

Tagungsberichte

Seventh International Congress of Ecology: Symposium on "Trace Metals in the Environment"

Florenz, Juli 1998

¹Bernd Markert, ²Kurt Friese

¹International Graduate School, Markt 23, D-02763 Zittau

²UFZ-Centre for Environmental Research Ltd. Leipzig-Halle, Department of Inland Water Research, Brückstraße 3a, D-39114 Magdeburg

Korrespondenzautor: Univ.-Prof. Dr. Bernd Markert; e-mail: markert@ihi-zittau.de

Zusammenfassung

Der VII. Internationale Kongreß für Ökologie ergab die Möglichkeit, auch einige Spezialisten aus der ökologischen Spurenelementforschung in Florenz zusammenzubringen. Dabei zeigte sich deutlich, daß noch wesentliche Arbeit auf dem Weg zu einem generellen Verständnis der Wirkung einzelner Elemente und ihrer Spezies vor uns liegt. Obwohl auf analytischem Sektor beachtliche Durchbrüche durch die Entwicklung leistungsfähiger Methoden bewerkstelligt wurden, bleiben noch wichtige Fragen zur essentiellen und/oder toxikologischen Wirkung einzelner Spurenelemente zu beantworten. Hieraus lassen sich aus den Beiträgen der Teilnehmer des Symposiums folgende Forderungen ableiten:

1. Es ist nicht einzusehen, daß sich die aktuelle Spurenelementforschung im wesentlichen auf nur 1/3 der chemischen Elemente des chemischen Systems der Elemente beschränkt. Mit gleicher Intensität wie Cadmium, Quecksilber und Arsen sollten auch Elemente wie beispielsweise Lanthan, Platin und Antimon in spurenanalytische Fragestellungen vermehrt einbezogen werden. Die analytischen Techniken hierfür stehen weitgehend zur Verfügung.
2. Der Totalgehalt an Elementen ist ein erster Hinweis auf Vorkommen und Verteilung einzelner Spurenelemente in der Umwelt, bietet aber häufig nicht die Möglichkeit, etwas über deren Wirkung auszusagen. Hierzu ist es notwendig, die "Speciation", das heißt, die Bindungsform des jeweiligen Elementes in der zu untersuchenden Umweltprobe näher zu ermitteln, um daraus mögliche Effekte und Wirkungen auf Organismen und Organismengemeinschaften abzuleiten.
3. Die Qualität der analytischen Daten, die bei derartigen Untersuchungen gewonnen werden, sind einer strengen Qualitätskontrolle durch Einsatz und Entwicklung weiterer Referenzmaterialien, Ringanalysen und anderer Steuerungsmechanismen zu gewährleisten.
4. Die überwältigende Datenmenge, die in den letzten 30 Jahren in der Spurenelementforschung zusammengetragen wurde, entbehrt derzeit jeglicher generalisierender Auswertung.

Es wird daher vorgeschlagen die Daten, soweit sie analytisch brauchbar sind, aus den letzten 20 bis 30 Jahren in Form einer Datenbank zusammenzutragen und hieraus mögliche Zusammenhänge und notwendige Schlußfolgerungen für weitere Untersuchungen abzuleiten.

5. Die Bioindikation bzw. das Biomonitoring sollte verstärkt betrieben werden, da Möglichkeiten einer flächendeckenden, zeitauflösenden Untersuchung einzelner Effekte spezifischer Spurenelemente eröffnet werden. Die sich hieraus ergebenden Folgerungen für mögliche Sanierungs- oder prophylaktische Maßnahmen ergaben sich nicht nur aus Forderungen in diesem Symposium, sondern auch auf weiteren Symposien des gesamten INTECOL-Kongresses.

