich (Abb. 3). Die höchste Effizienz wiesen *Chenopodium*, *Centaurea* und *Papaver* sowie die Biennen *Verbascum* und *Echium* auf. Eine mittlere Leistungsfähigkeit kommt den Zierpflanzenarten *Antirrhinum* und *Dianthus* zu, wenig geeignete Zn-Akkumulatoren sind *Erigeron*, *Galinsoga* und *Calendula*. WILKE & METZ (1992 a,b) untersuchten in ähnlicher Weise wie wir den Einsatz von Mais und den Energiepflanzen *Polygonum saccharinense* und *Miscanthus sinensis* zur Dekontamination schwermetallbelasteter Böden und erhielten bei den drei Taxa Entzugsraten von 8, 5 und 3 % (bezogen auf den Gesamt-Zinkgehalt), wobei die Anreicherungs-effizienz mit steigendem Zinkgehalt des Bodens deutlich abnahm. Wenn man die weitaus größere Bioasse dieser Arten berücksichtigt, können die hier untersuchten Acker-, Ruderal- und Zierpflanzen teilweise beachtlichere Entzugsraten erzielen (in diesem Vergleich *Centaurea* ca. 2.5%, *Chenopodium* 3%, *Papaver* 6% jeweils des Gesamt-Zinkgehaltes des Bodens). Diese Taxa vollbringen nämlich die mit dem Bioassenaufbau verbundene Zn-Akkumulierung binnen drei bis fünf Wochen. Das macht es möglich, bei ihrem Einsatz für eine biologische Substratsanierung innerhalb eines Jahres drei bis vier Generationen auszusäen und zu ernten.

Auf diese Weise läßt sich in vergleichsweise wenigen Jahren mit geringem Kostenaufwand und – im Fall von *Centaurea* und *Papaver* – ästhetischem Anblick der Sanierungsflächen eine große Menge des pflanzenverfügbaren Zinks aus einem kontaminierten Boden oder aus Klärschlämmen entziehen, bevor diese Substrate zur unbedenklichen agrarischen Nutzung Verwendung finden.

Literatur

- AMBERGER, A., 1979: Pflanzenernährung 1. Aufl. – Ulmer, Stuttgart.
- BAUMEISTER, W. & H. BURGHARDT, 1956: Über den Einfluß des Zinks bei *Silene inflata* SMITH, 2. Mitteilung. – Ber. Deutsch. Bot. Ges. 69: 159–168.
- BAUMEISTER, W. & W. ERNST, 1978: Mineralstoffe und Pflanzenwachstum, 3. Aufl. – Fischer, Stuttgart/New York.
- BERGMANN, W. & P. NEUBERG, 1976: Pflanzendi-

gnose und Pflanzenanalyse. – Fischer, Stuttgart/New York.

- DE FILLIPIS, K. F., HAMPP, R. & H. ZIEGLER, 1981: The effect of sublethal concentrations of zinc, cadmium and mercury on *Euglena*. II Respiration, photosynthesis and photochemical activities. – Arch. Microbiol. 128: 407–411.
- ERNST, W. H. O., 1974: Schwermetallvegetation der Erde. – Fischer, Stuttgart.
- HOCK, B. & E. F. ELSTER, 1984: Pflanzentoxikologie, 1. Aufl. – Wissenschaftsverlag, Mannheim/Wien/Zürich.
- KUNTZE, H., HEHRMS, U. & E. PLUQUET, 1984: Schwermetalle in Böden, Bewertung und Gegenmaßnahmen. – Geologisches Jahrbuch 1984, Hannover: 715–736.
- SCHMEIL, O. & J. FITSCHEN, 1982: Flora von Deutschland und seinen angrenzenden Gebieten, 87. Aufl.. Quelle und Meyer, Heidelberg.
- STEBING, L. & A. FANGMEIER, 1992: Pflanzenökologisches Praktikum: Gelände- und Laborpraktikum der terrestrischen Pflanzenökologie, 1. Aufl. – Ulmer, Stuttgart.
- WILKE, B. M. & R. METZ, 1992a: Einfluß der Bodenbelastung von Rieselfeldern auf Wachstum, Ertrag und Schwermetallentzug von Mais (*Zea mays*) im Gefäßversuch. Wiss. Z. Humboldt-Universität Berlin, R. Agrarwissenschaften 41: 29–33.
- WILKE, B. M. & R. METZ, 1992b: Einsatz von Energiepflanzen zur Dekontamination schwermetallbelasteter Böden. – 2. Internationale Tagung und Ausstellung über Umweltinformation und Umweltkommunikation, Ecoinforma '92, 2: 199–210.
- ZIEGLER, H. & K. EGGLE, 1965: Zur quantitativen Analyse der Chloroplastenpigmente, 1. Kritische Überprüfung der spektralphotometrischen Chlorophyll-Bestimmung. – Beitr. Biol. Pflanzen: 11–37.

Adresse

Karin Köhl, Annette Kehl,
Jaqueline Buddendieck & Rainer Lösch
Abt. Geobotanik
Universitätsstr. 1/26
D-40225 Düsseldorf

ZOBODAT - 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): Lösch Rainer, Köhl Karin, Kehl Annette,
Buddendieck Jaqueline

Artikel/Article: [Zinkanreicherung in annuellen und biennen
Wildkräutern und Zierpflanzen 657-660](#)