1 Einleitung

Lebensräume werden durch eine Vielzahl biotischer und abiotischer Umwelteinflüsse wesentlich beeinflusst. Insbesondere durch die zunehmende Industrialisierung wurde und wird unsere Umwelt durch Schadstoffe belastet. Hierzu gehören unter anderem Schwermetalle, Halbmetalle und Metallorganika. Besonders ihre Akkumulation im Boden, im Grundwasser und in Organismen kann unabsehbare Folgewirkungen innerhalb einzelner Glieder der Nahrungskette haben.

Der Verbrauch von Metallen hat bereits zur Zeit der antiken Hochkulturen eine derartige Größenordnung angenommen, daß sich die Deposition von Metallen weltweit, z.B. im grönländischen Gletschereis, nachweisen läßt. In den vergangenen 150 Jahren stiegen die Emissionen aus anthropogenen Quellen dermaßen an, daß sich negative Auswirkungen auf den Menschen und die Umwelt nicht nur in der näheren Umgebung der Emittenten zeigten und zeigen.

Die zeitlich schleichende Akkumulation und die damit verbundene langsame Schädigung lebender Organismen macht eine sorgfältige Überwachung der Deposition von Schwermetallen und deren Wirkung auf die belebte Natur notwendig. Dieses erfolgt in der Immissionsüberwachung meist mit Depositionssammlern und in der Gewässerüberwachung durch die diskontinuierliche Entnahme von Wasserproben.

2 Methoden der Umweltüberwachung

Generell läßt sich die Untersuchung von Schadstoffen auf Ökosysteme methodisch in drei Arbeitsgebiete einteilen: Die Umweltdiagnostik, die Umwelttherapie und die Umweltprophylaxe.

Die *Umweltdiagnostik* beschäftigt sich in erster Linie mit der Ermittlung von Umweltschäden sowie ihren Ursachen durch die Anwendung geeigneter Meßverfahren (Umweltanalytik) und der Auswertung der Meßergebnisse bzw. ihrer ökologisch/medizinischen Interpretation (Öko- und Humantoxikologie).

Die *Umweltanalytik* beschäftigt sich somit mit der Messung und Analyse von Schadstoffen bzw. mit der analytisch-chemischen Methodenentwicklung.

Die *Öko- und Humantoxikologie* (Wirkungsforschung) hat im wesentlichen die Ermittlung der Wirkung von Schadstoffen auf einzelne Ökosysteme und dem Menschen zur Aufgabe.

Die *Umwelttherapie* hat die Behebung bzw. die Verminderung von Umweltschäden und ihren Ursachen durch die Anwendung spezifischer technischer Verfahren oder durch die Konstruktion von technischen Anlagen zum Ziel. Dabei bedarf die Entwicklung geeigneter Verfahren und Technologien zur Minderung der Schadstoffbelastungssituation einer ständigen Überwachung und Kontrolle (Qualitätssicherung).

Die *Umweltprophylaxe* – als anspruchsvollstes Arbeitsgebiet in der Kette von der Umweltdiagnostik über die Umwelttherapie zur Umweltprophylaxe – versucht bereits im Vorfeld Vorsorgemaßnahmen zur Vermeidung von Umweltschäden zu entwickeln, etwa durch die Entwicklung umweltfreundlicher Produktionsverfahren. Dies setzt insbesondere die Abschätzung der Auswirkungen verschiedener Technologien auf die Umwelt voraus (risk assessment), aber auch die Umsetzung des politischen Zielvorhabens in das konkrete technologische Know-how.

Während des Symposiums wurde deutlich, daß eine elegante indirekte Methode, das Vorkommen und die Verteilung von Schadstoffen zu erfassen, das Biomonitoring bzw. die Bioindikation ist. Hierbei wird die Eigenschaft der Pflanzen und Tiere, Schadstoffe über eine oder mehrere Vegetationsperioden hinweg anzureichern, genutzt. Diese als Bioindikatoren bezeichneten "Spürhunde" integrieren die Belastung der Umwelt an ihrem Standort über die Zeit und sind somit unabhängig von kurzfristigen Schwankungen. Ein weiterer

Vorteil gegenüber der konventionellen direkten Immissionsmessung ist der geringe apparative und personelle Aufwand. Die Organismen können, sofern sie weit genug verbreitet sind und häufig genug vorkommen, flächendeckend über große Areale eingesetzt werden und diese mit einem engmaschigen Raster untersuchen. Dies ermöglicht landesweite oder sogar kontinentale Untersuchungen, die mit den herkömmlichen instrumentellen Verfahren nur durch großen Arbeits- und Kostenaufwand durchzuführen wären.

Der Gebrauch eines individuellen Teils eines Ökosystems zur Ermittlung des Schwermetallstatus hat den Vorteil, daß er nicht nur Aussagen über den Organismus selbst erlaubt. Durch ihre Einnischung im Ökosystem ermöglichen die Organismen eine Integration der analytischen Ergebnisse in ein biologisches Gesamtsystem. So können nicht nur für den Biomonitor selbst, sondern – über biotische Wechselbeziehungen – auch für mehr oder minder große Teile der Organismengemeinschaft ökologisch relevante Aussagen getroffen werden. Diese ist mit physikalisch-chemischen Direktverfahren kaum möglich. Besonders deutlich wird dieser Zusammenhang bei der Analyse von Metallkonzentrationen in der Nahrungskette.

3 Vorträge und Poster

Im Rahmen des Symposiums "Trace Metals in the Environment" konnte die große Palette unterschiedlicher umweltanalytischer Problemstellungen nur exemplarisch angesprochen werden. "The Distribution and Effects of Trace Metals in Soil, Plants and Animals" wurde in einem einführenden Vortrag von B. Markert dargelegt. Die sich hieraus ergebenden bioindikativen Eigenschaften von Baumjahresringen wurden kritisch von J. Hagemeyer durchleuchtet. Ein Effekt zur Entgiftung von Schwermetallen in Pflanzen stellen die Phytochelatine dar, die von Frau I. Bruns am Beispiel der Moose gezeigt wurde (ihre Ausführungen bezogen sich auf Süßwassersysteme). Entgiftungsprozesse in marinen Bereichen wurden von Herrn C. Leonzio am Beispiel des Quecksilbers in seinem Vortrag "Natural Exposure to Mercury in the Marine Ecosystem: Detoxication Strategies in Terminal Consumers" dargelegt. Selbstverständlich hängt die Toxizität einzelner Spurenelemente ganz wesentlich auch von deren Bioverfügbarkeit und ihrer Anreicherung in der Nahrungskette ab. Hier konnten Friese et al. insbesondere bei *Poa pratense* in ihrem Vortrag "Bioavailability and Enrichment of Heavy Metals in Poa Growing on Floodplain Soils" die direkte Beziehung zwischen Angebot und Anreicherung spezifischer Spurenelemente aufzeigen. Die vermehrte Aufnahme und der sich daraus ergebende Lebensraum für verschiedene Organismen führt in der letzten Konsequenz zu Strategien, sich der jeweiligen belastenden Substanz anzupassen. Hier konnten Groenendijk et al. in ihrem Vortrag "Key Factors Influencing Metal Adaption in the Midge Chironomus Riparius" zeigen, daß chronische Belastungsfaktoren durchaus ein irreversibles Einfluß auf das Verhalten einzelner Lebensformen des jeweiligen Territoriums ausüben können. Begleitet wurde das Symposium durch eine beachtliche Posterausstellung, die einen Über-

Tabelle 1: Posterpräsentationen zum Symposium "Trace Metals in the Environment"

Autor(en)	Land	Titel der Veröffentlichung
Abouelkhair, K.S., A.M. Elbaha, H.A. Abougazia, H.I. Mouhamed	Egypt	Effect of heavy metals (Cd, Cu, Pb and Zn) on root characteristics of three timber tree seedlings grown in soil containing Va-mycorrhizae
Albers, B.P., S. Kleinschroth, W. Schimmack, K. Bunzl	Germany	Behaviour of radiocesium in German alpine pasture ecosystems
Arizzi, N.A., F. Collavini, R. Zonta, L. Zaggia	Italy	Dissolved nitrogen and phosphorous species in a highly contaminated urban ecosystem: the Venice canal network
Capiomont, A., L. Plazzi, G. Pergent, E. Cevaren	France	Evolution of mercury levels in dead sheaths of <i>Posidonia oceanica</i> over time
Chernykh, N.A., A.A. Kasianenko	Russia	Heavy metals and radionuclides in natural and anthropogenic landscapes as a subject of ecological monitoring
Chessa, G., G. Calaresu, M. Palmas, G. Ledda, M.C. Testa, A. Orrù	Italy	Heavy metals in biological tissues of sheep bred in polluted areas
Collavini, F., A. Arizzi Novelli, R. Zonta, L. Zaggia	Italy	Dissolved heavy metal behaviour during resuspension of the highly contaminated anoxic sludge of the Venice canals
Elis, A.C., R. Gararini, A.J.M. DeFórr, M. Taticciti, C.T. Illuminata, L. Mantilaei	Italy	Effects of mercury on the activities of glutathione-dependent enzymes in the liver of cast catfish (<i>Ictalurus melas</i> r.)
Galarini, R, M.N. Haouel, A.C. Elis	Italy	Heavy metals and organochlorine pesticides in catfish from two lakes of the Umbria region (Italy)
Kadilkova, P.T., S. Kulevanova, T. Stafilov, A. Lazaru	Macedonia	Determination of heavy metal content in the lime flower from Skopie by atomic absorption spectrometry
Kirovska, C.O., T. Stafilov, P.L.Tozi	Macedonia	Heavy metals in food products
Ma, W-C.	The Netherlands	Ecological effects of heavy metal contamination in river floodplains
Meerts, P.J., C.G. Lefebyre, N. Van Isacker	Belgium	Heavy metal tolerance and accumulation in metallicolous and nonmetallicolous populations of <i>Thi. aspi caerulescens</i>
Paoletti, E., S. Strati, E. Barbolani	Italy	Research on chromium and other heavy metals in soils and plants in a tannery-polluted area
Samecka-Cymerman, A., A.J. Kempers	The Netherlands	Comparison of heavy metals in aquatic macrophytes from two tributaries of the Odra river near Wroclaw (Poland)
Savchenko, V.	White Russia	Distribution of trace metals in contaminated aquatic ecosystems in accordance with three levels of the biosphere structure: biocenosis, species and organism
Sivaramakrishna, B., K. Radhakrisnajah	India	Impact of copper on the nergetics of the fry of the freshwater fish <i>Cyprinus carpio</i> at different pH
Sun, Z.	USA	The use of integrative biomarkers for ecotoxicology testing of heavy metals on earthworm
Vidovic, M.M.	Yugoslavia	Residue lead in the umbilical cord blood of some settlements in Vojvodina
Vidovic, M.M.	Yugoslavia	Cadmium exposition from air of certain population categories in Kikinda and Novi Sad
Vidovic, M.M.	Yugoslavia	The contents in drinking water and incidence of malignant neoplasms in Kikinda Community
Viman, V.	Romania	Determination of heavy metal traces in air, soil and plants

blick über aktuelle Forschungsgebiete der Spurenelementforschung aufzeigte (→ Tabelle 1).

In der sich ergebenden Posterdiskussion wurde deutlich, daß die Spurenelementforschung in allen Bereichen weiter vorangetrieben werden müsse. Neben dem Einsatz bioindikativer Verfahren sollten vor allen Dingen auch die Verbindungsform einzelner Elemente weiter und intensiver untersucht werden, um eindeutige Aussagen zur Wirkung, also zu den Effekten einzelner Spurenstoffe, gewinnen zu können. Weiterhin sei nicht einzusehen, warum sich Spurenelementforschung auf Elemente beziehen sollte, von denen bereits eine große Anzahl von Einzeldaten zur Verfügung stehen. Es ist davon auszugehen, daß diese Spurenelemente in Wechselwirkung zu bisher noch wenig untersuchten Elementen wie Antimon, Thallium, Platin usw. stehen und diese intensiver untersucht werden müssen. Hieraus könnten sich in der

Zusammenschau sämtlicher Untersuchungsergebnisse mehr generalisierende Ergebnisse ableiten lassen wie dies etwa im biologischen System der Elemente von Markert (→ Abb. 1) geschehen ist. Die Stellung und Einleitung der chemischen Elemente im Periodensystem der Elemente (PSE) erlaubt derzeit keine Aussagen über deren funktionale Essentialität oder deren akute oder chronische Toxizität für lebende Organismen. Dies ist darin begründet, daß das Periodensystem der Elemente auf rein physikalisch/chemischen Gesichtspunkten aufbaut. Es wurde daher der Versuch unternommen, ein Biologisches System der Elemente (BSE) zu entwickeln, das vornehmlich Gesichtspunkte aus der biochemisch/physiologischen Grundlagenforschung berücksichtigt. Hierunter fallen

1. die interelementaren Beziehungen einzelner Elemente innerhalb eines Individuums, ausgedrückt als linearer Korrelationskoeffizient

2. die *physiologische Funktionalität* einzelner Elemente unter besonderer Berücksichtigung ihrer evolutiven Entwicklung während der Entstehung organischen Lebens aus der anorganischen Umwelt heraus
3. die *Aufnahmeform* einzelner Elemente und ihrer Verbindungen durch den lebenden Organismus.

Aus der sich hieraus ergebenden Konfiguration der chemischen Elemente im Biologischen System der Elemente kann erwartet werden, daß in Zukunft Elemente wie Br, Sr, Cs, Ge und Te physiologisch als essentiell einzustufen sind, dagegen Elemente wie Tl, Pb, Ga, Sb, As, In, Bi, Hg und Cd weiterhin in höheren Konzentrationen und bestimmten Bindungsformen nur toxische Funktionen auf lebende Systeme ausüben können (→ Abb. 1).

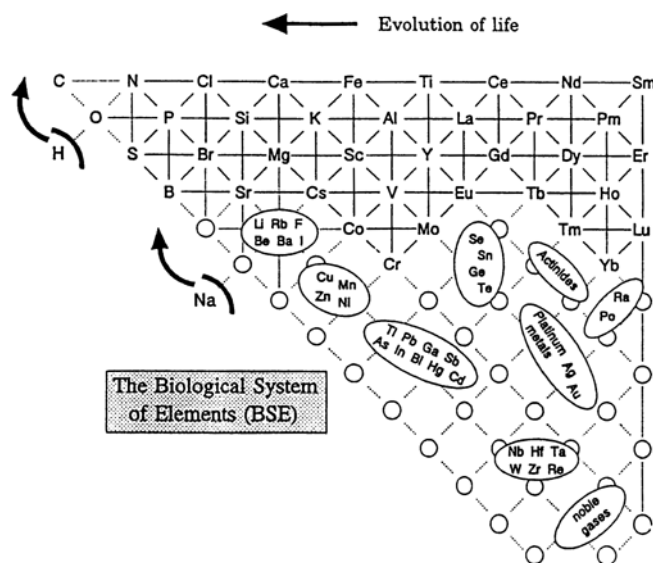


Abb. 1: Das Biologische System der Elemente (MARKERT, 1996)

4 Literatur

- ADRIANO, D.C. (1986): Trace Elements in the Terrestrial Environment. Springer, Berlin
- ADRIANO, D.C. (ed.) (1992): Biogeochemistry of Trace Metals. Lewis, Boca Raton, FL
- ADRIANO, D.C., Z.S. CHEN, S.S. YANG (eds.) (1994): Biogeochemistry of Trace Elements. Science and Technology Letters, Northwood
- BAKER, A.J.M. (1981): Accumulators and Excluders – Strategies in the Response of Plants to Heavy Metals. *Journal of Plant Nutrition* 3, 643-654
- BAKER, A.J.M., P.J. WALKER (1989): Physiological Responses of Plants to Heavy Metals and the Quantification of Tolerance and Toxicity. *Chem. Speciation Bioavail.*, 1 (1), 7-17
- BOWEN, H.J.M. (1979): Environmental Chemistry of the Elements. Academic Press, London
- ERNST, W.H.O. (1974): Schwermetallvegetation der Erde. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- FARAGO, M.E. (ed.) (1994): Plants and the Chemical Elements. VCH, Weinheim
- FRÄNZLE, O. (1993): Contaminants in Terrestrial Environments. Springer, Berlin
- GOLLEY, F.B., T. RICHARDSON, R.G. CLEMENTS (1978): Elemental Concentrations in Tropical Forests and Soils of Northwestern Columbia. *Biotropica* 10, 144-151
- HAMILTON, E.I. (1988): Geobiocenosis, the Chemical Elements and Relative Abundances in Biotic and Abiotic Systems. *Science of the Total Environment* 71, 253-267
- HOROVITZ, C.T.J. (1988): Is the Major Part of the Periodic System Really Inessential for Life? *Trace Elem. Electrolytes Health Dis.*, 2, 135-144
- IYENGAR, G.V. (1989): Elemental Analysis of Biological Systems, Biological, Medical, Environmental, Compositional and Methodological Aspect. CRC Press, Boca Raton, FL
- KABATA-PENDIAS, A., H. PENDIAS (1984): Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press, Boca Raton, FL
- KEITH, L.H. (ed.) (1988): Principles of Environmental Sampling. ACS Professional Reference Book. American Chemical Society, Washington, DC
- LIETH, H., MARKERT, B. (eds.) (1990): Element Concentration Cadasters in Ecosystems, Methods of Assessment and Evaluation. VCH, Weinheim
- MARKERT, B. (ed.) (1993): Plants as Biomonitors – Indicators for Heavy Metals in the Terrestrial Environment. VCH-Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, New York, 644 p
- MARKERT, B. (ed.) (1994): Environmental Sampling for Trace Analysis. VCH-Publisher, Weinheim, New York, Tokyo
- MARKERT, B. (1996): Instrumental Element and Multi-Element Analysis of Plant Samples – Methods and Applications. John Wiley & Sons, New York
- MCKENZIE, D.H., D.E. HYATT, V.J. McDONALD (eds.) (1992): Ecological Indicators, Vols. 1 and 2. Elsevier Applied Science, London
- MORIARTY, F. (1988): Ecotoxicology – the Study of Pollutants in Ecosystems, 2nd edn. Academic Press, London
- OEHLMANN, J., B. MARKERT (1997): Humantoxikologie, Eine Einführung für Apotheker, Ärzte, Natur- und Ingenieurwissenschaftler. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, 261 p
- QUEVAUVILLER, P., E.A. MAIER, B. GRIEPINK (eds.) (1995): Quality Assurance for Environmental Analysis. Elsevier, Amsterdam
- SALOMONS, W., U. FÖRSTNER (1984): Metals in the Hydrocycle. Springer, Berlin
- SCHÜRMANN, G., B. MARKERT (eds.) (1998): Ecotoxicology – Ecological Fundamentals, Chemical Exposure, and Biological Effects. John Wiley & Sons and Spektrum Akademischer Verlag Co-Publication, New York
- ZEISLER, R., S.F. STONE, R.W. SANDERS (1988): Sequential Determination of Biological and Pollutant Elements in Marine Bivalves. *Anal. Chem.* 60, 2760-2765